



**ESCUELA SUPERIOR PÓLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“Recopilación de Información Base para el Mapa  
Geoambiental del Área Urbana del Gran Guayaquil y Mapas  
en formato SIG”**

**TÓPICO DE GRADUACIÓN**

Previo a la Obtención del Título de:

**INGENIERO EN GEOLOGÍA**

Presentado por:

Janeth Reinoso  
Raúl Michalón  
Juan Carlos Avilés

GUAYQUIL – ECUADOR

Año: 2005

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, que ha permitido que se lleve a cabo este anhelo.

A mis padres y hermanos, que estuvieron siempre junto a mi luchando para que cumpliera esta meta.

Al director del tópico Ing. Jorge Calle, y ; a los profesores: Ing. Miguel A. Chávez, Ing. Héctor Ayón, Ing. Carlos Martillo.

**Janeth Reinoso**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mis padres, y en especial a mi querida madre, a mi amada Carola y especialmente al Ing. Jorge Calle Director de Tópico por su invaluable ayuda

**Raúl Michalón**

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Díos, a mis  
padres, a mis profesores y  
a mi familia.

**Juan Carlos Avilés**

## DEDICATORIA

A MIS PADRES, Bolívar y  
Magdalena.

A MI ADORADO HIJO, Vidal  
Enrique.

Y especialmente a MI  
QUERIDO ESPOSO, Vidal que  
está en la presencia del Señor.

**Janeth Reinoso**

## **DEDICATORIA**

A MIS QUERIDOS PADRES, A  
MIS HERMANOS, A CAROLA,  
que sin su apoyo, hubiera  
resultado imposible realizar  
esta meta.

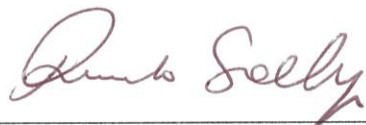
**Raúl Michalón**

## DEDICATORIA

A mi director de t3pico, a mi  
compa1era y esposa **Jhoyzett**.

**Juan Carlos Avil3s**

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



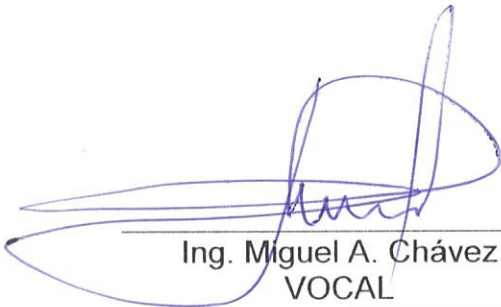
---

Ing. Ricardo Gallegos O  
DECANO DE LA FICT  
PRESIDENTE



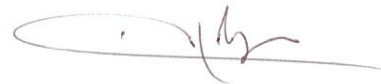
---

Ing. Jorge Calle G.  
DIRECTOR DEL TÓPICO



---

Ing. Miguel A. Chávez  
VOCAL



---

Ing. Hector Ayón Jo.  
VOCAL

---



## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Tópico de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

**Janeth Reinoso Orellana**

---

**Raúl Michalón Dueñas**

---

**Juan Carlos Avilés**

## **RESUMEN**

El presente trabajo consiste en la recopilación de información básica para la elaboración del Mapa Preliminar Geoambiental del Área Urbana de Guayaquil, orientado a servir de base para el crecimiento ordenado y adecuado de la ciudad.

Esta información es diversa e incluye: geología, áreas degradadas, urbanismo, zonas de riesgo, uso de suelo, expansión urbana hasta la zonificación local, entre otras.

En la parte geológica utilizamos como base el mapa presentado por Benítez en 2005, actualizado y mejorado, a partir del cual y con las observaciones de campo se define las diversas formaciones que afloran en la zona de estudio, permitiéndonos la elaboración del mapa litológico. En Suelos se recopiló información de uso urbano, geológico y de zonificación de profundidad de suelo considerando la granulometría y plasticidad,.

Los problemas ambientales debido a asentamientos anárquicos de migrantes en busca de una mejor condición socio-económica, ha sido la causa principal a la degradación de los ecosistemas biofísicos de las áreas marginales a Guayaquil.

Para fines explicativos, se procedió a sectorizar las áreas urbanas de la ciudad de acuerdo al tipo de problema que soportaban, tanto por fines urbanísticos como por minería. Se clasificó cada una de estas áreas por sus aspectos geológicos y atendiendo a las distintas épocas de ejecución de la actividad, respectivamente. Con todos los datos obtenidos, se procedió a realizar los mapas correspondientes.

Toda la información cartográfica fue recogida e ingresada en un Sistema de Información Geográfico, el mismo que permite realizar diferentes análisis. El SIG muestra de manera digital toda la información cartográfica recabada, con la cual se procedió a diseñar los mapas temáticos, que servirían de base para el Mapa Preliminar Geoambiental.

Además, se presenta un diseño del SIG donde se muestra de manera ágil toda la información base para el Mapa Geoambiental, menús personalizados que permiten el despliegue y análisis de la información, así como también botones de ayuda y manejo de leyendas.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE FOTOS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS.....	XV
ABREVIATURAS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Localización del área.....	3
1.2. Caracterización del clima.....	5
1.3. Conceptos básicos.....	6
1.4. Meteorización o intemperismo.....	8
1.4.1. Meteorización física o mecánica.....	8
1.4.2. Meteorización química.....	10
1.4.2.1. Formas del intemperismo químico.....	12
1.5. Erosión.....	14
1.5.1. Causas de la erosión.....	15
1.5.1.1. Factores que influyen en la erosión.....	15
1.6. Contaminación de aguas subterráneas.....	20
1.6.1. Conceptos básicos.....	21
1.6.2. Fuentes de contaminación natural y antrópica.....	23
1.6.3. Tipos de contaminantes de las aguas.....	24
1.6.4. Contaminación de aguas subterráneas.....	26
1.7. Degradación.....	31
1.7.1. Recuperación.....	32

1.7.2.	Acciones básicas de la recuperación.....	33
1.7.3.	Evaluación de la degradación.....	34
1.8.	Urbanización.....	35
1.9.	Minería.....	37
1.9.1.	Fases de desarrollo de una explotación minera.....	40
1.9.2.	Explotación a cielo abierto.....	41
1.9.3.	La minería en Guayaquil.....	43
1.10.	Población de la ciudad de Guayaquil.....	44

## CAPITULO 2

2.	GEOLOGÍA Y SUELO.....	49
2.1.	Geología regional.....	49
2.2.	Geomorfología.....	51
2.2.1.	La llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo.....	51
2.2.2.	El Complejo deltaico-estuarino de la Ría Guayas.....	53
2.2.3.	Los cerros de la cordillera de Chongón- Colonche.....	54
2.3.	Geología local y Litología.....	58
2.4.	Suelos.....	72
2.4.1.	Clasificación urbana.....	72
2.4.1.1.	Suelo urbanizado.....	73
2.4.1.2.	Suelo urbanizable.....	76
2.4.1.3.	Suelo no urbanizable.....	77
2.4.2.	Clasificación geológica del suelo.....	78
2.4.2.1.	Suelos residuales.....	79
2.4.2.2.	Suelos transportados.....	83
2.4.2.3.	Suelos coluviales.....	85
2.4.2.4.	Suelos coluviales-aluviales.....	86
2.4.2.5.	Suelos aluviales.....	87
2.4.2.6.	Otros.....	87

## CAPITULO 3

3.	ÁREAS DEGRADAS POR URBANIZACIÓN Y MINERIA.....	89
3.1.	Zonas sensibles a la degradación.....	90
3.2.	Áreas degradadas por urbanización.....	90
3.2.1.	EL estero Salado.....	95
3.2.1.1.	Inventario de descargas.....	100
3.2.1.2.	Aguas servidas en zonas industriales.....	100
3.2.1.3.	Aguas servidas de origen doméstico.....	100
3.2.1.4.	Aguas pluviales contaminadas.....	101
3.2.1.5.	Desechos sólidos vertidos en los cursos de agua.....	102
3.2.2.	Llanura aluvial de río y estero.....	106
3.2.3.	Llanura aluvial de río.....	113
3.2.4.	Llanura aluvial del estero y pie de monte de la cordillera Chongón Colonche.....	114
3.2.5.	Zona alomada.....	115
3.2.6.	Asentamientos anárquicos en Guayaquil.....	118
3.3.	Áreas degradadas por minería.....	126
3.3.1.	Primera etapa.....	127
3.3.2.	Segunda etapa.....	128
3.3.3.	Tercera etapa.....	130

## CAPITULO 4

4.	Sistema de información geográfico del Mapa Geoambiental.....	132
4.1.	Aspectos técnicos.....	132
4.1.1.	Georeferenciación.....	132
4.1.2.	Programas utilizados.....	133
4.1.3.	Digitalización.....	135
4.1.4.	Diseño del SIG – GeoGYE.....	136
4.2.	Información utilizada.....	138

4.2.1. Análisis Multitemporal de crecimiento de Guayaquil.....	141
4.2.1.2. Recopilación de información.....	141
4.2.1.2. Análisis de mapas.....	142

## CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
5.1. Conclusiones.....	154
5.2. Recomendaciones.....	157

BIBLIOGRAFÍA.....	159
-------------------	-----

## MAPAS

1. GEOLOGÍA
2. MACRODOMINIOS GEOMORFOLÓGICOS
3. ESTACIONES DE MUESTREO
4. LITOLOGÍA
5. USO DEL SUELO
6. SUELOS Y ROCAS
7. ÁREAS SENSIBLES A DEGRADACIÓN
8. ZONIFICACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE DEGRADACIÓN POR URBANIZACION
9. ETAPAS DE ASENTAMIENTOS ANÁRQUICOS
10. ZONAS MINERAS
11. PARROQUIAS URBANAS
12. SITIOS DE DESLIZAMIENTOS
13. SITIOS DE INUNDACIÓN
14. ÁREAS SENSIBLES A DESLIZAMIENTOS
15. ÁREAS SENSIBLES A INUNDACIÓN
16. ZONIFICACIÓN SÍSMICA

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1 Mapa de ubicación del área de estudio, Guayaquil.....	3
Figura 1.2 Meteorización esferoidal, Gonzalo DUQUE ESCOBAR, P. As, 1998.....	9
Figura 1.3 Intemperismo mecánico, Gonzalo DUQUE ESCOBAR, P. As, 1998.....	11
Figura 1.4 Gráfico general de contaminación de un pozo de extracción de aguas subterráneas por efecto de una fosa séptica, <a href="http://www.miliarium.com">http://www.miliarium.com</a> .....	28
Figura 1.5 Gráfico general de penacho contaminante en un vertedero con fugas de lixiviado. Isocontenidos de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en mg/l, <a href="http://www.miliarium.com">http://www.miliarium.com</a> .....	28
Figura 2.1 Macrodominios geomorfológicos de Guayaquil.....	53
Figura 2.2 Levantamiento de la vía Perimetral.....	63
Figura 2.3 Levantamiento de la Avenida las Aguas.....	69
Figura 3.1 Zonificación del estero Salado, Lahmeyer – Cimentaciones, 2000. 98.....	99
Figura 3.2 Contaminación del estero Salado por sólidos, Lahmeyer-M.I.Municipiode Guayaquil.....	104
Figura 3.3 Plano comparando gráficamente la relación de los antiguos esteros fluviales con las calles actuales, Estrada J, 2000.....	109
Figura 3.4 Ubicación de la Isla San José, Estrada J, 2000.....	112
Figura 3.5 Vías de tierra de la cooperativa Horizonte del Guerrero se deslizan hasta el límite con el bosque protector Cerro Blanco, al NE de la ciudad. El universo, 10 de Julio 2005.....	120
Figura 4.1 Menús personalizados en Arcview.....	137



Figura 4.2	Botones personalizados en Arcview.....	137
Figura 4.3	Plano de Guayaquil de 1770, Estrada J, 2000.....	143
Figura 4.4	Plano de Guayaquil de 1779, Estrada J, 2000.....	143
Figura 4.5	Plano de Guayaquil de 1858, Estrada J, 2000.....	144
Figura 4.6	Plano de Guayaquil de 1860, Estrada J, 2000.....	145
Figura 4.7	Plano de Guayaquil de 1860, Estrada J, 2000.....	147
Figura 4.8	Plano de Guayaquil de 1887, Estrada J, 2000.....	148
Figura 4.9	Plano de Guayaquil de 1896, Estrada J, 2000.....	149
Figura 4.10	Plano de Guayaquil de 1900, Estrada J, 2000.....	149
Figura 4.11	Plano de Guayaquil de 1903, Estrada J, 2000.....	149
Figura 4.12	Plano de Guayaquil de 1911, Estrada J, 2000.....	150
Figura 4.13	Plano de Guayaquil de 1985, Estrada J, 2000.....	151

## INDICE DE FOTOS

	<b>Pág.</b>
Foto 1.1	Sector Balerio Estacio - 614160/ 9766242, datum PSAD 56 . Presencia de cárcavas en el acceso peatonal.....15
Foto 1.2	Tomada desde las coordenadas UTM 614160/ 9766242, datum PSAD 56. Nuevo asentamiento, s/n. En la parte alta derecha hay asentamiento y la cobertura vegetal ha sido removida.....17
Foto 1.3	Balerio Estacio, construcciones levantadas en sectores con talud > 30%, no recomendables para ser habitadas.....18
Foto 2.1	Vía Perimetral, areniscas de grano fino a medio con lutitas silíceas estratificadas de la formación Cayo.....60
Foto 2.2	Lutitas silíceas centrimétricas intercaladas en bloques métricos del mismo material, presentes en la vía Perimetral.....61
Foto 2.3	Paquete de lutitas meteorizadas de la formación Cayo aflorantes en el levantamiento columnar, vía Perimetral.....62
Foto 2.4	Cerro Azul. Deslizamiento de material coluvial: lutitas y limonitas de la formación Guayaquil fuertemente meteorizadas.....65
Foto 2.5	Cerro Jordán, areniscas y lutitas de la formación Cayo que suprayacen a la formación Piñón.....66

Foto 2.6	Cerro Jordán, talud con pendiente > 60%, colindante con la vía Perimetral.....	67
Foto 2.7	Av. Las Aguas, paquete de material sedimentario volcánico, con lutita gris de la formación Guayaquil.....	68
Foto 2.8	Vista del cerro Del Carmen, en cuya base se asienta el cementerio de La Junta de Beneficencia, afloramientos de lutita.....	70
Foto 2.9	Afloramiento de lutitas silíceas, con limonitas tobáceas y areniscas calcáreas blancas en la ciudadela Bellavista.....	71
Foto 2.10	Sector de urbanización San Felipe y territorios programados para urbanización.....	74
Foto 2.11	Suelos urbanizados no consolidados, en el cerro de Mapasingue.....	75
Foto 2.12	Sector Mucho Lote, suelo urbanizable, programado para la urbanización que cuenta con todos los servicios básicos.....	76
Foto 2.13	Suelos rojizos de gran potencia desarrollados en rocas silíceas de la formación Guayaquil. Sector San Pedro, al Oeste de la Universidad Católica.....	80
Foto 2.14	Vía Perimetral. Suelos residuales de la formación Cayo.....	81
Foto 2.15	Potentes suelos rojos “ferrálticos”. Alrededores del cerro Jordán.....	82

Foto 2.16	Brechas volcánicas del tope de la formación Piñón en el relleno sanitario Las Iguanas que desarrollan potentes suelos rojizos de hasta 30 m de espesor. (Benítez S, 2005 ).....	83
Foto 2.17	Mapasingue, Avenida Las Aguas. Suelos transportados, material grueso removido.....	84
Foto 2.18	Suelos coluviales. Sector San Pedro, al Oeste de la universidad Católica.....	86
Foto 2.19	Deslizamiento de material coluvio-aluvial.....	87
Foto 3.1	Tomada desde el puente de la 17. Aunque el municipio trata de mantener un estado completo de limpieza, aún se pueden observar descargas de aguas servidas industriales.....	105
Foto 3.2	Guasmo Central. Un ramal del Estero Salado no relleno, lo que corrobora la contaminación y molestia que produce a la comunidad.....	105
Foto 3.3	Isla Trinitaria. Desechos sólidos en la orilla del estero Salado.....	106
Foto 3.4	Guasmo Central, un ramal del estero Cobina no relleno.....	110
Foto 3.5	Isla Trinitaria. Asentamiento poblacional en ecosistema manglar .....	113
Foto 3.6	Balerio Estacio. Asentamientos anárquicos en laderas muy pronunciadas.....	115
Fotos 3.7-3.9	Bastión Popular, Bloque 10. El material arrastrado por el agua pendiente abajo es evidente, toda la calle asfaltada ha sido cubierta de un material café rojizo, color característico de los suelos de la formación	

	Cayo. Este material es parte del suelo que se ha desprendido de la colina.....	116
Foto 3.10	Guerrero del Fortín. Se observa acumulación de agua por falta de alcantarillado pluvial, además de material lodoso o fangoso arrastrado por el agua.....	117
Foto 3.11	Bastión Popular, Bloque 1A. Agua lluvia acumulada en una de las vías de acceso al sector por falta de alcantarillado pluvial.....	118
Foto3.12	Balerio Estacio. Construcción de viviendas sobre pendiente muy pronunciada.....	118
Foto 3.13	Panorámica de Balerio Estacio, tomada desde las coordenadas UTM 614519 / 9766803 vista hacia el Norte.....	121
Foto 3.14	Vista panorámica del Paraíso de la Flor, tomada desde la vía Perimetral. Se aprecia cómo una gran planicie ha sido invadida.....	122
Foto 3.15	Vista panorámica de la cooperativa Paraíso de la Flor, tomada desde la vía Perimetral.....	123
Foto 3.16	Vista panorámica de El Fortín. Dos cerros, de los cuales uno de ellos no ha sido habitado en su plenitud, y aún se conserva la vegetación en su parte superior.....	124
Foto 3.17	Vista panorámica del cerro de Mapasingue ladera Norte, tomada desde la avenida Juan Tanca Marengo.....	125
Foto 3.18	Trabajos de estabilización al pie del monumento del Corazón de Jesús del lado del cementerio, marzo 2005. Sitio cantera, de donde se explotó material pétreo para relleno.....	128

Foto 3.19	Cerro de Bellavista, pendiente muy pronunciada, además una construcción que no debería estar en este sitio por el latente peligro de desprendimiento de bloques de areniscas calcáreas con lutitas silíceas.....	129
Foto 3.20	Antigua cantera San Eduardo, aun se explota caliza en el sector.....	130
Foto 3.21	Cantera HUAYCO, ubicada en la vía a la Costa.....	131

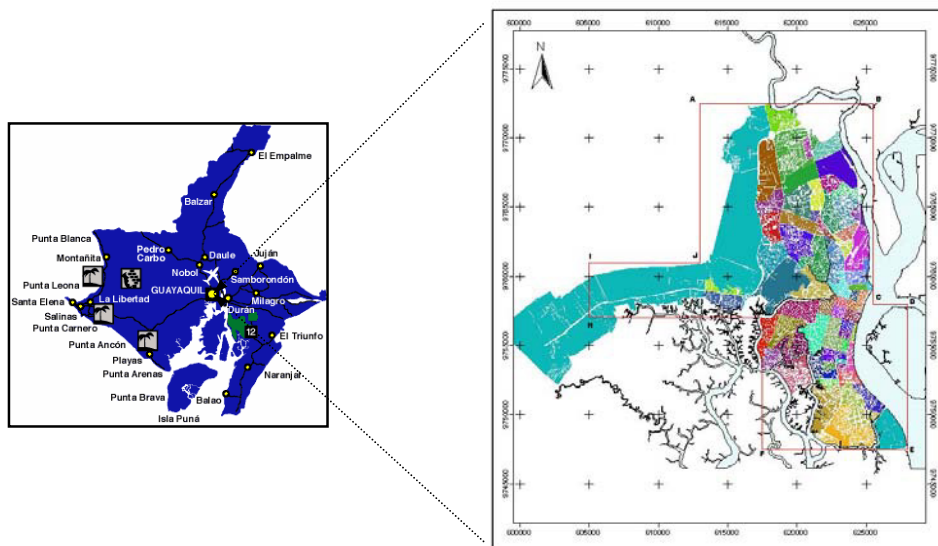
## INDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1.1	Coordenadas UTM, datum PSAD 56, de los vértices del área de estudio.....	4
Tabla 1.2	Porcentaje de la población en Guayaquil respecto al país. Período 1950 – 2001.....	45
Tabla 1.3	Guayaquil. Tasas de crecimiento (%). Período 1950-2001.....	46
Tabla 3.1	Contaminantes del estero Salado a través del Alcantarillado pluvial. Estimación situación hasta el 2000 (Lahmeyer – M.I. Municipio de Guayaquil, 2000).....	103
Tabla 3.2	Contaminantes del estero Salado por basura (Lahmeyer – M.I. Municipio de Guayaquil, 2000).....	104
Tabla 3.3	Esteros fluviales en los diversos planos de Guayaquil con relación a las calles actuales, Estrada J, 2000.....	108

# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Localización del área



*Figura 1.1 Mapa de ubicación del área de estudio, Guayaquil*

El área de trabajo de este tópico comprende prácticamente toda la ciudad de Guayaquil, delimitada por el polígono con las siguientes coordenadas UTM:



<b>Vértice PP</b>	<b>(Latitud N, Longitud E)</b>
A	(9.772.500, 613.000)
B	(9.772.500, 625.500)
C	(9.758.000, 625.500)
D	(9.758.000, 628.000)
E	(9.747.500, 628.000)
F	(9.747.500, 617.500)
G	(9.757.000, 617.500)
H	(9.757.000, 605.000)
I	(9.761.000, 605.000)
J	(9.761.000, 613.000)

**Tabla 1.1.** *Coordenadas UTM, datum PSAD 56, de los vértices del área de estudio*

## **1.2 Caracterización del clima.**

El clima en la ciudad de Guayaquil tiene una marcada estacionalidad, la cual provoca desbalance en precipitaciones, con inundaciones en la temporada de lluvias (de Enero a Marzo, estación lluviosa o Invierno), siendo el mes de Marzo el de mayor pluviosidad, y con escasez de agua en la época seca (desde el mes de Junio al mes de Diciembre, estación seca o verano).

La pluviosidad fluctúa entre 1000 a 1500 mm. anuales, el periodo está relacionado con la corriente cálida de “El Niño”, que ocurre en el mes de Diciembre o Enero, hasta el mes de Abril o Mayo, alternada con periodos secos con una marcada influencia de la corriente fría de Humboldt que abarca el resto del año, este periodo se caracteriza por vientos fuertes y temperaturas bajas.

Los vientos tienen dirección SO, con intensidad variada, alcanzando velocidad de hasta 7 Km/h, que tienen una barrera natural el cerro de Taura.

La temperatura varía en correspondencia a los periodos climáticos del sector y van desde 21° a 31°C, con extremos de 18° a 37°C, con sensación térmica de extremo frío en la estación seca.

Según los anuarios y boletines meteorológicos del INAMHI la temperatura máxima registrada en la Provincia del Guayas entre los años 1959 y 1999 es de 37.3 y la mínima de 16.5 ° C. Y entre los años 2000 y 2004 la temperatura máxima es de 38.1° C y la mínima de 16.8° C.

### **1.3 Conceptos básicos**

#### **Ingeniería Geológica**

Tal como ocurre en todas las áreas del conocimiento humano, el concepto de Ingeniería Geológica ha evolucionado con el tiempo.

Uno de los conceptos más antiguos es el de Krynine y Judd (1957) en su libro “Principles of Engineering Geology and Geotechnics”, probablemente el primero en este campo de la Geología: “Ingeniería Geológica puede ser definida como una rama del conocimiento humano que usa la información geológica, combinada con la práctica y la experiencia, para asistir al ingeniero en la solución de problemas en los que este conocimiento es aplicable”.

Uno de los conceptos mas actuales puede ser encontrado en el nuevo estatuto de la International Association of Engineering Geology –

IAEG, aprobado en Kyoto, Japón, en septiembre de 1992, donde “Ingeniería Geológica es la ciencia dedicada a la investigación, estudio y solución de problemas de ingeniería y medio ambiente, resultantes de la interacción entre la geología y los trabajos y actividades del hombre, así como a la previsión y desarrollo de medidas preventivas o reparadoras de accidentes geológicos” (IAEG. 1992).

### **Ingeniería Ambiental**

La ingeniería ambiental es esencial para el desarrollo de medios, para la protección del medio ambiente y para la gestión correcta de los recursos naturales. La ingeniería ambiental presta especial atención a las reacciones biológicas, químicas y físicas que se producen en aire, tierra y agua, y a mejorar la tecnología para sistemas integrales de gestión, incluyendo medidas para reutilización, reciclado y recuperación.

La ingeniería ambiental tiene su origen en la necesidad de la sociedad de disponer de agua potable segura y de manipular residuos líquidos y sólidos. La urbanización y la industrialización contribuyeron significativamente a la aparición de condiciones antisanitarias en muchas áreas. Los términos “salud pública” “higiene” fueron aplicados en primer lugar en el siglo XIX por aquellos ingenieros que buscaban

soluciones para la eliminación de las enfermedades debidas al agua. Más recientemente, la eliminación de la contaminación del aire y el suelo han supuesto un nuevo reto para los ingenieros ambientales.

En nuestro caso se ha trabajado en la búsqueda de indicadores geoambientales para conocer el estado de los recursos naturales en relación con el uso que el hombre hace de ellos, o lo que se denomina acción antrópica.

#### **1.4 Meteorización o intemperismo**

Es la rotura y destrucción (disgregación) de las rocas de la superficie terrestre por la acción del agua aire y materia orgánica, la cual origina sedimentos. Puede ser intemperismo mecánico o de desintegración, y químico o de descomposición, pero ambos procesos interactúan.

##### **1.4.1 Meteorización física o mecánica**

Este tipo de meteorización se caracteriza por la destrucción o disgregación que modifica el tamaño de la partícula en su área, su superficie y en su volumen. La meteorización física se debe a varios factores, los cuales son:

- Insolación.
- Gelivación.

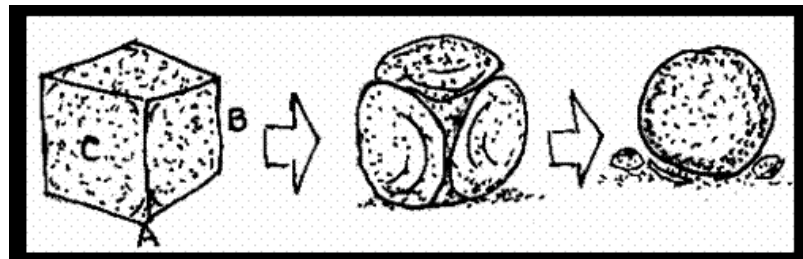
- Exfoliación.
- Acción de las raíces.

### La insolación

Fenómeno de expansión y contracción térmica del material por variaciones de la temperatura.

### Exfoliación o Meteorización Esferoidal

Es una forma de meteorización que conduce, a la descamación, es decir, se desprenden de la roca láminas o capas curvas (Ver Figura 1.2)



**Figura 1.2** El cubo se transformará en esferas por velocidad diferencial de intemperismo, ya que C con tres caras es más vulnerable que B con dos caras convergiendo, y B es más vulnerable que A donde sólo se expone una cara, Gonzalo DUQUE-ESCOBAR, P. As, 1998

### Acción de las raíces

Las raíces que crecen en las grietas de las rocas generan esfuerzos de tracción. Se trata de un efecto de cuña asociado al engrosamiento de la

raíz que se desarrolla y progresa, colaborando en la dislocación de los materiales rocosos.

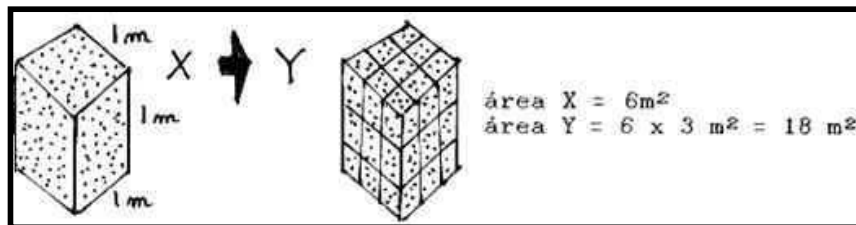
#### **1.4.2 Meteorización química**

Esta meteorización se da a escala de la molécula o el ión. Ocasiona cambio completo de las propiedades físicas y químicas, acompañado de un aumento del volumen total, debido a la menor densidad de los nuevos componentes y a la porosidad adicional del agregado meteorizado.

- El intemperismo mecánico
- La composición mineralógica original
- La profundidad de los materiales
- Las variaciones de la temperatura y de la humedad.

##### **El intemperismo mecánico**

Es el factor más importante de intemperismo químico, porque el proceso garantiza mayor área de exposición de los materiales (*Ver Figura 1.3.*).



**Figura 1.3** Bloque fracturado merced a un sistema de diaclasas. Las fracturas son ortogonales y de igual espaciado. Se observa cómo el fracturamiento ofrece más área de exposición pues si el bloque X tiene  $6 \text{ m}^2$ , la formación de pequeños bloques con aristas 3 veces más pequeñas, triplicará el área de exposición, Gonzalo DUQUE-ESCOBAR, P. As, 1998.

### La profundidad

Los materiales de la superficie están más expuestos a las variaciones de temperatura y la humedad, y por consiguiente al aire y a la materia orgánica. Estas condiciones favorecen la alteración de la roca.

### La composición del mineral original

Este es un factor que alude a la génesis de la roca. Por ejemplo, entre los metales, el hierro se oxida más rápidamente, y entre los silicatos, según Bowen, el cuarzo resiste más que los otros de la serie.

### La temperatura y la humedad

Son dos factores climáticos que condicionan la velocidad e intensidad de las reacciones químicas; la humedad favorece la producción de ácido carbónico, además de proveer otros ácidos



de reacción. Las rocas se degradan por ciclos de humedecimiento y secado antes que por una humedad y temperaturas fijas; la intensidad en la variación de ambos factores es el aspecto fundamental.

#### **1.4.2.1 Formas del intemperismo químico**

Estas formas dependen del agente y se denominan:

##### **Disolución**

Es la forma más sencilla de intemperismo químico. Consiste en separar moléculas de rocas por ácidos, tales como el carbónico y el húmico. Ejemplo de rocas solubles son las calizas y las evaporitas.

##### **Hidratación**

Es la fragmentación de la roca por aumento de volumen producido por el agua de cristalización. Se explica porque algunos minerales pueden incorporar agua a su estructura cristalina, en proporción definida. Algunos ejemplos de este tipo de roca son el yeso y la anhidrita.

##### **Hidrólisis**

Consiste en la incorporación de iones de  $H^+$  y  $OH^-$  a la red estructural de los minerales. Consiste en la separación de una sal

en ácido y base. Cuando el agua se descompone para que el ión  $\text{OH}^-$  reaccione con las rocas, en especial silicatos y sobre todo feldespatos, se obtienen arcillas. Las rocas ígneas tienen cationes metálicos magnesio, calcio, sodio, potasio, hierro y aluminio, que con el hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) forman bicarbonatos y carbonatos solubles.

### **Oxidación**

Los componentes de las rocas reaccionan con el oxígeno que se haya disuelto en el agua. Ocurre frecuentemente en los compuestos de hierro donde es más visible por los colores rojizos y amarillentos del óxido e hidróxido férrico, respectivamente.

### **Carbonatación**

Fijación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Este compuesto y el agua forman ácido carbónico. El compuesto resultante ácido clorhídrico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) reacciona a su vez con el carbonato cálcico para formar bicarbonato en los paisajes kársticos.

### **Reducción**

Es la disminución o pérdida de oxígeno. Algunos minerales, al sufrir reducción, provocan la alteración de la roca.

## **1.5 Erosión**

Es el proceso de remoción de partículas del suelo o de fragmentos y partículas de rocas, por la acción combinada de la gravedad con el agua, viento, hielo y/u organismos (plantas y animales).

Se definen dos tipos de erosión:

### **Erosión natural o geológica**

Se produce en condiciones de equilibrio con la formación del suelo.

### **Erosión acelerada o antrópica**

Su intensidad es superior a la de la formación del suelo. No permite la recuperación natural.

Los principales eventos iniciales son:

Impacto de las gotas de lluvia en la superficie del suelo, lo que provoca la desagregación y liberación de sus partículas.

Escorrentamiento superficial de las aguas, que transporta las partículas gracias a las pendientes

Estos flujos de agua pueden producir incisiones en el suelo; las cuales, con el tiempo, podrían producir surcos; y estos, eventualmente, evolucionan en cárcavas (Ver Foto 1.1).



*Foto 1.1 Sector Balerio Estacio – 614160/9766242, PSAD 56, presencia de cárcavas en el acceso peatonal.*

### **1.5.1 Causas de la erosión**

La urbanización produce la deforestación, y sumándole el cultivo de la tierra, aperturas de canales, explotación minera de superficie de modo inadecuado, constituyen los factores decisivos del origen y aceleración de los procesos erosivos.

#### **1.5.1.1 Factores que Influyen en la erosión**

La deflagración de los procesos erosivos, en función de la ocupación del suelo, son comandados por diversos factores

relacionados con las condiciones naturales de los terrenos, destacándose:

### **Lluvia**

El agua lluvia provoca la erosión del suelo a través del impacto de las gotas sobre su superficie, cayendo con velocidad y energía variables, y a través del escurrimiento del torrente. Su acción erosiva depende de la distribución pluviométrica, más o menos regular, en el tiempo y en el espacio, y de su intensidad. Lluvias torrenciales o chaparrones intensos, como una tromba de agua, constituyen la forma más agresiva de impacto de agua en el suelo. Durante esos eventos la aceleración de la erosión es máxima.

### **Cobertura vegetal**

Es la defensa natural de un terreno contra la erosión. Entre los principales efectos de la cobertura vegetal destacan los siguientes (Bertoni y Lombarda Neto, 1985):

- a) Protección contra el impacto directo de las gotas de lluvia;
- b) Dispersión y quiebre de la energía de las aguas de escurrimiento superficial.
- c) Aumento de la capacidad de retención de agua por la estructuración e incorporación de materia orgánica.

Si dicha cobertura vegetal es retirada, como sucede en las zonas de invasión, dichos terrenos quedan propensos a la erosión (Ver Foto 1.2)



**Foto 1.2** Tomada desde las coordenadas UTM 614160 / 9766242, PSAD 56. Nuevo asentamiento, s/n. Se aprecia que en la parte alta derecha hay asentamiento y que la cobertura vegetal fue removida.

### **Topografía**

La influencia del terreno en la intensidad erosiva se acentúa principalmente por la inclinación y largo de rampa (largo de ladera). Estos factores interfieren directamente en la velocidad de los torrentes (Ver Foto 1.3).



**Foto 1.3** *Balerio Estacio, construcciones levantadas en sectores con talud > 30%, no recomendables para ser habitadas.*

Las pérdidas de suelo por erosión laminar, influenciadas por la inclinación y largo de rampa, fueron determinados por Bertoni (1995). Este autor estableció una ecuación que permite calcular las pérdidas medias del suelo para varios grados de inclinación y largo de rampa:

$$LS = 0.0098L^{0.63}S^{1.18}$$

Donde:

LS = factor topográfico;

L = largo de rampa en metros;

S = grado de declinación, en porcentaje.

## **Suelos**

Es la cubierta superficial de la mayor parte de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas, producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

Los componentes primarios del suelo son:

- Compuestos inorgánicos, no disueltos, producidos por la meteorización y la descomposición de las rocas superficiales;
- los nutrientes solubles utilizados por las plantas;
- distintos tipos de materia orgánica, viva o muerta y;
- gases y agua requeridos por las plantas y por los organismos subterráneos.

Los suelos muestran gran variedad de aspectos, fertilidad y características químicas en función de los materiales minerales y orgánicos que lo forman. El color es uno de los criterios más simples para clasificar las variedades de suelo. La regla general, aunque con excepciones, es que los suelos oscuros son más fértiles que los claros. La oscuridad suele ser resultado de la presencia de grandes cantidades de humus.



Los suelos rojos o castaño-rojizos suelen contener una gran proporción de óxidos de hierro que no han sido sometidos a humedad excesiva. Por tanto, el color rojo es, en general, un indicio de que el suelo está bien drenado.

La textura general de un suelo depende de las proporciones de partículas de distintos tamaños que lo constituyen. Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm.

En función de las proporciones de arena, limo y arcilla, la textura de los suelos se clasifica en varios grupos definidos de manera arbitraria. Algunos son: arcilla arenosa, arcilla limosa, limo arcilloso, limo arcilloso arenoso, fango arcilloso, fango, limo arenoso y arena limosa.

## **1.6 Contaminación de aguas subterráneas**

Para el desarrollo de este estudio preliminar, hay que definir algunos conceptos básicos que se van a utilizar en el tema de contaminación de agua.

### **1.6.1 Conceptos básicos**

Entre estos se tiene: la calidad del agua, parámetros físicos, parámetros químicos, fuentes de contaminación natural y antrópica, tipos de contaminantes de las aguas.

#### **Contaminación de las aguas**

Es la acción y efecto de introducir materias o formas de energía; o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

#### **La calidad del agua**

La Unión Europea establece dos conceptos para controlar la calidad de las aguas: la emisión de contaminantes al medio acuático y los contaminantes existentes en ella.

Para determinar la calidad del agua es necesario analizar parámetros físicos, químicos y biológicos.

#### **Parámetros Físicos**

Son color, olor, turbidez, sabor, temperatura (agua más fría = más oxígeno, agua más caliente = menos oxígeno), sustancias flotantes, oxígeno disuelto en el agua.

**Parámetros químicos**

Orgánicos: son la cantidad de compuestos orgánicos: proteínas, carbohidratos, grasas, aceites. Para determinarlos se utiliza la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Si la DBO es baja, hay poca contaminación; si es alta, mucha contaminación.

Inorgánicos: los más usuales son el pH, alcalinidad, sulfatos, nitratos, procedentes de la lluvia ácida.

**Parámetros microbiológicos**

Se basan en la presencia de microorganismos indicadores de las posibles contaminaciones. Para el análisis del agua se utilizan sistemas cuantitativos de microorganismos y sistemas cualitativos.

Sólo informan de la presencia o ausencia de un determinado organismo. Uno de estos métodos consiste en la presencia de organismos bioindicadores o indicadores biológicos, como moluscos, insectos, aves acuáticas y peces.

## **1.6.2 Fuentes de contaminación natural y antrópica**

### **Contaminación de origen natural**

Es la causada por la entrada al agua de polen, esporas, hojas, excrementos de animales arrastrados por escorrentía, gases atmosféricos. Estos residuos son eliminados normalmente por la capacidad auto-depuradora del agua.

### **Contaminación de origen antrópico**

Hay diversos tipos:

- De origen urbano, es el resultado del uso del agua en viviendas, actividades comerciales y de servicios, lo que genera aguas residuales, residuos fecales, desechos de alimentos, lejías detergentes.
  
- De origen industrial, es la que produce mayor impacto, por la gran variedad de materiales y fuentes de energía que pueden aportar materia orgánica, metales pesados, incremento de pH y temperatura, aceites, grasas.
  
- De origen agrícola, se deriva del uso de plaguicidas, pesticidas, biocidas, fertilizantes y abonos, que son arrastrados por el agua de riego, llevando consigo sales compuestas de nitrógeno, fósforo,

azufre, que llegan al suelo por lixiviación y contaminan las aguas subterráneas.

- Otros, tales como vertederos de residuos, restos de combustibles, mareas negras, originadas por el vertido de petróleo crudo sobre el mar.

### **1.6.3 Tipos de contaminantes de las aguas**

#### **Contaminantes biológicos**

El agua puede contener materia orgánica y microorganismos que la convierten en causa de enfermedad si se utiliza para necesidades biológicas.

- Bacterias coliformes, de la fiebre tifoidea, cólera, disentería, gastroenteris, conjuntivitis.
- Virus, hepatitis, polio.
- Protozoos, amibiasis.
- Gusanos, esquistosomiasis.

## **Contaminantes químicos**

### **Biodegradables**

Como nitratos y fosfatos procedentes de los fertilizantes o de la descomposición de materia orgánica. La propia naturaleza es capaz de degradarlos.

### **No biodegradables**

Son compuestos obtenidos por la síntesis química tales como plásticos, pesticidas, metales pesados. No encuentran organismos con equipos enzimáticos capaces de transformarlos.

## **Contaminantes físicos:**

### **Radiactividad**

Procedente de fuentes naturales (rayos cósmicos, suelo) o actividades humanas. Se acumulan en los fondos de los embalses y fondos oceánicos. Son mutagénicos y tienen efectos cancerígenos.

### **Contaminación térmica**

Es el resultado de la utilización del agua como refrigerante en las industrias térmicas o de las turbinas de los embalses.

#### **1.6.4 Contaminación de aguas subterráneas**

Las aguas subterráneas se encuentran más protegidas frente a la contaminación que sufren las aguas superficiales, debido a que poseen una excelente capacidad purificadora de los suelos. Sin embargo, cuando se produce su contaminación, ésta es muy compleja de detectar; volviéndose con frecuencia un proceso irreversible, debido a que la degradación de la calidad del agua se advierte después de un cierto tiempo, y cuando la contaminación ha afectado a amplias zonas del acuífero. Con demasiada frecuencia, la adopción de medidas correctoras frente a la contaminación son costosas, entrañan gran dificultad de recuperación y su eficiencia no siempre es satisfactoria, estando condicionada, además, por una compleja evolución del contaminante en el terreno y la consiguiente dificultad de establecer un diagnóstico de las relaciones causa-efecto del proceso contaminante.

Los mecanismos por los que un agente contaminante puede alcanzar un acuífero y propagarse en él son múltiples, y en ocasiones muy complejos. La contaminación de un acuífero desde la superficie del terreno puede ser causada por los residuos o líquidos vertidos en cauces secos, la existencia de vertederos incontrolados o la acumulación de sustancias contaminantes. No obstante, las aguas

subterráneas cuentan con el poder depurador del terreno, en especial en determinados tipos de acuíferos (detríticos con porosidad intergranular y elevado contenido en minerales de arcilla o materia orgánica en la zona no saturada), que pueden atenuar o reducir a niveles aceptables el deterioro de la calidad de las aguas.

La magnitud del problema va a depender de numerosos factores entre los que destacan el tamaño de la zona afectada, la cantidad de contaminante implicado, su solubilidad, toxicidad y densidad, así como la composición mineral y de las características hidrogeológicas del terreno por el cual se mueve.

Las aguas subterráneas pueden sufrir:

### **Contaminación directa**

El contaminante alcanza la zona saturada sin haber atravesado otro medio físico. (Ver Figura 1.4)





**Figura 1.4** Gráfico general de contaminación de un pozo de extracción de aguas subterráneas por efecto de una fosa séptica, <http://www.miliarium.com>.

### Contaminación difusa

El contaminante alcanza la zona saturada tras haber circulado por la zona no saturada. (Ver Figura 1.5)



**Figura 1.5** Gráfico general de penacho contaminante en un vertedero con fugas de lixiviado. Isocontenidos de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en mg/l, <http://www.miliarium.com>

Los mecanismos de propagación de la contaminación mas frecuentes en el acuífero son:

1. Mecanismos de propagación desde la superficie:

- Contaminación de un acuífero por lixiviados de residuos depositados en superficie.
- Contaminación por actividades agrícolas (fertilizantes, pesticidas)
- Contaminación por flujo inducido de aguas superficiales contaminadas hacia un pozo.

2. Mecanismos de propagación desde la zona no saturada

- Contaminación por aguas residuales domésticas (fosas sépticas.)
- Contaminación por embalsamiento superficial de residuos (balsas de infiltración de industrias, depósitos en excavaciones naturales o artificiales.)

3. Mecanismos de propagación originados en la zona no saturada

- Pozos de inyección (sondeos utilizados para inyección directa y eliminación de aguas residuales, industriales, procedentes de actividades mineras)
- Progresión de intrusión marina por alteración del régimen de flujo (avance de la cuña de agua salada tierra adentro, al disminuir el flujo de agua dulce hacia el mar).

En función del tipo de contaminante se pueden diferenciar:

### **Contaminantes conservativos**

Su estructura química se mantiene a lo largo del tiempo a pesar de su interacción con los materiales del medio. Como ejemplo están los metales pesados (mercurio, plomo, zinc, plata, etc.). A pesar de no verse alterados, no siempre son capaces de llegar al agua subterránea pues procesos tales como la adsorción en la superficie de arcillas o materia orgánica o la formación de complejos insolubles pueden fijarlos o retrasar su avance.

### **Contaminantes no conservativos**

Son aquellos cuya estructura química se modifica al interactuar con el medio o por auto-degradación como en el caso de los contaminantes orgánicos o biológicos.

## **1.7 Degradación**

Es la alteración del medio físico, tomando como parte esencial la degradación del suelo.

La degradación es la pérdida de las características de un ecosistema las cuales atrasan o anulan la evolución natural del mismo, dando paso a cambios negativos en sus partes y condiciones afectado las actividades humanas (Yazbek-ITG, 1996).

Hay tres tipos de degradación:

### **Degradación Irreversible**

Es cuando parte o la totalidad del ambiente afectado no puede restaurarse.

### **Degradación Corregible**

Cuando la alteración o destrucción parcial del ecosistema y sus componentes, puede restaurarse y recuperarse, con procedimientos y tecnologías adecuadas.

### **Degradación Incipiente**

Cuando parte o la totalidad del ambiente puede recuperarse sin la intervención de procedimientos o tecnología especiales.

Cabe recalcar la diferencia entre impacto ambiental y degradación; mientras el primero se refiere a situaciones que todavía no se han producido, el segundo esta asociado con hechos ya establecidos de degradación.

Teniendo esta premisa, el enfoque empleado en este estudio se relaciona con alteraciones ambientales adversas y producidas por la intervención humana en el medio físico.

### **1.7.1 Recuperación**

Se puntualizan los siguientes conceptos (Yazbek-ITG, 1996):

#### **Restauración**

Es la reproducción de las condiciones exactas del lugar, tales como eran antes de ser alteradas por las intervenciones.

#### **Recuperación**

Es la acción de de trabajar sobre el lugar alterado, de modo que las condiciones ambientales se sitúen terminen situando próximas a las condiciones anteriores a la intervención, se trata de devolver al lugar el equilibrio o estabilidad de los procesos ambientales actuantes anteriormente.

### **Rehabilitación**

Es la acción de destinar al lugar alterado una forma dada de uso del suelo, habiendo trabajado sobre un proyecto previo y en condiciones compatibles con la ocupación contigua, en otras palabras se trata de reaprovechar el área para una nueva finalidad ya sea comercial, industrial, habitacional, agrícola, preservación o conservación ambiental, recreativa de esparcimiento, cultural, etc.

Tomando en cuenta estos conceptos, se considera que la restauración es imposible.

De este modo, la recuperación de un área degradada incluye, al menos, dos perspectivas básicas: ejecución coordinada de medidas que tienen por finalidad asegurar la estabilidad del ambiente a corto plazo (recuperación); otra, se vincula a un proyecto de uso futuro, o sea, de mediano a largo plazo, para el área (rehabilitación).

#### **1.7.2 Acciones básicas de la recuperación**

Cuando la erosión, sedimentación, deslizamientos, entre otros, se produce, se origina degradación del suelo. Para la recuperación de

dichas áreas se presupone, necesariamente, dos tipos de acciones básicas y en muchos casos indisociables:

### **Corrección de la degradación**

Es tratar de llegar al conjunto de medidas necesarias para alcanzar el punto de equilibrio o estabilidad de los procesos.

### **Mantenimiento**

Las acciones implementadas se tienen que verificar para que los procesos no sufran un retroceso.

#### **1.7.3 Evaluación de la degradación**

Se la hará a través de un cuidadoso diagnóstico de los procesos que allí actúan y de sus consecuencias ambientales. Se van a utilizar indicadores ambientales que traduzcan el grado o nivel de la degradación existente y que permitan estimar la dimensión de los esfuerzos técnicos y económicos que deberán ser destinados. Esta evaluación deberá contemplar, entre otros aspectos, el análisis de los riesgos a la salud y seguridad de las comunidades eventualmente afectadas, así como de los usos del suelo cercano. La consulta a dichas comunidad es fundamental en esta etapa, debido a que la

información obtenida servirá para realizar una evaluación completa de la degradación y su historia.

El enfoque de la geología aplicada en ese contexto se remite a la necesidad de la caracterización de los procesos del medio físico actuantes en el ambiente degradado (y que estén actuando como proceso de degradación), es decir, erosión, deposición de sedimentos, deslizamientos, caída de bloques y colapsos del suelo, escurrimiento de las aguas superficiales, movimiento de las aguas sub-superficiales, etc.

## **1.8 Urbanización**

Una urbanización es un conjunto de obras de infraestructura y de construcciones, situadas generalmente en un medio rural adyacente a otras poblaciones.

El 71% de la superficie de nuestro planeta está ocupado por agua y sólo el 29% corresponde a las tierras emergidas. El 50% de la población humana vive en zonas apropiadas, que corresponde sólo al 5% de la superficie terrestre. Casi la mitad de la población no se distribuye apropiadamente; una parte habita en zonas rurales, con poco promedio de población; y el resto vive en ciudades con mayor



promedio de población, lo que hace necesario una organización que abarque los aspectos: físicos, económicos y sociales. Es la urbanización abarca estos temas.

Los principales elementos del proceso de urbanización que alimentan la extensión de la degradación son:

1. La expansión del espacio necesario para:
  - a. El crecimiento de los núcleos urbanos; es lo que sucede en Guayaquil, con las ciudadelas que se construyen y la toma anárquica de territorios.
  - b. Infraestructuras y servicios; como son calles y avenidas, el alcantarillado de agua servidas y aguas lluvias, abastecimiento de agua potable, redes de energía, alumbrado eléctrico y telefónico.
  - c. Industrias urbanas, que son las pequeñas industrias que se encuentran dentro del perímetro urbano.
  - d. Vertederos, etc.
  
2. La generación de agentes contaminantes (residuos sólidos, aguas servidas, descargas contaminantes, etc.) desde los núcleos

urbanos y que contaminan el suelo agrícola y las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

3. La emigración campo-ciudad; que da paso a la ocupación desmedida de terrenos para la construcción de ciudadelas y/o asentamiento informales.

Al urbanizar una zona rural, la remoción del suelo o zona meteorizada de la roca se hace imperiosa.

## **1.9 Minería**

La minería es la actividad económica relacionada con la extracción de minerales y otros materiales de la corteza terrestre. Los materiales que se extraen comúnmente pueden ser metálicos, carbón y piedras preciosas. Otros materiales altamente útiles son la arena y la piedra caliza. Estos últimos son los que más se han explotado en las canteras de Guayaquil, pues son para una ciudad en constante crecimiento.

Existen diferentes tipos de explotación minera, y su clasificación está de acuerdo a la concepción y al diseño. El método depende mucho de la profundidad, la forma e inclinación del depósito, la distribución de

las leyes minerales, las características geomecánicas de las rocas encajantes y del propio mineral, etc.

Los productos que se extraen de la minería son:

### **Metales**

Incluyen los metales preciosos (el oro, la plata y los metales del grupo del platino), los metales siderúrgicos (hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio y cromo), los metales básicos (cobre, plomo, estaño y cinc), los metales ligeros (magnesio y aluminio), los metales nucleares (uranio, radio y torio) y los metales especiales (litio, germanio, galio y arsénico).

### **Minerales industriales**

Incluyen los de potasio y azufre, cuarzo, trona, sal común, amianto, talco, feldespato y fosfatos.

### **Materiales de construcción**

Incluyen la arena, grava, áridos, arcillas para ladrillos, caliza y las arcillas para la fabricación de cemento. En este grupo también se incluyen la pizarra para tejados y las piedras pulidas, como el granito, el travertino o el mármol.

**Gemas**

Incluyen los diamantes, rubíes, zafiros y esmeraldas.

**Combustibles**

Incluyen el carbón, lignito, turba, petróleo y gas (aunque generalmente estos últimos no se consideran productos mineros). El uranio se incluye con frecuencia entre los combustibles.

La degradación del medio producido por las minas es muy variable, según sea explotación subterránea o superficial.

La minería subterránea se la puede dividir en minería subterránea de roca blanda (no exige el uso de explosivos), y minería subterránea de roca dura (se utiliza explosivos para la extracción).

La minería superficial es a Cielo Abierto y la explotación a descubierto su incidencia está en la destrucción del suelo, estructuración de taludes y zonas de escombreras. Este tipo de minería es el que se ha aplicado en las minas circundantes de la zona de Guayaquil. En un principio existieron áreas que estuvieron en las afueras de Guayaquil, pero hoy forman parte de la ciudad. Estas explotaciones degradaron al medio, y muchas de estas minas fueron abandonadas sin ningún tipo

de planificación; dichos hechos están dando, actualmente, muchos problemas.

### **1.9.1 Fases de desarrollo de una explotación minera**

Las Principales fases de desarrollo de una explotación minera, tanto subterránea como a cielo abierto, se concretan en:

- Prospección e investigación
- Evaluación de reservas y diseño de la explotación
- Desarrollo y puesta en marcha
- Explotación
- Abandono

La prospección geológica tiene como objetivo la localización de anomalías debidas a depósitos minerales, mientras que la Investigación tiene como finalidad definir tales indicios y evaluar los recursos y las reservas que albergan los yacimientos.

Después de haber ubicado exactamente la zona a explotarse, se desarrolla un plan de explotación, que es la ubicación de la mina (entre otros detalles); después, se procede a la explotación propiamente dicha. Luego de haber sacado todo el material de interés,

o por lo menos hasta cuando sea rentable, se abandona de la mina, aplicando todas las normas actuales en la deserción de la misma.

### **1.9.2 Explotación a cielo abierto**

Es la que tiene forma de grandes huecos en terraza que, a menudo poseen forma circular. Entre estas minas se encuentran las canteras, que son la explotación de laderas.

Desde el punto de vista de la recuperación de terreno, las minas a Cielo Abierto son las que destruyen más zonas y degradan significativamente al medio, porque dejan grandes huecos, cicatrices en el terreno o grandes zonas de escombros. Los métodos más utilizados en la minería de superficie son (Milani-ITG, 1996):

#### **Cortas**

En los yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones transversales en forma troncocónica. Este es el método tradicional para la minería metálica y se adaptó, en las últimas décadas, a los yacimientos de carbón.

**Descubiertas**

Este método se aplica en yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos estériles inferiores; por lo general, a los 50 metros. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un sólo banco, desde el cual se efectúa el arranque del estéril y vertido del hueco de las fases anteriores. El mineral es entonces extraído desde el fondo de la explotación, que coincide con el muro del depósito.

**Terrazas**

Este método se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales, de unos o varios niveles mineralizados, y con recubrimientos potentes; pero que permiten depositar el material estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.

**Contorno**

Se lo aplica en yacimientos de carbón, con capas tumbadas de reducida potencia y topografía. En generalmente desfavorable.

**Canteras**

Este es el término que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales. Constituyen el sector más

importante. Desde tiempos muy antiguos se ha utilizado este método para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción.

### **Graveras**

Los materiales detríticos, como las arenas y las gravas, albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos son objeto de una explotación intensa debido a la demanda de dichos materiales en el sector de la construcción.

#### **1.9.3 La minería en Guayaquil**

La minería que se realiza en los alrededores de Guayaquil, es minería superficial, por el método de canteras. De estas canteras se explota caliza como material para roca industrial para producir cemento y cal, el chert que es utilizado como árido de la construcción, y material para lastre y sub-base, rellenos, terraplenes, y arena.

El hecho de cerrar y abandonar minas, sin las aplicaciones de las correspondientes normas, ha traído como consecuencia las inestabilidades de muchos yacimientos.



### 1.10 Población de la ciudad de Guayaquil <sup>(1)</sup>

Guayaquil multiplicó su población 7,7 veces entre los años 1950 y 2001. Según dichos autores al inicio de los años 50's, la ciudad tenía una población de 256.966 habitantes y hacia fines del año 2001, de acuerdo a los resultados definitivos del VI Censo de Población y V de Vivienda 2001, realizado por Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2001), se registran 1.985.249 habitantes. Se hace una comparación con el país en el mismo lapso y observa que casi cuadruplicó la población, lo que evidencia un crecimiento demográfico más dinámico de la ciudad. Observándose también, que en el último periodo intercensal (1990 – 2001) la ciudad, continúa aumentando su importancia relativa frente a la población total del país (Ver Tabla 1.1).

---

1 "Plan de Expansión y Rehabilitación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Guayaquil", por Irene Soler (Consulterra) & Eficiencia Energética y Ambiental *Efficácitas* Consultora Cía. Ltda.

**TABLA 1.2** Porcentaje de la población en Guayaquil respecto al país.  
Período 1950 – 2001

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN PAÍS</b>	<b>POBLACIÓN GUAYAQUIL</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
1950	3 202 757	258 966	8,1
1962	4 564 080	510 804	11,2
1974	6 521 710	823 219	12,6
1982	8 138 974	1 199 344	14,7
1990	9 697 979	1 508 444	15,6
2001	12 156 608	1 985 249	16,3

Fuente: INEC, "Resultados Definitivos de los Censos de Población de 1950, 1962, 1974, 1982, 1990 y 2001".

El crecimiento de la ciudad se atribuye a la diferencia entre nacimientos y defunciones; y además a la inmigración que ha recibido la ciudad. Este crecimiento genera impacto y demanda de bienes y servicios.

A través del tiempo, la ciudad ha experimentado diversos altibajos en su ritmo de crecimiento, lo cual se expresa, entre otros aspectos, en las variaciones de las tasas intercensales (Ver Tabla 1.2).

**Tabla 1.3** Guayaquil. Tasas de crecimiento (%). Periodo 1950-2001.

<b>PERIODO</b>	<b>TASA CRECIMIENTO (%)</b>
1950 – 1962	5,67
1962 – 1974	4,14
1974 – 1982	4,45
1982 – 1990	2,87
1990 – 2001	2,50

Fuente: INEC, "Resultados Definitivos de los Censos de Población de 1950, 1962, 1974, 1982, 1990 y 2001".

Entre los años de 1950 – 1962 se observa una alta tasa de crecimiento, que se atribuye a la inmigración campo-ciudad; y además al descenso de la mortalidad en ese periodo.

De 1962 – 1974 disminuye la población, ya que hubo descenso de la fecundidad.

En el periodo 1974 – 1982 el aumento de la población se explica por el hecho de la venta de tierras municipales (no urbanizadas). Dichos territorios se vendían a precios muy bajos; lo cual aceleró un proceso migratorio del campo a la ciudad, con el consecuente surgimiento de lo que hoy se conoce como el Guasmo (Sur de la ciudad).

En el país, desde la década del ochenta, las innovaciones en las áreas de la salud han reducido las tasas de mortalidad; así como la difusión de prácticas de planificación y control de la natalidad, determinan un descenso en las tasas de crecimiento. Estos acontecimientos inciden también sobre la Ciudad de Guayaquil, sumando el hecho que la migración interna del país hacia la ciudad también se ha reducido.

# **CAPITULO 2**

## **2. GEOLOGÍA Y SUELO**

### **2.1. Geología Regional**

La costa ecuatoriana se ubica al Oeste de la Cordillera de los Andes, sobre la cual se ha depositado materiales detríticos, que constituyen las formaciones geológicas de origen marino del litoral ecuatoriano y posteriormente formaciones de origen sublitorales-continental de la cuenca del Río Guayas.

En el área de estudio y cercana a ella ocurren rocas mesozoicas, cenozoicas, y depósitos sedimentarios cuaternarios, emplazamientos volcánicos y plutónicos que conforman el marco geológico regional inmediato.

Las rocas volcánicas del basamento corresponden a la Formación Piñón (Jurásico-Cretácico), constituida por rocas basálticas con lavas almohadillas, diabasas, piroclastos unidad en la que se han emplazado filones de hematita y filones esporádicos de cuarzo.

La Formación Cayo es un grupo potente de rocas de origen volcánico-clástico, sobreyaciendo a la Formación Piñón e infrayaciendo a la Formación Guayaquil. Esta formación estaba dividida en tres miembros: Calentura siendo este el miembro basal, Cayo SS, y Guayaquil en la parte superior. El Miembro basal de la Formación Cayo reconocido por Thalman (1946) como miembro basal Calentura (antigua cantera Calentura, actual cerro Peñón del Río) no corresponde efectivamente a la base de Cayo, sino a una intercalación de lutitas entre paquetes de areniscas y conglomerados cerca de la base del Miembro Cayo S.S., razón por la cual dicha denominación debería ser abandonada.

La Formación Cayo (Cretáceo-superior) está constituida por rocas volcánico-clásticas depositadas en un ambiente marino, constituida principalmente por: lutitas calcáreas, lutitas tobáceas, limonitas de color café amarillento, areniscas tobáceas, grauwáquicas, subgrauwaquicas y aglomerados.

En el año 1985 Benítez S. eleva al miembro Guayaquil a la categoría de Formación; la misma que consiste de una secuencia monótona de

lutitas silíceas con enriquecimiento secundario de nódulos de pedernal (chert).

Continuando con la descripción de la geología de este sector, se tiene la presencia de depósitos de carácter aluvial, coluvial y estuarino (Cuaternario), que ocurren conformando la llanura marginal del río Guayas, en el pie de monte de la cordillera Chongón-Colonche y en el sistema estuarino respectivamente.

Intrusionando a la Formación Piñón, ocurren cuerpos plutónicos (Mesozoicos) conformados por tonalitas, granodioritas y peridotitas (ultrabásica).

Dentro de la geología regional relacionada a este sector también ocurren rocas calcáreas de naturaleza orgánica correspondiente a la formación San Eduardo (Eoceno–Superior).

Afloramientos del terciario aparecen al oeste de la ciudad conformada por brechas sedimentarias las Formaciones del Grupo Ancón (Eoceno medio-superior) este paquete se encuentra suprayaciendo a la formación San Eduardo, y subyacente a esta formación tenemos a las formaciones del Grupo Azúcar (Paleoceno) conformadas por delgada capas de lutitas (Ver mapa 1).

## **2.2. Geomorfología**

En Guayaquil, convergen tres marco-dominios geológicos (Ver mapa 2), cada uno de estos presenta sus propias características geomorfológicas. Estos marco-dominios son:

Llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo,

El complejo deltaico- estuarino de la Ría Guayas, y

Las colinas de la cordillera Chongón –Colonche. (E. Benítez, 2005)

(Figura 2.1)

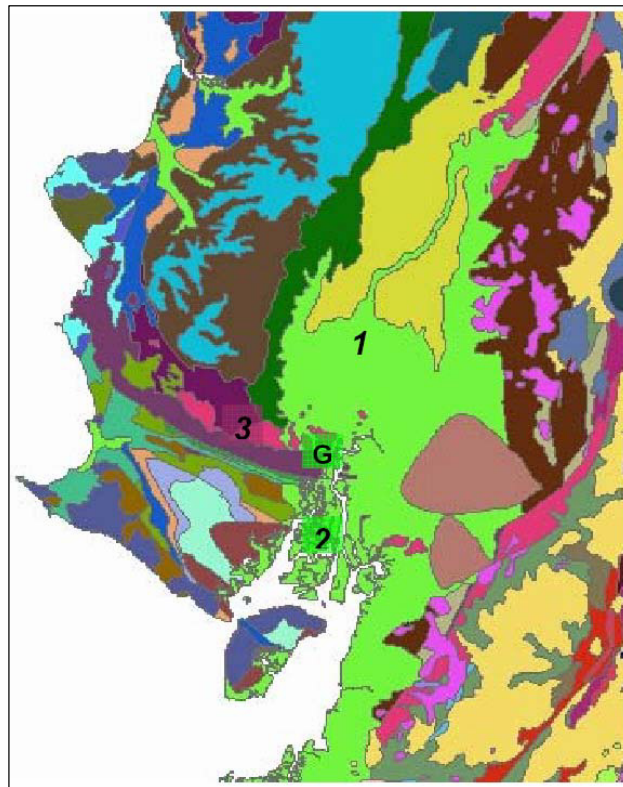
### **2.2.1 La llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo**

Ocupa el sector NE del área metropolitana de Guayaquil y parte de los municipios de Samborondón y Durán. La llanura aluvial está conformada por las cuencas hidrográficas de los ríos Daule y Babahoyo, cuya confluencia se encuentra en la Puntilla cerca del puente de La Unidad Nacional, dando origen al río Guayas que corre en dirección meridional en medio de cerros Las Cabras de Durán y Santa Ana-El Carmen. A la altura de estos cerros el río Guayas ya presenta características nítidamente estuarinas: agua salobre e influencia de las mareas, por cuya razón se denomina estuario o Ría Guayas. Los cerros testigos mencionados constituyen un marcado



límite geomorfológico de la llanura aluvial. Algunas geoformas asociadas a la llanura aluvial son:

- Llanura de inundación parcial que se inunda en las épocas de mayores crecientes durante la estación lluviosa. A pesar de ello se han construido allí las principales ciudadelas del “Guayaquil del Norte” tales como Atarazana, FAE, Garzota, Alborada (primeras etapas), Sauces (menos etapa VII y parte de Sauces IX), Guayacanes, entre otras, las que han requerido de grandes cantidades de material pétreo para rellenar las áreas de mayor riesgo.
- Meandros abandonados. El más evidente se encuentra entre las ciudadelas Samanes, Guayacanes y Sauces, constituyendo una zona de topografía muy baja con una gran laguna que ha sido paulatinamente rellenada por el desarrollo de las ciudadelas antes mencionadas.



**Figura 2. 1** Macrodominios geomorfológicos de Guayaquil:  
 (1) llanura aluvial ríos Daule y Babahoyo;  
 2) llano estuarino-deltaico de la ría Guayas;  
 (3) Cordillera Chongón- Colonche;  
 G= Guayaquil. (E. Benitez, 2005).

### 2.2.2 El Complejo Deltaico-Estuarino de la Ría Guayas

Es una extensa área de forma más o menos triangular constituida de innumerables islas con bosque de manglar y canales de agua salobre

que se extiende desde los cerros del Carmen, Santa Ana y Durán hacia el Sur, hasta su extremo meridional separado de la isla Puná por el canal que conecta al canal Jambelí con el canal de El Morro (frente a Posorja). Los aspectos geomorfológicos principales definidos por Benítez (1985) son:

- Canal distributivo principal constituido por el estuario Guayas.
- El malecón natural.
- Los canales e islas del Estero Salado.

### **2.2.3 Los cerros de la cordillera de Chongón- Colonche**

Ocupa el cuadrante Noroeste del área metropolitana de Guayaquil y se desarrolla hacia el Oeste a partir de los cerros del Barrio San Pedro y ciudadela Bellavista. Se trata de una estructura homoclinal de rumbo general promedio N110° que levanta rocas antiguas del Paleógeno y del Cretáceo, las mismas que están sometidas a procesos erosivos intensos desde aproximadamente el Eoceno superior. En este macrodominio están comprendidas las rocas de las formaciones Ancón, Las Masas, San Eduardo, Guayaquil, Cayo y Piñón. Las geoformas de esta área están asociadas en tres dominios bien definidos (Mite, 1989).

### **Dominio Estructural**

Comprende la estribación sur de la cordillera Chongón-Colonche. Representa la cuesta homoclinal formada por las calizas de la formación San Eduardo y las lutitas silíceo-calcareas de la formación Guayaquil. Es decir que el relieve está condicionado por la estructura geológica homoclinal, la cual presenta un rumbo promedio de N110 y un buzamiento promedio de 17° (variable entre 15° y 40°) hacia el Sur. Las unidades geomorfológicas son colinas altas (200-400 m) y colinas medias (100-200 m), de crestas agudas.

### **Dominio Erosivo**

Comprende la estribación norte de la cordillera Chongón-Colonche, en donde afloran las rocas de las formaciones Cayo y Piñón. La estructura homoclinal predomina en el área, las unidades del relieve son *colinas bajas* con alturas menores a 100 m. Las colinas son generalmente alargadas en dirección Oeste Noroeste – Este Sureste, evidenciando el control estructural que ejerce la estructura homoclinal del mismo rumbo. Algunas formas, en cambio, son alargadas en sentido Norte Sur, evidenciando un mayor control litológico o de otras estructuras. A continuación se resumen algunas características de las colinas de acuerdo a la formación geológica (cuyos límites se encuentran en el mapa geológico).

- Formación Piñón.- Colinas de 50 a 200 m de altura, con vertientes de formas convexas o rectilíneas y cimas redondeadas.
- Formación Cayo.- *Miembro Calentura*: colinas de 50 a 100 m de altura, con vertientes de formas cóncavas, cimas redondeadas y disectadas; cuando se presentan en cerros aislados (ciudadela Las Orquídeas) las colinas son de menor altura y presentan vertientes de forma convexa. En este sector se encuentra una geoforma anómala de dirección NE-SO (cerro Jordán) que está controlada por fallas de esa dirección.
- *Formación Cayo sensu strictu*: constituida principalmente por brechas. Las colinas son de baja altura (20-50 m), de vertientes cóncavo-convexas y de cimas redondeadas. Hacia el NO, en este mismo nivel estratigráfico se presentan colinas más altas (100-200 m). Partes media a superior de la formación Cayo: se nota un mayor control de la estructura homoclinal, como es el caso del cerro Mapasingue cuyo relieve, algo menos definido, continúa en dirección del campus de la ESPOL. Desde este sitio hacia el Sur, hasta el contacto con la formación Guayaquil, las geoformas se constituyen en bandas subparalelas de crestas alternativamente redondas, agudas, planas y redondas, debido a

la creciente intercalación de materiales lutíticos entre las potentes megaturbiditas características de la formación Cayo.

- *Formación Guayaquil*: constituida principalmente por lutitas silíceas cherts. Las colinas son de una altura (80-100 m), de vertientes cóncavo-convexas y de cimas redondeadas. Hacia el NO, en este mismo nivel estratigráfico se presentan colinas más altas (100-200 m). En la parte media a superior de la formación Cayo: se nota un mayor control de la estructura homoclinal, como es el caso del cerro Mapasingue cuyo relieve, algo menos definido, continúa en dirección del campus de la ESPOL. Desde este sitio hacia el Sur, hasta el contacto con la formación Guayaquil, las geoformas se constituyen en bandas subparalelas de crestas alternativamente redondas, agudas, planas y redondas, debido a la creciente intercalación de materiales lutíticos entre las potentes megaturbiditas características de la formación Cayo.

### **Dominio Acumulativo**

Se refiere estrictamente al dominio acumulativo dentro del macrodominio de la cordillera Chongón-Colonche. Aunque ésta se encuentra sometida a un proceso permanente de erosión, existen acumulaciones transitorias de los materiales provenientes de dicho proceso. Estas

acumulaciones son típicamente conos de deyección, coluviales, aluviales y lacustres.

### **2.3. Geología Local y Litología**

Tanto la geología como la litología de Guayaquil están bien definidas en trabajos anteriores, por lo que en este estudio se ha considerado conveniente el levantamiento de sitios en los que están bien definidas las formaciones geológicas. A continuación se detalla las observaciones realizadas en cada una de las áreas seleccionadas, (Ver mapa 4).

#### **Vía a la Costa**

Esta zona forma parte del sector de la llanura del estero Puerto Hondo y el pie de monte de la cordillera Chongón-Colonche. Esta llanura está conformada por suelos aluviales y roca caliza, litología tipo de la Formación San Eduardo. La localidad de donde tomo el nombre dicha formación es la antigua cantera de San Eduardo propiedad de la fábrica de cemento, definida por Landes (1944), de la cual casi todo el afloramiento ha sido explotado; la nueva localidad tipo se la encuentra en la cantera de Cerro Blanco de la misma fábrica de cemento ubicada en este sector. Estas calizas son de color crema a blanco, esta roca es dura, tenaz de baja porosidad y permeabilidad,

de buena resistencia mecánica, características que la han convertido en un material óptimo para su aprovechamiento en áridos para cemento, hormigón, ocurren bien estratificadas en capas centimétricas a decimétricas.

De manera general se habla de que vía a la Costa aflora litología tipo de las formaciones San Eduardo y Guayaquil, formaciones de los Grupos Ancón y Azúcar . En el Km.7 ½ vía a la costa encontramos un afloramiento de aproximadamente unos 125 m. constituido por paquetes de lutitas silíceas intercaladas con lutitas calcáreas centimétricas a decimétricas y areniscas tóbaseas decimétricas, sobreyaciendo a estos paquetes se tiene lutitas silíceas con nódulos de cherts, esta litología pertenece a la formación Guayaquil y finalmente en el tope aparece la caliza de formación San Eduardo. A lo largo de este sector encontramos varias canteras que usan estos materiales para producir agregados para la construcción. También tenemos afloramientos de Grupo Ancón y el Grupo Azúcar ubicadas al extremo oeste del sector de la ciudad.

### **Vía Perimetral**

Construida para descongestionar la ciudad de tráfico pesado, esta vía de descongestionamiento urbano en todo su recorrido tiene gran



cantidad de afloramientos que han quedado expuestos con los cortes que se hicieron para su construcción.



**Foto 2.1.** *Vía Perimetral, areniscas de grano fino a medio con lutitas silíceas estratificadas de la formación Cayo*

A lo largo de esta vía aparece material rocoso tipo de la formación Cayo y Guayaquil. Para revisar material rocoso se realizó una columna litológica, en un punto a nivel de la carretera en las coordenadas 9764544/617295 (Foto2.1.), en este afloramiento se observa, desde la base hacia el tope, una secuencia sedimentaria de lutitas silíceas, areniscas de grano fino a medio, aglomerados en estratos centimétricos a métricos, estos materiales con facies similares de espesores variables constituyen todo el cuerpo litológico.



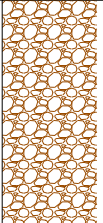
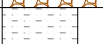


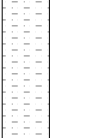




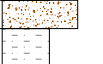
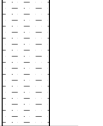




**Foto 2.2.** *Lutitas silíceas centrimétricas intercaladas en bloques métricos del mismo material, presentes en la vía Perimetral.*

Describiendo la columna litológica de la base hacia el tope, se observa un estrato de 3.10 m. de lutita silícea de color verde, seguida de arenisca con intercalaciones decimétricas de lutitas muy fracturada y lutita tobácea de color café; seguidamente se observa un estrato de 8.10 m. de arenisca de grano medio color café con diaclasamiento de 2m.; luego ocurren estratos métricos de lutita con intercalaciones decimétricas de arenisca de grano medio de color café, todo este detalle aparece en la Fig.2.2 Columna Litológica, la misma que muestra la secuencia en la que se han sedimentado las rocas de la formación Cayo, esta columna termina en las coordenadas N 9764390/E 617345.



**Foto 2.3** Paquete de lutitas meteorizadas de la formación Cayo aflorantes en el levantamiento columnar, vía Perimetral

Las lutitas meteorizadas (Foto 2.3), están intercaladas con areniscas tobáceas, grawáquicas y aglomerados. El material volcánico sedimentario que aparece en este corte tiene muchos fragmentos de origen piroclástico de hasta 1 cm., los aglomerados que se presenta en este sector son propios de depósitos sedimentarios en medio marino.

AFLORAMIENTO	CORTE	POTENCIA (m.)	LITOLÓGIA	DESCRIPCION	FORMACION	
617345 9764390	<b>VIA PERIMETRAL</b>	12,20		Aglomerado volcano sedimentario, rico en fragmentos piroclásticos de color café claro	<b>CAYO</b>	
		2,50		Arenisca con intercalaciones decimétricas de lutitas de color gris oscuro		
		1,60		Lutita silíceea de color plomo		
		0,92		Grauwaca		
		8,70		Lutita silíceea con intercalaciones decimétricas de arenisca de color plomo		
		1,10		Arenisca color plomo		
		3,20		Lutita silíceea con intercalaciones decimétricas de arenisca de color plomo		
		0,80		Grauwaca		
		4,80		Lutita silíceea con intercalaciones decimétricas de arenisca de color plomo		
		1,50		Grauwaca		
		8,50		Lutita silíceea con intercalaciones decimétricas de arenisca color café claro		
		8,10		Arenisca color café claro, con diaclasamiento de 2 m.		
617295 9764544			1,60			Lutita silíceea de color café
		0,70		Arenisca con intercalaciones decimétricas de lutitas		
	0,80		Lutita silíceea de color verde			

**Figura 2.2** Levantamiento de la vía Perimetral

### **Cerro Azul**

Se encuentra ubicado en el lado oeste de la ciudad de Guayaquil, el acceso al cerro es la vía de recorrido (Perimetral) y la Avenida del Bombero. El cerro tiene un relieve medio de 200 a 300 m. hacia el Noroeste se produce un aumento de altura y que alcanzan los 500 m. s.n.m.

La litología en este sector de la base al tope esta comprendida por aglomerados, areniscas, limonitas y lutitas en estratos centimétricos a métricos en los cortes (Vía Perimetral), sobre facies que se extienden por el flanco meridional constituyen todo el cuerpo del cerro hasta alcanzar la parte superior, donde aflora la formación Guayaquil, constituidos por lutitas, limonitas y chert en estratos centimétricos intercalados por estratos milimétricos de tobas.

Es importante destacar que la unidad superior (formación Guayaquil), ha sufrido una fuerte meteorización caracterizada por el color rojizo y la fuerte fragmentación del material, constituyéndose así en la fuente de los depósitos coluviales que descargan puntualmente al pie del cerro y han sido la causa por sobresaturación del deslizamiento de considerables proporciones ocurrido en el año 1998 (Foto 2.4).



**Foto 2.4.** Cerro Azul. Deslizamiento de material coluvial: lutitas y limonitas de la formación Guayaquil, fuertemente meteorizadas.

### **Cerro Jordán**

El cerro Jordán está coronado por aluviales seguidos por unos potentes estratos de arenisca con intercalaciones de lutitas y en la base intercalaciones decimétricas de arenisca y lutitas (Foto2.5). Los estratos buzcan hacia el sur este y presentan diaclasamiento que provocan desprendimientos de bloques. El cerro tiene problemas de acumulación de coluvios en sus laderas, lo que provoca desprendimientos del suelo. Ya en el sector se puede apreciar paleodeslizamiento. Existe un sector donde las casas presentan fisuras en las paredes y pisos (Foto 2.6).



**Foto 2.5.** Cerro Jordán, areniscas y lutitas de la formación Cayo que suprayacen a la formación Piñón

El cerro Jordán se levanta sobre lavas de la formación Piñón. Las rocas que aparecen en este sector son lutitas, areniscas tobáceas, lutitas tobáceas y tobas de coloración variada gris azulada, marrón, crema, blanca, coronado por un rojo intenso relacionado con el suelo residual que tiene espesores de alrededor de un metro.



**Foto 2.6.** Cerro Jordán, talud con pendiente > 60%, colindante con la vía Perimetral

### **Avenida de las Aguas**

Este sector está poblado cubriendo extensivamente las rocas, pero gracias al sistema vial (Av. Las Aguas) se generaron sitios de escarpamiento (Taludes), así unas magníficas exposiciones evidenciando la litología y comportamiento estructural de las rocas aquí existentes.

Se puede observar tres paquetes de estratos bien marcados, una ocurrencia de 4.50 m. de espesor hacia la base consistente de material sedimentario volcánico con meteorización esferoidal, el segundo paquete de 6,20 m. de material bien diaclasado, con estratos métricos



de color verde y finalmente una secuencia de lutitas grises de unos 6,40 m de espesor. (Foto2.7).



**Foto 2.7** Av. Las Aguas, paquete de material sedimentario volcánico, con lutita gris de la formación Cayo.

La columna se levantó entre las coordenadas UTM 9761796/ 621178; 9761685, 621205; tomando en cuenta las coordenadas, se trata aproximadamente de unos 100 m de longitud, de esta secuencia que corresponde a la Formación Cayo. (Fig. 2.3 Columna Litológica Av. de las Aguas).

AFLORAMIENTO	CORTE	POTENCIA (m.)	LITOLOGÍA	DESCRIPCION	FORMACION
621205 9761685	AV. DE LAS AGUAS	6,40	LUTITA	Lutita silíceas de color gris	CAYO
621178 9761796		6,20	ARENISCA	Arenisca tobácea, color verde con mucho silice	
		4,50	AGLOMERADO	Agglomerado volcano sedimentario, rico en fragmentos piroclásticos de hasta 1 cm., color café claro	

**Figura 2.3** Levantamiento de la Avenida las Aguas

### **Cerro Santa Ana y Cerro del Carmen.**

Bordeados por el Río Guayas, la cota máxima es de 100 m.; son zonas propensas a deslizamientos de pendientes muy inclinadas. En el caso particular del cerro Santa Ana se observan construcciones destruidas por la infiltración de agua en el material del área, principalmente lutitas con alto grado de fracturamiento y con intercalaciones de arenisca



**Foto 2.8.** Vista del cerro Del Carmen, en cuya base se asienta el cementerio de La Junta de Beneficencia, afloramientos de lutita.

Las rocas del cerro del Carmen están altamente fracturadas, lo que conjugado con la estratificación produce el desprendimiento de bloques de variados tamaños, este hecho está afectando a las instalaciones del Cementerio General; por lo que se ha procedido a realizar obras de estabilización del talud (Foto 2.8.)

### **Bellavista**

Esta zona por su lutita silicificada, presenta fracturamiento intenso de la roca, lo que produce desprendimiento de material en las laderas. En este afloramiento se aprecia roca meteorizada de la Formación Guayaquil, lutitas silíceas cherts (Foto 2.9.).



**Foto 2.9.** *Afloramiento de lutitas silíceas, con limonitas tobáceas y areniscas calcáreas blancas en la ciudadela Bellavista.*

En la Ciudadela Bellavista en los afloramientos de la avenida principal se encuentra en la base conglomerados, volcánicos-clásticos de la Formación Cayo, sobreyaciendo estos materiales se encuentran lutitas silíceas centimétricas con nódulos de pedernal (cherts) con alteraciones rítmicas de limonitas tobáceas, areniscas calcáreas blancas (Formación Guayaquil).

## **2.4. Suelos**

Para la elaboración de un mapa de suelo se debe tener en cuenta cual es la utilización o uso final de dicho mapa, en este caso los mapas recopilados pasarán a formar parte de una base donde se guarda toda la información cartográfica obtenida para la creación de una carta geoambiental.

Los suelos se los clasifican en:

- Clasificación Urbana
- Clasificación Geológica del Suelo (Ver mapa 6)

### **2.4.1 Clasificación urbana**

Esta clasificación la hizo el Municipio de Guayaquil con la finalidad de planificar e impulsar el desarrollo físico-espacial del Cantón, para este propósito en 1995 promulga una ordenanza para la planificación del uso del suelo la misma que debe interrelacionarse con la de los servicios básicos, el transporte y las comunicaciones, (ordenanza del plan regulador de desarrollo urbano de Guayaquil, Ordenanza / Plan-Reg. junio 21/2000, MING).

Además la normativa físico espacial vigente debe incorporar regulaciones relacionadas con la protección del medio ambiente, y la conservación de los recursos patrimoniales, arquitectónicos y urbanos. Y que debe incorporarse la participación de otras instituciones del sector público y de la sociedad civil, así como, establecer

mecanismos que permitan la permanente actualización de las previsiones del ordenamiento físico espacial y del desarrollo de la ciudad.

Las disposiciones de dicha ordenanza se aplicarán en el área urbana de la ciudad, en las áreas de expansión o crecimiento urbano, y en los desarrollos urbanísticos autorizados por la Municipalidad.

El suelo urbano se clasifica en:

- Suelo urbanizado,
- Urbanizable y
- No urbanizable.

Esta clasificación se expresa gráficamente en el mapa de “Uso del Suelo” (Ver mapa 5), pudiendo la misma variar en atención a la conversión del suelo urbanizable en urbanizado, sea por autorizaciones de desarrollos urbanísticos o por regularización de ocupaciones de hecho.

#### **2.4.1.1 Suelo urbanizado**

Es aquel que se encuentra dotado de infraestructura y servicios básicos, y/o el edificado en al menos el setenta y cinco por ciento (75%) de sus lotes. Se clasifica en:

### **Suelo urbanizado consolidado**

Cuenta con infraestructura y servicios básicos: red y/o servicio de agua potable, sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, y, red y servicio de provisión de energía eléctrica;



**Foto 2.10** Sector de urbanización San Felipe y territorios programados para urbanización.

En este sector (foto 2.10) se aprecia el suelo programado para urbanizarse. Actualmente, todo territorio urbanizable tiene que cumplir ciertas condiciones establecidas por el Municipio en sus estatutos u ordenanzas para obtener los permisos necesarios para su urbanización.

### **Suelo urbanizado no consolidado**

Carece, o dispone en forma insuficiente, de alguno de los servicios básicos indicados.



**Foto 2.11** *Suelos urbanizados no consolidados, en el cerro de Mapasingue*

En la Foto.2.11 se observa claramente edificaciones sin ningún tipo de control urbanístico, es notoria la falta de infraestructura y carencia de servicios básicos, por ende está clasificado dentro de suelos urbanizados no consolidados, al igual que sectores como: Guasmos, Isla Trinitaria, Los Esteros, etc.



### 2.4.1.2 Suelo urbanizable

Corresponde a áreas o territorios no urbanizados, pero que por su aptitud territorial están destinados a la expansión del suelo urbanizado. Se clasifica en:

#### **Suelo urbanizable programado**

Al que se le asignan usos y normas generales en función de previsiones para la dotación de redes y servicios de infraestructuras incorporadas al correspondiente Plan Parcial que permite programar su urbanización.



**Foto 2.12** Sector Mucho Lote, suelo urbanizable, programado para la urbanización que cuenta con todos los servicios básicos.

En la foto 2.12 se observa un suelo urbanizable o no urbanizado, ya que aun no cuenta con alcantarillado sanitario, pluvial, red y servicio de agua potable.

### **Suelo urbanizable no programado (SUNP)**

Al que por no haberse previsto la dotación de redes y servicios de infraestructura, no se programa su urbanización por lo que no se establecen normas de usos del suelo ni de edificación. Sin embargo en tal suelo, para precautelar su potencial, se consignan como prohibidos aquellos usos que le son incompatibles.

#### **2.4.1.3 Suelo no urbanizable**

Aquel que no puede ser destinado a usos predominantemente residenciales, industriales, comerciales y, o de servicios; corresponden a:

- No urbanizable por estar destinado a acuicultura, usos agrícolas, forestales o mineros.
- No urbanizable por corresponder a suelos de valor paisajístico y, o recreacional.
- No urbanizable por haber sido declarado insalubre, peligroso o inseguro, sea por condiciones naturales propias o por usos existentes o previstos.
- No urbanizable por haber sido declarado zona de reserva ecológica, refugio de vida silvestre, reserva biológica, reserva de producción de fauna, área de caza y pesca., o por haber sido declarado bosque y vegetación protectores o área nacional

de recreación.

En consideración de la limitación al derecho de dominio incidente en el suelo declarado no urbanizable, en virtud de los usos prescritos anteriormente, el propietario del predio podrá acogerse a los beneficios o indemnizaciones que prescriba la Ley.

Modificaciones a la calificación y tipificación asignada a un polígono particular de suelo no urbanizable, se podrá realizar de acuerdo a previo pronunciamiento e informes de La Comisión Permanente de Planificación y Urbanismo, de Asesoría Jurídica y DPLAN-G, podrá aprobar la reclasificación de Suelos No Urbanizables mientras se atengan a ciertas disposiciones en todo caso todo puede ser sujeto a cambio siempre que se sigan las normativas prescritas por el municipio en sus respectivas ordenanzas.

#### **2.4.2 Clasificación geológica del suelo**

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 la acción de la geodinámico externa.

La clasificación de suelos, desde el punto de vista geológico, establece suelos residuales, transportados y aluviáres existentes en el área de estudio está bien definido en el mapa de suelos (Ver Mapa de Suelos).

#### **2.4.2.1 Suelos residuales**

Son fundamentalmente arcillosos con una fracción mas o menos importante de cantos. Como tal son materiales de baja permeabilidad, ocupan área de mediana a fuerte escorrentía, por lo que, problemas relacionados con la infiltración y movimiento de aguas subterráneas, se ven reducidos (Cerro el Jordán), como son deslizamiento rotacionales del suelo, sin que esto excluya la posibilidad de su ocurrencia.



**Foto 2.13** *Suelos rojizos de gran potencia desarrollados en rocas silíceas de la formación Guayaquil. Sector San Pedro, al Oeste de la universidad Católica.*

La foto 2.13, es un perfil típico de estos suelos en la formación Guayaquil presenta el horizonte A como un suelo vegetal negro el mismo que puede ser observado en pocos sitios ya que las rocas de esta formación están sometidas a una intensa explotación y urbanización; el horizonte B con potencias de 1 a 3 m de suelo rojizo arcilloso, y el horizonte C de 3 a 30 m en roca meteorizada de color amarillo-rojizo.

Los suelos residuales desarrollados en las areniscas y brechas de la formación Cayo aparecen claramente a lo largo de los aforamientos de la Vía Perimetral donde el corte originado para la

construcción de la misma ha dejado expuesto suelo menos potentes que los de la formación Guayaquil. El horizonte A de pocos centímetros a un metro de suelo arcilloso orgánico negro. El horizonte B es típicamente una capa métrica de arcilla limo-arenosa color café rojizo. El horizonte C puede alcanzar potencias de 10 a 15 m. de roca meteorizada color café amarilloso. (Foto 2.16)



**Foto 2.14** *Vía Perimetral. Suelos residuales de la formación Cayo*

Los suelos desarrollados en las lutitas de la formación Cayo también son de color rojo o amarillo-rojizo, y más potentes que en las areniscas. Un caso muy visible es el del cerro Jordán y sus

alrededores, donde se han desarrollado potentes suelos de color rojo ladrillo (Foto 2.15).



**Foto 2.15.** Potentes suelos rojos “ferralíticos”. Alrededores del cerro Jordán.

Un estudio más reciente en el sector del relleno sanitario de Las Iguanas (“botadero” de basura) estableció un buen desarrollo – con espesores métricos – de arcillas rojas y verdes en el horizonte B del miembro basal calcáreo Calentura.

Los suelos desarrollados (horizonte B) en rocas de la formación Piñón (diabasas) son arcillosos de color café. Cuando las rocas de Piñón son brechas volcánicas, como en el relleno sanitario de Las Iguanas (Ver Foto 2.16), el horizonte B es muy profundo, con arcillas verdosas cloríticas y bentoníticas.



**Foto 2.16** Brechas volcánicas del tope de la formación Piñón en el relleno sanitario Las Iguanas que desarrollan potentes suelos rojizos de hasta 30 m de espesor. (Benítez S, 2005).

#### **2.4.2.2 Suelos transportados**

El proceso erosivo origina detritos que se depositan al pie de las colinas o en los cauces o valles incipientes (Foto 2.17), formando los suelos transportados. Este tipo de suelos que se forman lejos



de la roca madre. Pocos ejemplos fueron observados aprovechando excavaciones o perforaciones de obras civiles o canteras.



**Foto 2.17** Mapasingue, Avenida Las Aguas. Suelos transportados, material grueso removido

Estos suelos transportados de material grueso areniscas de grano grueso deleznales mezclados con lutitas de color verde de gran tamaño que fueron trasladadas para rellenar y estabilizar el suelo en estos terrenos de propiedad privada.

### 2.4.2.3 Suelos coluviales

Se forman al pie de una montaña o ladera producto del desprendimiento o arrastre de material de la montaña o ladera, se observa este suelo en los desprendimientos depositados en las laderas de cerro Azul; también se pueden observar estos suelos en las laderas meridionales en la cooperativa San Pedro (Foto 2.48) que alcanzan algunos metros de potencia; son típicamente *arcillas* rojas, duras al tacto en condiciones de sequedad pero muy plásticas en condiciones húmedas; presentan cantidades variables de bloques de lutitas silíceas (“chert”). En las laderas meridionales de estas colinas se presentan varios *conos de deyección*; un ejemplo de estos conos es visible en la Vía Perimetral a la altura del antiguo hipódromo. La ciudadela El Paraíso se asienta parcialmente sobre un cono de deyección.



**Foto 2.18** Suelos coluviales. Sector San Pedro, al Oeste de la universidad Católica.

#### **2.4.2.4 Suelos coluviales-aluviales**

Se encuentran en los cauces o pie de colinas del dominio erosivo, como los observados en Colinas de los Ceibos o en el Campus de la ESPOL. Son suelos de grano heterogéneo que va desde arcillas y limos hasta arenas y restos de conglomerado anguloso; alternan con capas arcillosas negras expansivas de origen lacustre y se acumulan a manera de abanicos aluviales. Estos suelos pueden presentar varios metros de potencia.



**Foto 2.19** *Deslizamiento de material coluvio-aluvial*

El material coluvial-aluvial que se observa en la foto 2.19 se trata de un deslizamiento de varios metros de potencia, comprendida por una gran masa que mezcla material volcánico grueso conglomerado bien anguloso en una matriz de arenisca de grano medio.

#### **2.4.2.5 Suelos aluviales**

Los suelos aluviales que existen 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-Babahoyo. Los terrenos superficiales constituyen zonas muy fértiles, formados por lodos, limos, arcillas y arenas flojamente compactados alrededor de los ríos que forman el drenaje del Río Guayas. Presentan una definición bien marcada en los límites orientales del área de estudio (por ejemplo, en la ciudadela Saucel VI) donde se presenta ya una influencia del macro-dominio de la llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo.

#### **2.4.2.6 Otros**

Los suelos deltaicos han sido transportados y depositados por el conjunto de canales que conectan a la ría o estuario del Guayas con el golfo de Guayaquil.

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

# CAPITULO 3

## 3. ÁREAS DEGRADAS POR URBANIZACIÓN Y MINERIA

La degradación es la alteración de las propiedades mecánicas del medio físico, teniendo en el intemperismo la génesis de la misma dando como resultado la formación de suelos.

Cuando sobre la superficie (corteza) se procede a la ejecución de cualquier actividad que implique la remoción de esta de hecho se esta cambiando una serie de aspectos (morfología, eliminación del suelo, modificación del paisaje y retiro en el peor de los casos de la cobertura vegetal) de modo acelerado, esto ha dado paso a la degradación antropogénica, siendo esta la razón por la que se considera el desarrollo urbanístico como una degradación, desarrollo que lleva de la mano y de forma generalizada para su emprendimiento, el concurso de una serie de actividades siendo entre otras la provisión de materiales de

construcción la que mas afecta al medio, por lo que la minería de modo especial la superficial la que promueve una de las mayores afectaciones al medio físico tanto durante su laboreo como por el abandono no planificado de la actividad.

### **3.1 Zonas sensibles a la degradación**

Son aquellas que, por su ubicación geográfica, son propensas a sufrir degeneración en su flora, fauna, suelo, contaminación de aguas subterráneas y producirse erosión por el asentamiento o explotación del suelo lo que ocurra primero.

La principal causa de la erosión observada en la ciudad de Guayaquil se debe a la tala indiscriminada de la vegetación. Entre las áreas más susceptibles a la erosión se tienen las partes altas de los cerros de la ciudad. Ejemplo de éstas son (Ver mapa 7):

- El cerro Jordán,
- el cerro Azul,
- el cerro donde se asienta la ciudadela El Paraíso,
- el cerro de Bellavista, y
- el cerro El Colorado.

### **3.2 Áreas degradadas por urbanización**

En las últimas décadas, el Ecuador asiste a una aceleración vertiginosa del crecimiento urbano. Esto ha afectado a Guayaquil,

tanto así que en los últimos trece años ha crecido en un 30% por los asentamientos anárquicos. Algunos de los asentamientos informales se ubican al Norte de la ciudad, entre éstos se anotan Bastión Popular (81.000 habitantes estimada al 2004), Paraíso de la Flor, Flor de Bastión, El Fortín, El Paraíso de la Flor, El Limonar, Juan Pablo II, Lomas de la Florida, Jardines del Salado, Cooperativa Pancho Jácome, El Fortín y Guerrero de El Fortín.

Cuando un área es utilizada para urbanización, el primer impacto que sufre el sector es la pérdida de sus bosques; en el caso de Guayaquil, es la pérdida de manglar y el bosque seco tropical.

El manglar es uno de los ecosistemas mas ricos en flora y fauna, y ocurre en las zonas de influencia del estero y del río, que en Guayaquil esto sucede en las zonas de bajas llanuras. El bosque seco tropical es un ecosistema único; la remoción de este produce una erosión acelerada.

El crecimiento de Guayaquil se da mediante urbanización planificada y asentamientos anárquicos:

En la urbanización planificada, tenemos a Urdesa en el norte de la urbe la primera en construirse y la ciudadela 9 de Octubre en el Sur.



Después en los años 60 se construyeron las ciudadelas Huancavilca, El Maestro y El Periodista también en el Sur de la ciudad, mas adelante aparecieron las ciudadelas la Floresta y la Saiba en el mismo sector. La ciudadela la Atarazana en el Norte de la urbe terminando este periodo de construcción con las ciudadelas de los Sauces y Alborada entre finales de los años 70 e inicios de los años 80.

Las urbanizaciones planificadas también tienen su consideración en el medio, ya que por las construcción de calles (asfalto o concreto) la infiltración de agua disminuye, afectando a la recarga de los acuíferos. Además la construcción de caminos, calles y excavaciones genera detritos lo cual conduce a la erosión acelerada.

Según un artículo del diario Expreso <sup>(2)</sup>, la población de invasores llega a 600.000 habitantes, todos carecen de agua potable, alcantarillado de aguas lluvias y servidas. El abastecimiento de agua potable se hace por medio de camiones tanqueros. Al no haber alcantarillado de aguas servidas, el uso de pozos ciegos y letrinas es indispensable; el problema de éstos, es que son un foco contaminante del subsuelo y por consiguiente para el agua subterránea presente en ciertos sectores.

---

2.- Diario Expreso, sección Guayaquil, 06 de Febrero de 2004.

Este registro de asentamientos y de áreas degradadas se presenta desde hace trece años. Pero desde hace tiempo más atrás, zonas como Mapasingue, El Guasmo, El Suburbio, entre otras, también fueron lugares de invasión. En dichas zonas invadidas se tuvo que rellenar ramales del estero y del Río Guayas. Con el paso del tiempo el Municipio de Guayaquil legalizó estos terrenos, adecuó calles asfaltadas, se construyó red de agua potable y alcantarillado de aguas lluvias, energía eléctrica y red telefónica, además de una buena señalización para la organización de la zona.

En los últimos tres años los asentamientos anárquicos no han cesado, ni han sido controlados, es por esto que hay nuevas invasiones al Noroeste de la urbe, tales como: Nueva Prosperina, Balerio Estacio, y otras de reciente formación.

Para hacer un análisis de las zonas degradadas por asentamiento poblacional en las cercanías de Guayaquil, es necesario sectorizar la ciudad (Ver mapa 8).

### **Esteros Salados**

El Estero Salado es uno de los ecosistemas naturales referentes de Guayaquil. Con diversas ramificaciones tiene un recorrido de 30

Kilómetros, que incluye al Puerto Marítimo, el sector Noroeste, Sur, Oeste y Suroeste de la urbe.

### **Llanura aluvial de Río y Estero**

Corresponde al Sur, Suroeste, centro y parte del Norte de la ciudad.

### **Llanura aluvial de Río**

Corresponde a la parte Norte de la urbe a partir del pie de los cerros Santa Ana y El Carmen, los mismos sirven de división natural.

### **Zona alomada**

Se encuentra al Noroeste de Guayaquil. Esta zona se caracteriza por ser la de mayor asentamientos informales de los últimos años.

### **Llanura aluvial de estero Puerto Hondo y pie de monte de la cordillera Chongón Colonche**

Se encuentra en la vía a la Costa, zona de crecimiento urbano planificado.

### 3.2.1 EL estero Salado <sup>(3)</sup>

Este ecosistema se ve afectado por los altos niveles de contaminación, olor fétido y acumulación de basura en sus riberas, en los sectores donde ha sido urbanizado o invadido.

Dado que el flujo y reflujo del Estero Salado es limitado a las mareas con poca traslación de masas, se dificulta la debida renovación de las aguas además, las descargas de aguas negras domesticas y residuales industriales han ocasionado una alarmante contaminación en este cuerpo de agua y en las zonas aledañas. Dicha contaminación se caracteriza por la hediondez y color negruzco de sus aguas.

La existencia de vida superior en esta agua, especialmente de especies que son parte de la cadena trófica del Golfo de Guayaquil, se ha visto afectado por la contaminación que ha irrumpido y/o disminuido las zonas circundantes a este brazo de mar.

Hace algunas décadas atrás, el Estero Salado era una fuente de proteínas accesibles para los habitantes de escasos recursos; y lugar de trabajos para pescadores artesanales.

---

3.- Basado en el estudio realizado por Lahmeyer y el M.I. Municipio de Guayaquil en el año 2000.

Para una mejor explicación del presente estudio, clasificaron al Estero Salado con sus ramales en tres zonas y dichas zonas se las subdividió en tramos.

- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3

### **Zona 1**

Corresponden a las áreas habitadas con servicios urbanísticos, agua potable y alcantarillado, existen residencias e industrias que descargan sus aguas domesticas y servidas a canales del estero. Los tramos en que se seccionó esta zona son:

Tramo A: Se incluye al ramal interior del Estero que se dirige al norte, represado entre las ciudadelas Urdesa y Kennedy.

Tramo B: El ramal interior que se dirige al noreste, comprendido entre el parque deportivo Miraflores y el puente de unión entre la ciudadelas Kennedy y Urdesa, al pie de la gasolinera. Cerca al limite norte del Campus de la Universidad de Guayaquil, sección entre la confluencia. En este se unen los tramos A y B.

Tramo C: Sección entre la confluencia de las secciones A y B y el Puente 5 de Junio.

Tramo D: Comprendido entre los puentes 5 de Junio y el de la calle 17.

Es la zona mas conflictiva, debido a que aquí están asentadas algunas industrias de la ciudad, muchas de estas egresas no disponen de tratamiento de aguas residuales y consecuentemente vierten sus desechos acuíferos en los canales de drenaje pluvial, o en los colectores del alcantarillado sanitario o directamente en el Estero Salado.

## **Zona 2**

Formada por áreas urbanas de reciente formación, no planificadas. No disponen de los servicios urbanísticos mínimos. Esta zona involucra a los esteros entre el Puente de la calle 17 (Ver Foto # 2) hasta Cuatro Bocas, y el estero Cobina.

Tramo E: Sección entre el Puente de la calle 17 y el Puente Portete.

Tramo G: Comprendido entre el estero Santa Ana y el extremo de la Isla Trinitaria, cerca del Puerto Marítimo.

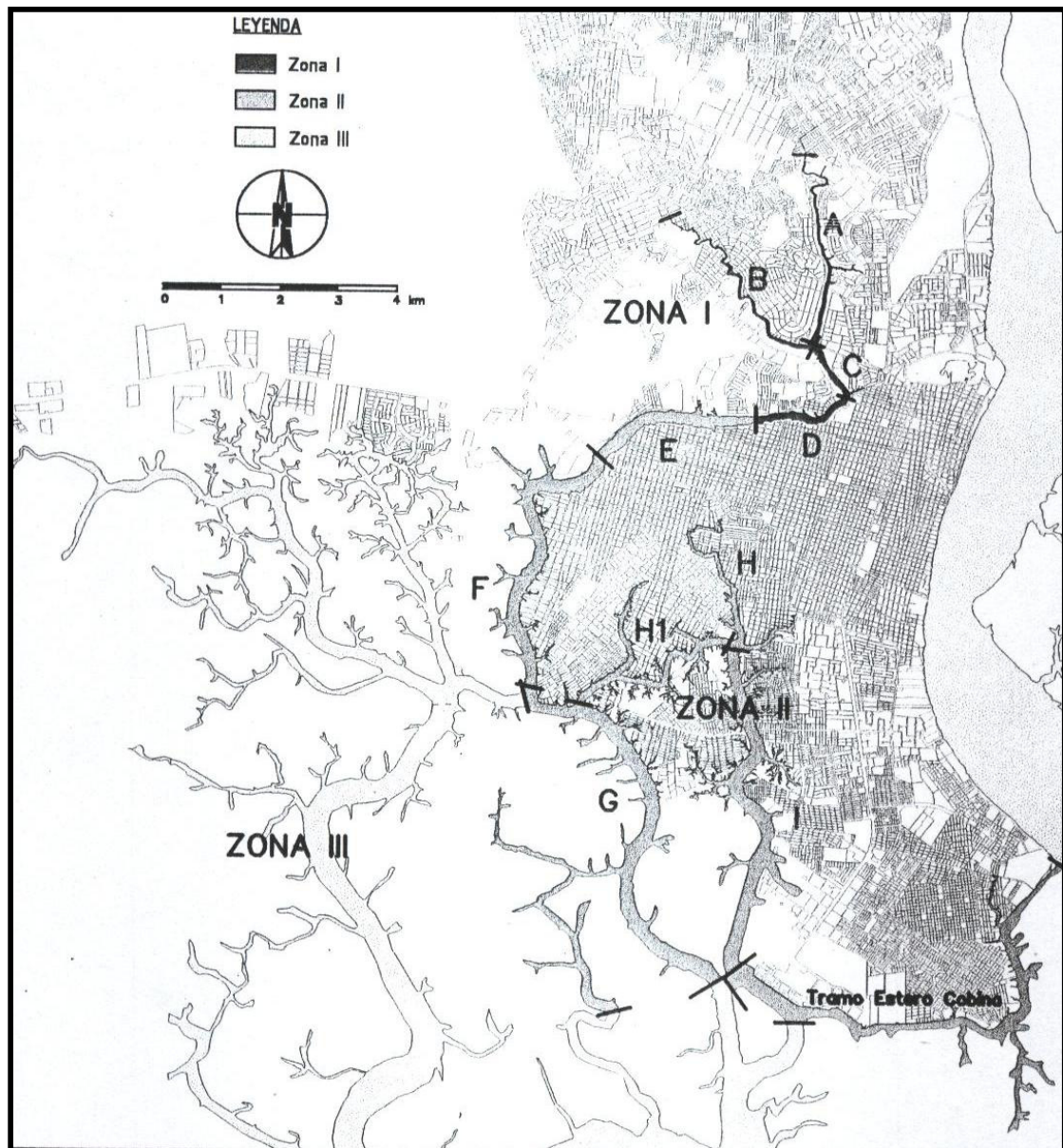
Tramo H: Sección entre Cuatro Bocas y el Puerto Marítimo.

Tramo estero Cobina: Ubicado entre el Río Guayas y el Sur de la Isla Trinitaria. En este estero esta ubicado el Puerto Marítimo.

Uno de los graves problemas de este sector es la construcción de viviendas a orillas del Estero, pues ante la falta de servicios básicos (recolección de basura), se opta por lanzar al agua los desperdicios. Este contribuye a la acelerada contaminación de Estero Salado

### **Zona 3**

Existe mínima influencia antrópica. No se tomara en cuenta para los propósitos del presente trabajo por encontrarse fuera del area de estudio propuesta.



**Figura 3.1** Zonificación del estero Salado, Lahmeyer – Cimentaciones, 2000.



### **3.2.1.1 Inventario de descargas**

Dicho estudio, establece que en el cantón Guayaquil hay:

- 542 Industrias activas
- 300 Fuentes de contaminación tales como:
  - Estaciones de Servicio
  - Estaciones de Termoeléctricas
  - Hospitales

### **3.2.1.2 Aguas servidas en zonas industriales**

El Estero Salado, se ha caracterizado por recibir aguas servidas proveniente principalmente, de la Av. Juan Tanca Marengo y Mapasingue Prosperina, las cuales constituyen las fuentes de contaminantes industriales del Estero Salado.

### **3.2.1.3 Aguas servidas de origen doméstico**

No existen estadísticas o alguna información sustancial al respecto en Guayaquil. Para propósito del presente tópico, se estimó un valor casi real.

Este cómputo se lo obtuvo a partir de la cantidad de agua servida que se drena, principalmente, en los colectores ubicados en los diferentes puntos de la ciudad.

Además para calcular la carga aproximada de contaminantes que entran al Estero Salado, procedieron a dividir la Cuenca del estero alto en 50 cuencas parciales.

#### **3.2.1.4 Aguas pluviales contaminadas**

El sistema del alcantarillado pluvial sigue, básicamente, las líneas de drenaje natural. Está conformado por diferentes tipos de canales y perfiles trapezoidales, rectangulares, abiertos en Mapasingue; y tuberías enterradas en Urdesa, Kennedy y otras áreas densamente urbanizadas. Este alcantarillado pluvial encausa las aguas lluvias por el camino más corto hacia los cuerpos receptores.

El cambio de aceite de los carros era una problemática que se daba en Guayaquil, ya que dicho material se lo lanzaba a las alcantarillas. Actualmente dicha operación esta a cargo de lubricadoras autorizadas bajo estrictas normas de manejo de aceite quemado.

La capacidad de escurrimiento de los sistemas, aparentemente, suficiente. Aunque, eventualmente, se presentan inundaciones en la parte baja de Mapasingue (Ver Foto 3.1) (Ver Tabla 3.1).

**Tabla 3.1** Contaminantes del estero Salado a través del Alcantarillado pluvial. Estimación situación hasta el 2000 (Lahmeyer – MI Municipio de Guayaquil, 2000)

Tramo del Estero Salado	A	B	C	D+E
Contaminación de:	<b>Kg. DBO<sub>5</sub> /d</b>			
Origen Industrial, Gasolineras y lavacarros(aceites, grasas)	1,360+100	1,870+100		350
Origen Doméstico	400 - 1330	1700- 3400	75- 150	600- 1200
Calles edificios contaminación superficial de lluvias	40 -130	170 - 340	15	60- 120
Total Tramos	1900 hasta 2920	38450 hasta 5710	90 hasta 165	1010 hasta 1670
Total Estero Salado en Zonas de alta contaminación	6800 hasta 10500 Kg. DBO <sub>5</sub> /d			

### 3.2.1.5 Desechos sólidos vertidos en los cursos de agua

Por esto, dichos autores elaboraron una estimación con suposiciones basados en las inspecciones de sitios.

A continuación, se muestran un tabla con los cálculos aproximados de la contaminación de las aguas del Estero Salado

por basura, en CC=100 Kg. DBO5/d (Ver Fotos 3.2, Tabla 3.2, Figura 3.2).

**Tabla 3.2** Contaminantes del estero Salado por basura (Lahmeyer – MI Municipio de Guayaquil, 2000)

Tramo del Estero Salado	A+B+C		D+E
Cantidad de basura por metro	1 Kg./m	3 Kg./m	<b>5 Kg./m</b>
Cantidad de Basura recibida por año (1)	A:	7200	21600
	B:	8800	26400
	C:	2200	6600
(Kg./año)	18200	/ 54600	49000
Contaminación correspondiente (2)	0,1 Kg.DBO5/m3	0,3 Kg.DBO5/m3	
(Kg./día)	01//90		27/80
Total	En promedio 100 Kg. DBO5/d (37 / 170 Kg.)		

**Se asume:**

- 1) 1kg hasta 3kg de basura/m/año, recibidas en cada orilla del Estero (tramo A-C), o hasta 5 Kg. de basura/año, recibidas en cada orilla del Estero (Tramos D,E) con un proceso específico de 0.5 Kg./m3. (material degradado)
- 2) 0.1 Kg. hasta 0.3 Kg. DBO%/m5 de basura, con descomposición en las aguas del Estero.

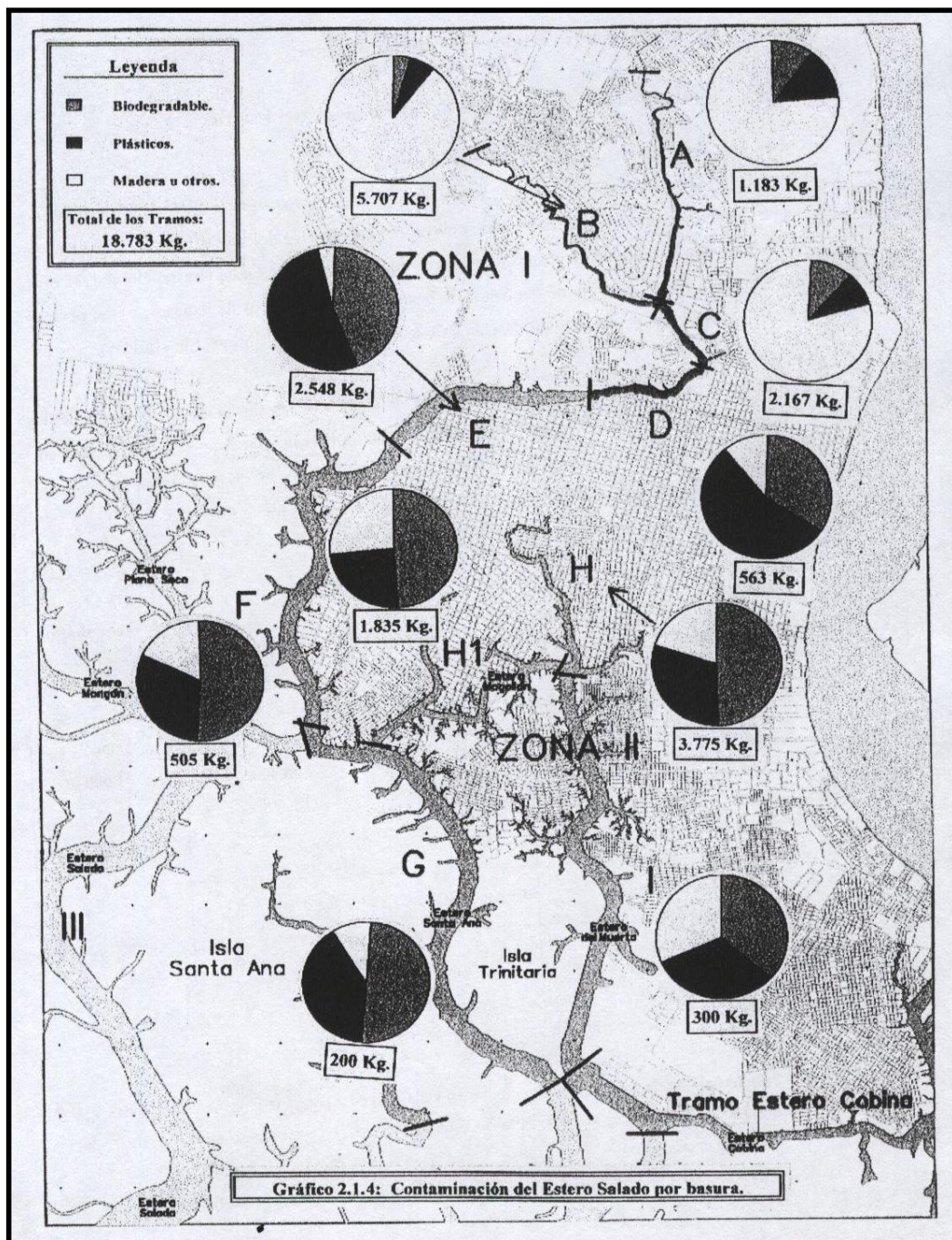


Figura 3.2 Contaminación del estero Salado por sólidos, Lahmeyer-M.I. Municipio de Guayaquil



**Foto 3.1** Tomada desde el puente de la 17. Aunque el municipio trata de mantener un estado completo de limpieza, aún se pueden observar descargas de aguas servidas industriales.



**Foto 3.2** Guasmo Central. Un ramal del Estero Salado no rellenado, lo que corrobora la contaminación y molestia que produce a la comunidad.



**Foto 3.3** *Isla Trinitaria. Desechos sólidos en la orilla del estero Salado.*

### **3.2.2 Llanura aluvial de río y estero**

Es producida por la influencia del Río Guayas y el Estero Salado, zona donde el manglar es el bosque primario. En el sector urbanizado, esta llanura fue cubierta por el asfalto de las calles y el concreto de las construcciones.

La presencia de ramales de río y estero caracterizan esta zona, algunos de estos ramales fueron rellenos con material pétreo y con basura. Estos tipos de relleno se convirtieron en focos de contaminación ya que es conocido la basura genera lixiviados por compresión, este producto penetraba en el suelo y en el subsuelo llegando a zonas saturadas presentes en el sector.

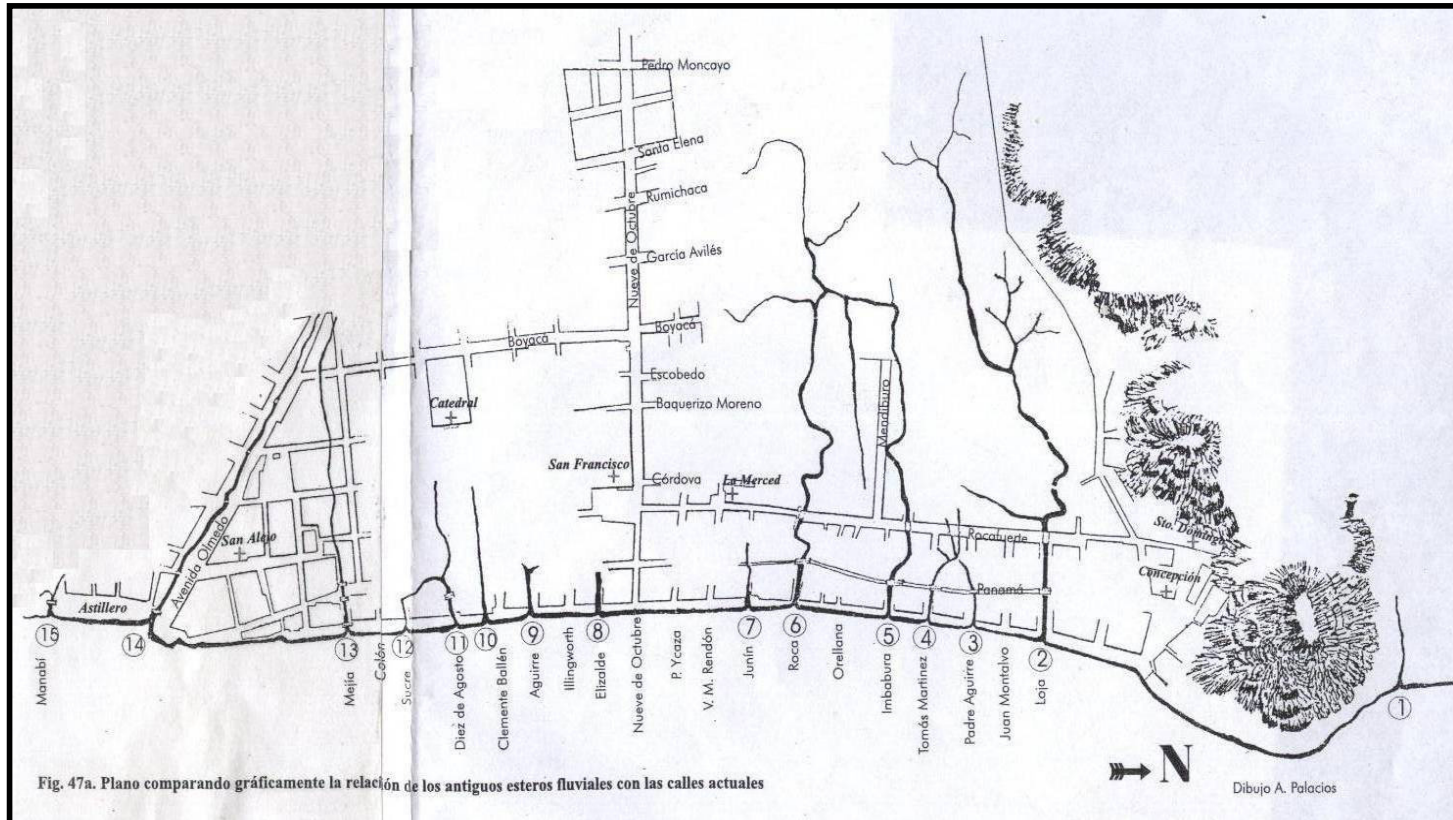
El relleno hidráulico se lo realizó en el Guasmo, las Malvinas y en la Isla Trinitaria. Este tipo de relleno consistía en dragar material del río y colocarlo sobre las zonas de bajas llanuras. En el mapa publicado en “La Guía Histórica de Guayaquil” se aprecia la distribución y orientación de los esteros fluviales hoy integrados al desarrollo urbanístico de la ciudad (Ver Tabla 3.3 y Figura 3.3)



**Tabla 3.3 Esteros fluviales en los diversos planos de Guayaquil con relación a las calles actuales, Estrada J, 2000**

	Alsedo 1741	Requena 1770	Pizarro 1779/85	Anónimo 1787	Villavencio 1858	Wolf 1887	Bocacalle Actual
1	Atarazana		Astillero				
2	Villamar <b>P</b>	Villamar <b>P</b>	S/n <b>P</b>	S/n <b>P</b>	Primero <b>P</b>	Tercero <b>P</b>	Loja
3	*	s/n	S/n <b>P</b>	S/n <b>P</b>	*	*	Padre Aguirre
4	Junco <b>P</b>	Carranza <b>P</b>	S/n <b>P</b>	S/n <b>P</b>	*	*	Tomás Martínez
5	Campos <b>P</b>	Morán	S/n <b>P</b>	S/n <b>P</b>	Segundo <b>P</b>	Segundo <b>P</b>	Callejón Najar <sup>^</sup>
6	Morillo <b>P</b>	Morillo	S/n <b>P</b>	S/n <b>P</b>	Tercero <b>P</b>	Primero <b>P</b>	Roca
7	Lárazo <b>P</b>	*	*	*	*	*	Junín
8	Fosso (norte)	S/n <b>P</b>	foso				Elizalde
9	*	S/n <b>P</b>	s/n				Aguirre
10	*	S/n <b>P</b>	(contaduría)				Ballén
11	*	S/n <b>P</b>	(Sala de Armas)				Diez de Agosto
12	*	S/n <b>P</b>	s/n				Sucre
13	Fosso (Sur)	Carrión <b>P</b>	(Carrión)		s/n		Mejía
14	*	<b>(E)</b>	(foso)		s/n	Saraguro	Avenida Olmedo
15	*	s/n	Astillero				Manabí

- \*: no lo incluye
- s/n: sin nombre; los “**nombres**” sin mayúsculas son puestos para efecto de identificación.
- (E): lo pone como estero
- **P**: con puente
- ^: el callejón Najar estaba un poco al norte de Imbabura



**Figura 3.3** Plano comparando gráficamente la relación de los antiguos esteros fluviales con las calles actuales, Estrada J, 2000

Los pocos ramales del Estero Salado que no fueron rellenados se encuentran muy deteriorados y contaminados, ya que son utilizados como basureros y receptores de aguas servidas. Estas condiciones propician que el agua despidan olores desagradables por la falta de oxigenación, y la proliferación de insectos que afectan a las comunidades aledañas (Ver Foto 3.4).

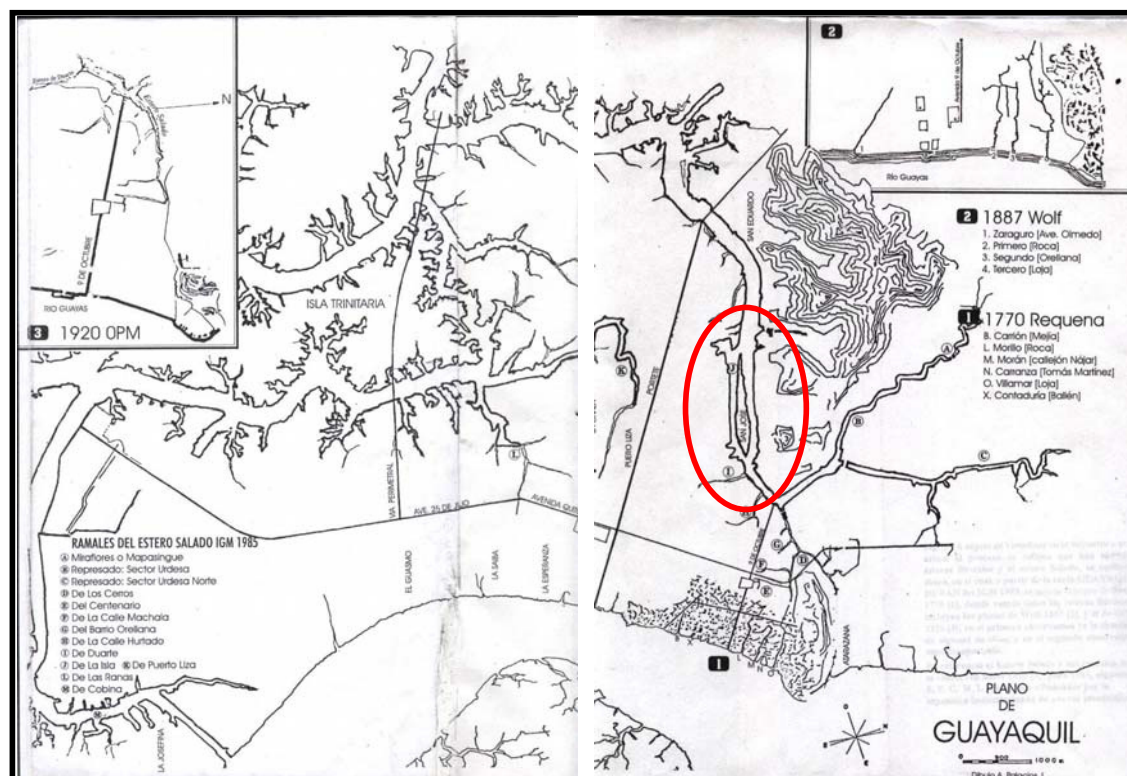
Actualmente, el Municipio ha provisto de calles asfaltadas a los terrenos invadidos; pero dichas tierras carecen de alcantarillado de aguas servidas y redes de agua potable.



**Foto 3.4** *Guasmo Central, un ramal del estero Cobina no rellenado.*

En el relleno hidráulico existen capas con espesores que van desde los dos metros hasta los 6 metros en relación con el relieve persistente.

En el sector suroeste de la urbe, existió una isla en uno de los ramales del Estero Salado, la misma que se perdió, debido que los rellenos para los asentamientos la unieron con la parte sur del valle del estero. Actualmente no presenta rastro de su existencia. “La Guía Histórica de Guayaquil” ilustra lo anteriormente mencionado (Ver Figura 3.4).



**Figura 3.4** Ubicación de la Isla San José, Estrada J, 2000.

Sobre esta llanura se desarrolló uno de los ecosistemas mas ricos de la región litoral, el manglar, el mismo que lentamente, ha sido eliminado por los efectos de crecimiento de la ciudad (Ver Foto 3.5).



**Foto 3.5** Isla Trinitaria. Asentamiento poblacional en ecosistema manglar.

### **3.2.3 Llanura aluvial de río**

Desarrollado por los aportes sedimentarios del Río Guayas. Sobre este se dio el crecimiento urbanístico de la Atarazana, FAE, Garzota, Alborada (primeras etapas), Sauces (menos etapa VII y parte de Sauces IX), Guayacanes. Incluye también meandros abandonados, como es el caso de las ciudadelas Samanes, Guayacanes y Sauces. Estos caracteres de la llanura aluvial han sido reconocidos y mapeados a través de fotointerpretación en la tesis de M. Mite, 1990.

Esta sección de la urbe fue debidamente planificada, por tanto es un área urbanas organizada con toda la infraestructura que requirieron su desarrollo requirió como son la organización de calles y puentes, alcantarillado pluvial y de aguas servidas, servicio de luz eléctrica y telefónica. La remoción de grandes cantidades de material pétreo para las áreas de construcciones sobre pendientes pronunciadas como el caso de las lomas de Urdesa fue un trabajo coordinado, dichas construcciones no corren peligro.

#### **3.2.4 Llanura aluvial del estero Puerto Hondo y Pie de Monte de la cordillera Chongón Colonche**

Recientemente el municipio lo incluyó como zona de urbanización. Es un área relativamente nueva, los problemas a futuro no representarán un mayor impacto ambiental, ya que la urbanización se lo hace de forma organizada. Este sector se caracteriza también por poseer zonas mineras y pobladores ancestrales.

Un eventual problema venidero los constituyen las crecientes descargas no tratadas de la minería y urbanización que se arrojarían al Estero Puerto Hondo. Este hecho conllevaría a la degradación de la fuente de agua de mejor calidad que tiene Guayaquil para el esparcimiento (Balneario Puerto

Hondo), tal como sucedió en el Estero Salado. Una alternativa a considerar sería enviar las mencionadas descargas a un área de tratamiento.

### **3.2.5 Zona alomada**

Esta sección se ubica en las estribaciones de la cordillera Chongón-Colonche, a partir de los cerros del barrio San Pedro y ciudadela Bellavista, sobre rocas de las formaciones San Eduardo, Guayaquil y Cayo.

La característica de este sector son las laderas de pendientes con pronunciada deforestación, remoción de suelo, áreas de fácil escorrentía, etc. Todos los factores erosivos están presentes (Ver Foto 3.6).



**Foto 3.6** *Balerio Estacio. Asentamientos anárquicos en laderas muy pronunciadas*





**Fotos 3.7, 3.8 y 3.9** Bastión Popular, Bloque 10. El material arrastrado por el agua, pendiente abajo es evidente, toda la calle asfaltada ha sido cubierta de un material café rojizo, color característico de los suelos de la formación Cayo. Este material es parte del suelo que se ha desprendido de la colina.

La falta de alcantarillado pluvial ocasionan acumulación de agua en las calles en las zonas bajas, erosión del suelo y arrastre de material de las zonas altas (Ver Foto 3.10).



**Foto 3.10** Guerrero del Fortín, Se observa acumulación de agua por falta de alcantarillado pluvial, además de material lodoso o fangoso arrastrado por el agua.



**Foto 3.11** Bastión Popular, Bloque 1A. Se puede apreciar el agua lluvia acumulada en una de las vías de acceso al sector por la falta de alcantarillado pluvial.

En esta sección, hay zonas que cuentan con construcciones que se han ejecutado sobre pendientes pronunciadas o inestables (Ver Foto 3.12).



**Foto3.12** *Balerio Estacio. Construcción de viviendas sobre pendiente muy pronunciada.*

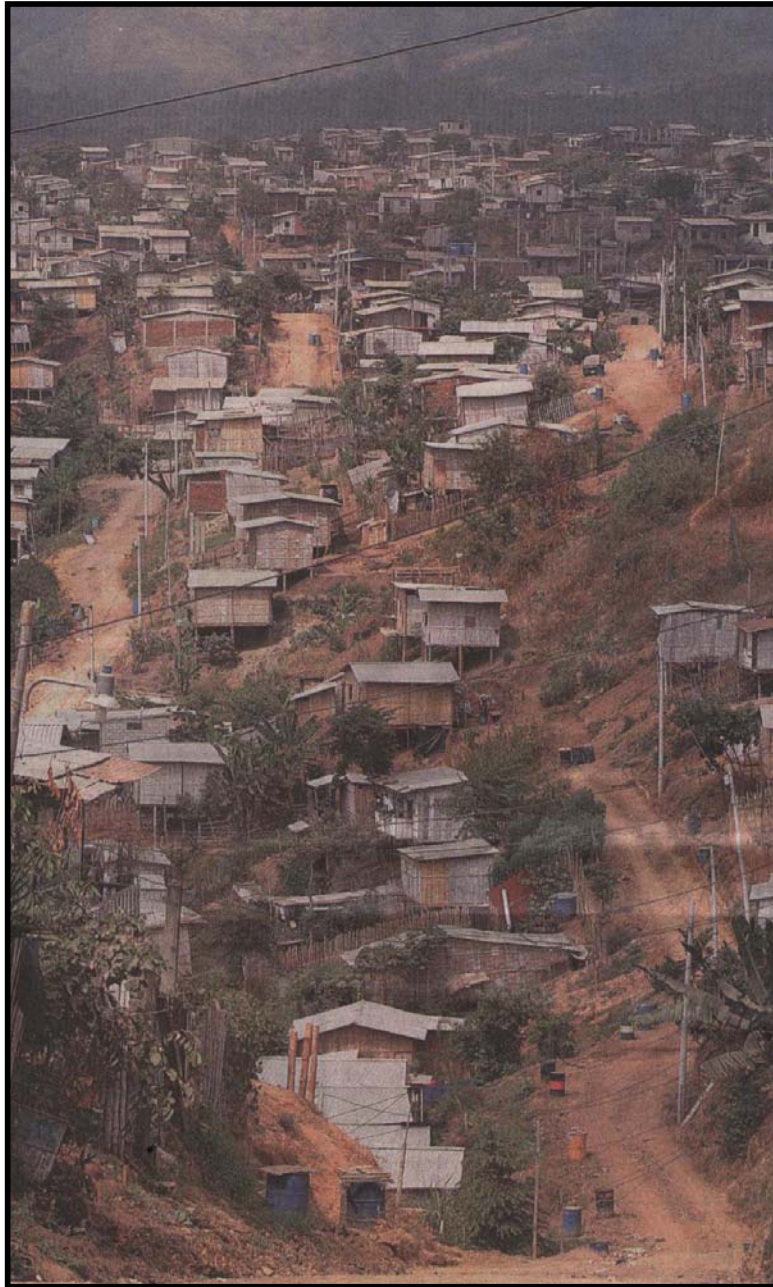
### **3.2.6 Asentamientos anárquicos en Guayaquil**

“Nuevos asentamientos dan Forma a la ciudad del Futuro” dice el título del artículo del diario El Universo del 10 de Julio de 2005. Este relato trata sobre los nuevos asentamientos informales ubicados en el Noroeste de Guayaquil. Dado que son terrenos agrícolas, dan paso a rústicos habitáculos que comprenden cuatro pilares, paredes de caña o tabla y techos de plástico o zinc.

Estos nuevos asentamientos se ubican a partir de la Vía Perimetral noroeste de Guayaquil, desde las faldas de Cerro

Blanco cerca de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, hasta los alrededores de la Penitenciaría, por el norte, y unos 30 kilómetros adentro, hacia el Oeste.

La ocupación informal de este sector comenzó en 1990, según el folleto *Indicadores Urbanos Ciudad de Guayaquil*, elaborado por la Municipalidad y las Naciones Unidas (Ver Figura 3.5 y Fotos 3.13 a la 3.17, Ver mapa 9).



**Figura 3.5** *Vías de tierra de la cooperativa Horizonte del Guerrero se deslizan hasta el límite con el bosque protector Cerro Blanco, al Noreste de la ciudad, El universo, 10 de Julio 2000.*



**Foto 3.13** Foto panorámica de Balerio Estacio, tomada desde las coordenadas UTM 614519 / 9766803 vista hacia el Norte



**Foto 3.14** Vista panorámica del paraíso de la Flor, tomada desde la vía Perimetral. Se aprecia cómo una gran planicie ha sido invadida.



**Foto 3.15** Vista panorámica de la Cooperativa Paraíso de la Flor, tomada desde la vía Perimetral.





**Foto 3.16** Vista panorámica de El Fortín. Se aprecian dos cerros, de los cuales uno de ellos no ha sido habitado en su plenitud, y aún se conserva la vegetación en su parte superior.



*Foto 3.17 Vista Panorámica del cerro de Mapasingue ladera Norte, tomada desde la Avenida Juan Tanca Marengo.*

### 3.3 Áreas degradadas por minería

Las canteras se ubican en la Formación Cayo. Las rocas de dicha formación son las lutitas y areniscas, siendo muy fácil su explotación; de esta manera se atiende los grandes volúmenes de cascajo que la ciudad viene requiriendo desde su fundación, para el relleno de la extensa llanura aluvial, tal como sucedió con el Guasmo y el Suburbio.

La explotación de arena también caracteriza a Guayaquil, ya que el Río Guayas transporta sedimentos y los deposita en su cuenca baja. Esto hace que algunos depósitos de arena se ubiquen en el sector.

La minería en Guayaquil se la puede dividir en tres etapas (Ver mapa 10):

- Primera Etapa, las primeras canteras que existieron en Guayaquil hasta la década del año 1950.
- Segunda Etapa, se ubican en lo que hoy es Bellavista, y Ferroviaria, Urdesa central y Urdesa Norte, entre los años 1950 y 1980.
- Tercera Etapa, explotación y ubicación actual de las canteras, a partir del año 1980

### **3.3.1 Primera etapa**

Se inició junto con la ciudad. Se ubicaba en lo que actualmente se lo conoce como el cerro Santa Ana y del Carmen, anteriormente, se lo conocído como el Cerrito Verde, constituyen la primera

Estas canteras fueron abandonadas sin cierre técnico, por lo cual han dado y siguen dando problemas. Esta situación la podemos apreciar al Suroeste del Cementerio General, se han realizado trabajos de estabilización de taludes porque la imagen del corazón de Jesús estaba afectada por inestabilidad.



**Foto 3.18** *Trabajos de estabilización al pie del monumento del Corazón de Jesús del lado del cementerio, marzo 2005. Sitio cantera, de donde se explotó material pétreo para relleno.*

### **3.3.2 Segunda etapa**

A medida que la ciudad crecía era necesario que las zonas de explotación de material se trasladaran a otro sector. Este hecho provocó que las nuevas canteras se ubicaran, en lo que ahora se conoce como Bellavista (Avenida C.J. Arosemena y Avenida Presidente J.M. Velasco Ibarra), y Ferroviaria (calles Agustín Querol y Subirats, la calle del Puente 5 de Junio y la Avenida Barcelona Sporting Club).

En San Eduardo también existió una cantera de la cual, la Cemento Nacional extrajo roca caliza material básico para la industria del cemento.

En esta etapa de explotación se apreciaba que las minas abandonadas también presentaban problemas en su cierre; en casi todos estos sectores han quedado taludes con pendientes pronunciadas, representando un peligro para las urbanizaciones aledañas.



**Foto 3.19** Cerro de Bellavista. pendiente muy pronunciada, además una construcción que no debería estar en este sitio por el latente peligro de desprendimiento de bloques de areniscas calcáreas con lutitas síliceas.

En el sector de la antigua cantera de San Eduardo, casi toda la caliza fue extraída. Actualmente, se sigue explotando pero en menor cantidad.



**Foto 3.20** Antigua cantera San Eduardo, aun se explota caliza en el sector.

### **3.3.3 Tercera etapa**

Es la explotación actual, o en donde se ubican actualmente las canteras. Estas se encuentran en:

- La Vía Perimetral
- Vía a la Costa, junto con las nuevas urbanizaciones de Guayaquil
- Cerro la Germania
- En la nueva vía Pascuales-Terminal Terrestre, que debido a la construcción de ésta, se abren nuevas canteras en dicho sector
- Cerro Colorado



**Foto 3.21** *Cantera HUAYCO, ubicada en la Vía a la Costa*

La problemática que se puede presentar a futuro es que las descargas no tratadas tanto de las canteras como las de las nuevas ciudadelas de la Vía a la Costa, vayan a parar al Estero Puerto Hondo. Como se había mencionado anteriormente, esta situación provocaría la destrucción de dicha reserva ecológica. Además del agotamiento de los recursos (calizas), cambio drástico del paisaje, nueva estructuración de taludes de grandes proporciones, que por consiguiente creación de áreas inestables. La generación de material grosero, que periódicamente en temporada invernal colmatará los cauces e incluso inundará las pistas de la vía a la Costa como los que se han dado en la vía Perimetral.



# **CAPITULO 4**

## **4. Sistema de información geográfico del Mapa Geoambiental**

### **4.1 Aspectos técnicos.**

#### **4.1.1 Georeferenciación**

La información cartográfica usada para el diseño del mapa geoambiental de Guayaquil ha sido muy extensa, abarcando desde mapas antiguos publicados hasta mapas digitales proporcionados por diversas instituciones. Los parámetros técnicos básicos de ingreso de información cartográfica digital son:

- Sistema de coordenada UTM 17 zona Sur
- Datum PSAD 56

- Error RMS 0.2 m para digitalización.

#### **4.1.2 Programas utilizados**

Para el procesamiento, corrección y análisis de la información cartográfica, se utilizó los siguientes programas:

- Autocad 2004
- Arcview 3.2
- Image Analysis
- Spatial Analyst
- 3d Analyst
- Idrisi

##### **Autocad 2004**

Es una potente interfase de trabajo para diseñar y dibujar objetos en dos y tres dimensiones con las herramientas necesarias para obtener información espacial de datos vectoriales. Con este programa se procedió a la digitalización y edición de la cartografía básica como la del IGM, para su posterior ingreso al SIG.

##### **Arcview 3.2 SIG**

Es un gestor de Sistemas de Información Geográfico que integra información alfanumérica con información vectorial procedente de una

imagen raster o gráficos CAD. Sus módulos Image Analyst, Spatial Analyst, 3-D Analyst, sirven de herramientas para la creación y análisis de diversos tipos de información tanto raster como vectoriales: georeferenciación y vectorización de fotografías aéreas y de satélite, creación y edición de modelos digitales del terreno, entre otros.

ArcView 3.2 recibe la información digitalizada, para su posterior procesamiento y análisis. Con ayuda de este sistema, se llevó a cabo el diseño del SIG del Mapa Geoambiental, en el que se diseñaron menús personalizados para el despliegue de la información básica, temática así como también para el diseño de mapas temáticos.

### **Image Analysis**

Este programa es una extensión de arcview y sirve como herramienta para georeferenciar imágenes escaneadas, para su posterior digitalización y análisis.

### **Idrisi**

Las imágenes de satélite obtenidas y utilizadas fueron procesadas con *Idrisi*, un compacto procesador de imágenes, muy útil y ligero. Su herramienta de exportación y conversión de formatos sirvió para que

determinada información sea cambiada de formato y poder ser ingresada al SIG.

#### **4.1.3 Digitalización**

Para el proceso de digitalización se escaneó la información con una resolución de 300 dpi para posteriormente georeferenciarlos. Cada tipo de información fue digitalizado en pantalla, editado y luego ingresado sus atributos a una base de datos cartográfica.

#### **Cartografía básica**

Para la realización de la cartografía básica fueron digitalizados los mapas topográficos del IGM a escala a 1:50.000 del área de estudio, los cuales incluyen:

- Guayaquil, 1998
- Pascuales, 1998
- Cerro Azul, 1982
- Chongón, 1998

Se digitalizó también:

- La Batimetría del Río Guayas, INOCAR -1982
- La Ciudad de Guayaquil, MIG-2000
- Cobertura y uso, CLIRSEN-1999

Además se digitalizó la batimetría del Río Guayas, Estero Cobina, la Carta Geológica de Guayaquil, la Cobertura y Uso del Suelo realizado por el DINAREN.

Toda esta información se la procesó directamente con autocad y posteriormente fue ingresada al SIG.

#### **4.1.4 Diseño del SIG – GeoGYE**

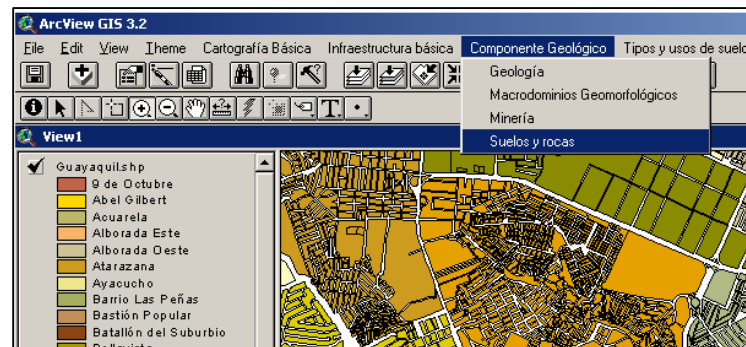
Para el diseño del SIG – GeoGYE 2005, se utilizó Arcview 3.2.

Con la ayuda de este sistema se diseño menús personalizados para el despliegue de la información, así como botones de consultas preestablecidas y herramientas de análisis.

Cada información que ha sido ingresada al SIG – GeoGye 2005 está representada por una capa de información que corresponde a un archivo, y relacionado con su correspondiente base de datos que describe cada uno de los elementos almacenados. Todas las capas de información están georeferenciadas bajo el mismo sistema de coordenadas y datum mencionados, por lo que es muy fácil hacer el despliegue, montaje y análisis de las mismas.

Los menús diseñados son los siguientes:

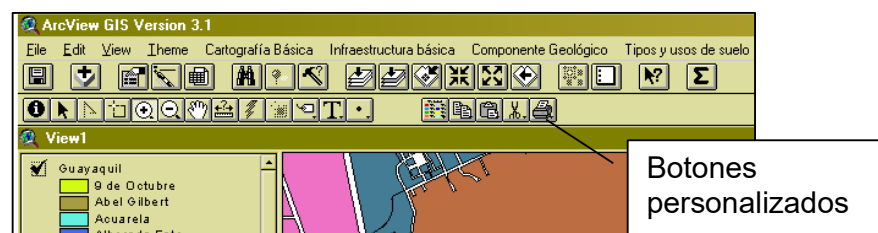
- Cartografía básica.
- Infraestructura.
- Geomorfología.
- Temáticos.



**Figura 4.1** Menús personalizados en Arcview

También se diseñaron botones de ayuda, como:

- Cortar, copiar y pegar.
- Mostrar y ocultar leyenda.
- Imprimir.
- Consultas preestablecidas.



**Figura 4.2** Botones personalizados en Arcview

## **4.2 Información utilizada.**

La información requerida para el diseño del SIG GeoGye 2005 es la siguiente:

### **Topografía**

Se digitalizó las cartas 1:50000 del IGM, de diferentes años, correspondiente al área de estudio.

### **Geología**

La información geológica fue recogida de un mapa presentado por el Ing. Benítez 2005 a una escala de 1:50000, que posteriormente fue digitalizado e ingresado al SIG, (Ver mapa 1).

### **Macrodominios Geomorfológicos**

Mapa de macrodominios geomorfológicos del estudio del Ing. Stalyn Benitez, 2005, digitalizado e ingresado al SIG (Ver mapa 2).

### **Estaciones de muestreo**

Sitios de las estaciones de muestreo de las salidas de campo, (ver mapa 3).

**Litología**

Se consideró como base el mapa geológico del Ing. Stalyn Banítez, a partir del cual y de las observaciones realizadas en las diferentes salidas de campo se determinó la litología del área de interés, (Ver mapa 4).

**Suelos, según clasificación urbana**

Mapa de Uso de suelo de la MIG, (Ver mapa 5).

**Suelos y rocas**

Los tipos de suelos y rocas, en las zonas de Guayaquil y sus alrededores. (Ver mapa 6).

**Zonificación para análisis de degradación por urbanización**

Se zonifica Guayaquil de acuerdo a aspectos geológicos, (Ver mapa 8).

**Etapas de asentamientos anárquicos**

Las diferentes etapas de desarrollo de los asentamientos anárquicos en la urbe, (Ver mapa 9).



**Zonas mineras**

Ubicación de las Zonas Mineras de Guayaquil, desde la década de los 50, (Ver mapa 10).

**Parroquias urbanas**

Área de cobertura correspondiente a las parroquias urbanas, (Ver mapa 11).

**Sitios de deslizamiento**

Detalla las áreas susceptibles a deslizamiento, (Ver mapa 12).

**Sitios de inundación**

Describe las áreas afectadas por posibles inundaciones, (Ver mapa 13).

**Zonificación de áreas sensibles a deslizamientos**

Ubicación de zonas sensibles a deslizamientos, (Ver mapa 14).

**Zonificación de áreas sensibles a inundación**

Ubicación de zonas sensibles a inundación, (Ver mapa 15).

### **Zonificación sísmica**

Áreas sensibles a riesgo sísmico, (Ver mapa 16).

### **Cobertura y uso de suelo, Clirsen 1999**

La información de la cobertura y el uso del suelo según Clirsen 99, abarca gran parte del área de estudio.

## **4.2.1 Análisis Multitemporal del crecimiento de Guayaquil**

### **4.2.1.1 Recopilación de información**

Para el presente análisis, se recopiló diversos mapas publicados en distintos periodos de tiempo, con un registro desde el año de 1770 hasta el presente. Cabe mencionar que la mayoría de éstos, no presentan una escala adecuada, ya que no fueron levantados con la tecnología que hoy poseemos para realizar mapas con precisión, sin embargo la calidad es aceptable y guardan relación con ciertos rasgos geográficos y urbanísticos existentes en la actualidad.

#### **4.2.1.2 Análisis de mapas**

##### **Guayaquil 1770**

En el mapa de esa época se observa la presencia de cuatro esteros: estero de Murillo, estero de Morán, estero de Carranza y estero de Villamar, como se muestra en la figura 4.3. Estos esteros están muy bien definidos, los cuales están cruzados por un puente de madera que une el Guayaquil antiguo asentado en lo que hoy es el Barrio de Las Peñas y la Iglesia de San Vicente con Guayaquil nuevo que abarca la zona actual del centro de la ciudad.

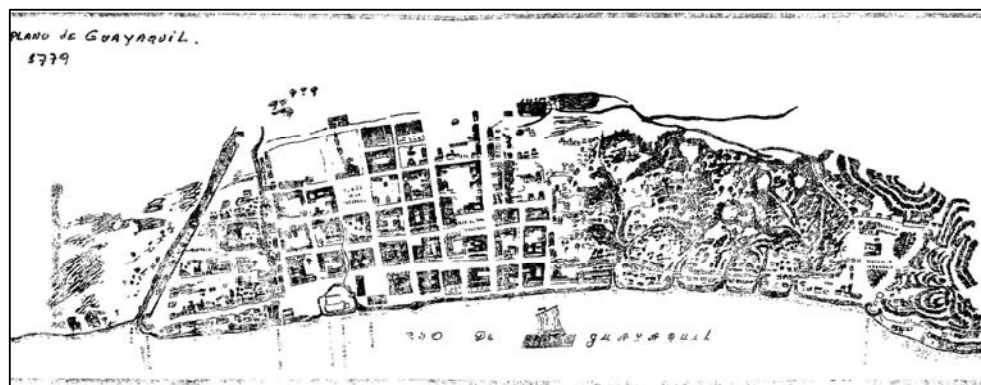
El estero de Morán parece que desemboca en una laguna, la cual estaría ubicada en lo que hoy es el MAG. Es muy notorio la existencia de manglar en gran parte de lo que hoy es el Parque de la Madre. En la parte central del mapa podemos distinguir un estero (Estero de Carrión), que penetra de manera perpendicular a la línea de costa que forma el río Guayas.



**Figura 4.3** Plano de Guayaquil de 1770. Estrada J, 2000

### Guayaquil 1779

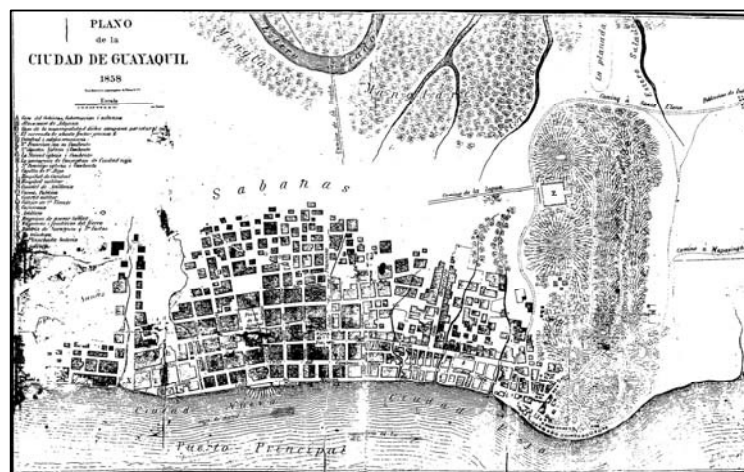
Plano de Pizarro, en el que ratifica la presencia del estero de Carrión, observado en el plano anterior y cuya desembocadura la ubica por la calle Padre Aguirre.



**Figura 4.4** Plano de Guayaquil de 1779. Estrada J, 2000

### Guayaquil 1858

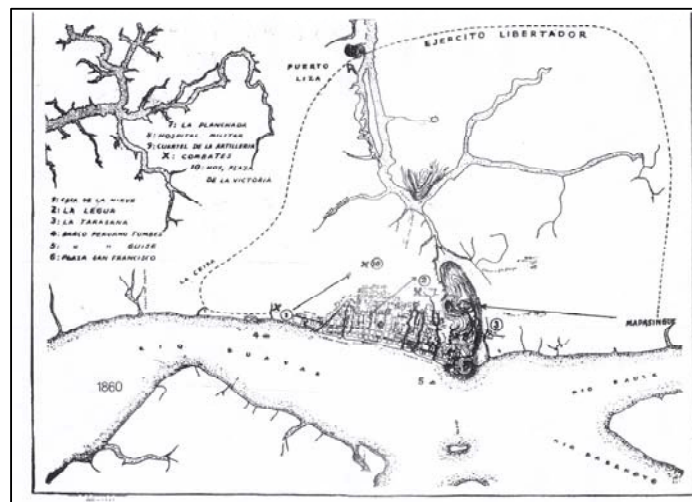
En este mapa solo se observan tres esteros, de los cuatros que se mencionó en los párrafos anteriores. Al parecer, el estero de Carranza que es el más pequeño y el que menos penetra en tierra firme fue rellenado. Se observa además, una parte del estero Salado, lo que hoy forma parte del puente “5 de Junio”, los sectores de la Universidad de Guayaquil y barrios del Norte y Oeste de la urbe, pero no se tiene información de que si existía manglar u otro tipo de vegetación en esas zonas. En otra versión del mismo año se puede observar un estero que se une con un canal de drenaje a la altura del hospital de la Caridad, lo que actualmente es el sector del palacio municipal.



**Figura 4.5** Plano de Guayaquil de 1858. Estrada J, 2000

### Guayaquil 1860

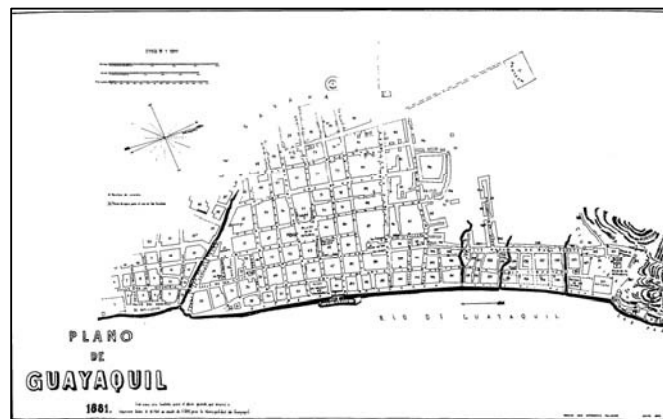
En este mapa se observa mejor los Cerros del Carmen y Santa Ana, así como también lo que hoy es La Ferroviaria. Se aprecia la existencia de los tres esteros que separaban la ciudad vieja de la nueva. No se detalla la presencia de manglar o zonas cubiertas por otro tipo de vegetación, pero debido a la características de las zonas, se presume que aún existían, pero en menor hectareaje. Se detalla por primera vez un ramal del estero salado que llega casi hasta la falda del Cerro del Carmen, lo que hoy es El Cementerio General. También, es importante destacar la presencia de un banco de arena o una pequeña isla a la altura de Puerto Lisa.



**Figura 4.6** Plano de Guayaquil de 1860. Estrada J, 2000

### Guayaquil 1881

Lo más notorio en este mapa es el crecimiento de la urbe hacia la vía que se dirige al estero salado, y que corresponde a lo que hoy es la Av. Nueve de Octubre y el Puente Cinco de Junio. Se destaca además, la zona industrial ubicada en el Barrio del Astillero que está al Sur del estero Zaraguro, equivalente a lo que hoy es la Av. Olmedo, antiguo límite de la ciudad nueva. En este mapa, al igual que en el anterior, no se detalla las zonas de manglares, pero existen nombres de calles que dan ha entender la existencia de estos, como “la Calle del Cangrejo”.



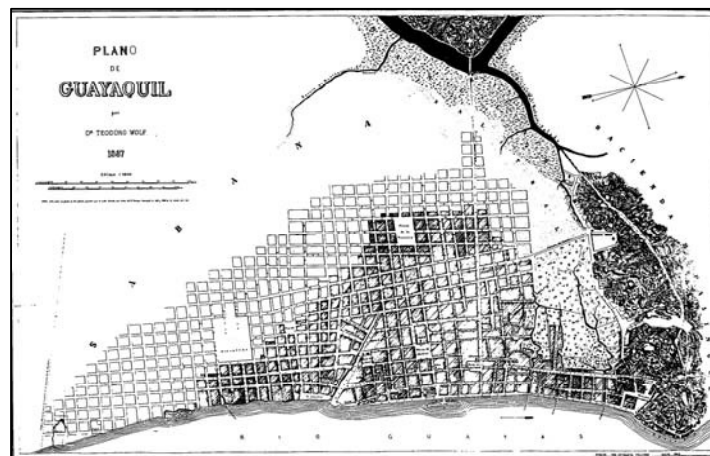
*Figura 4.7 Plano de Guayaquil de 1860. Estrada J, 2000*

### Guayaquil 1887

Se nota un crecimiento considerable de la ciudad de casi un 100 % de su área urbana. Es notorio el crecimiento de la misma a lo largo

de la ría, los sectores que hoy son la Av. Eloy Alfaro, la Plaza de La Victoria y zonas del sur, así como también a lo largo de la Av. Nueve de Octubre dirigiéndose al Puente Cinco de Junio. Se detalla con mayor precisión la conformación de las manzanas.

En la zona del Parque La Madre y sus alrededores se observa en detalle una zona de vegetación y esteros no desarrollados. Se sigue notando los tres esteros detallados en los mapas anteriores. La Atarazana y gran parte del Norte de la ciudad aparece con el nombre de “Hacienda Mapasingue”.



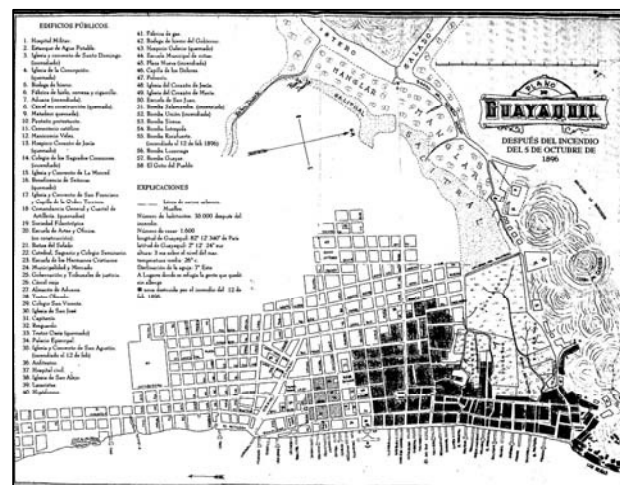
**Figura 4.8** Plano de Guayaquil de 1887. Estrada J, 2000

### **Guayaquil 1896**

Se destaca las zonas afectadas por el gran incendio que sufrió la ciudad, pero es notorio que ya lo que era el estero Zaraguro se encuentra relleno con lo que hoy es la Av. Olmedo. Se nombra



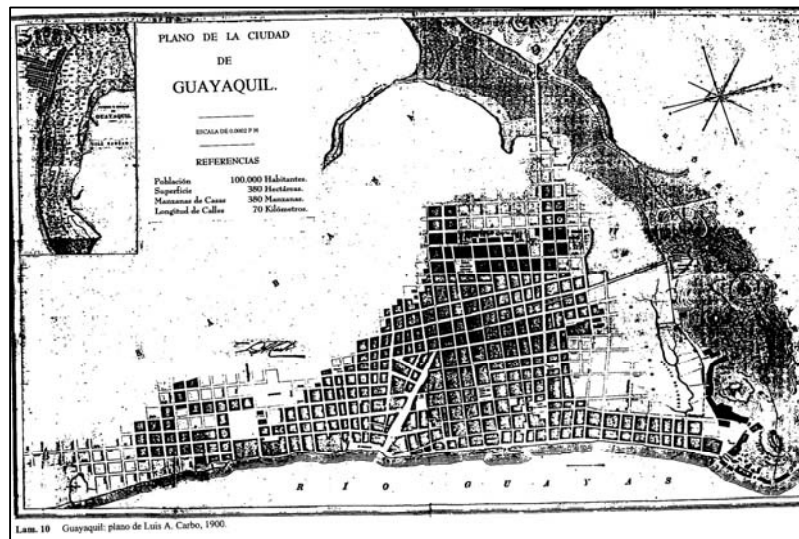
al sector del Parque La Madre como potreros y se define una zona de manglar y salitral a lo largo del estero Salado. Se puede distinguir mejor el estero Duarte y las zonas de manglar a su alrededor. Existe un puente que corresponde a una parte del actual Puente Cinco de Junio. También se nota en las faldas del Cerro del Carmen un asentamiento que corresponde al manicomio Véliz, con un desarrollo urbano en ese lugar.



**Figura 4.9** Plano de Guayaquil de 1896. Estrada J, 2000

### Guayaquil 1900

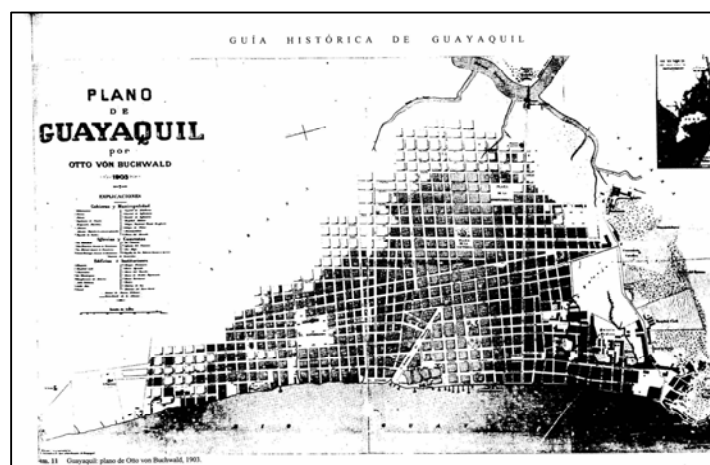
Se detalla la superficie total de la ciudad en 300 ha, con una población de 100.000 habitantes y con 380 manzanas. Un detalle muy importante es que los tres esteros que separaban la ciudad nueva de la vieja están rellanados y uno se encuentra represado.



**Figura 4.10** Plano de Guayaquil de 1900. Estrada J, 2000

### Guayaquil 1903

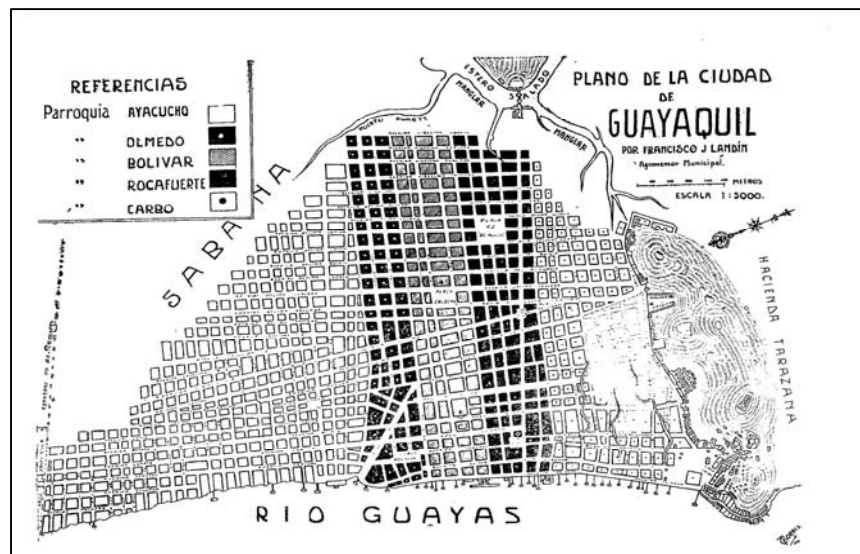
Se nota el desarrollo de la ciudad a lo largo de la ría y de lo que hoy es el sector de la actual Piscina Olímpica y sus alrededores. Algunos de los potreros de la zona, han sido utilizados como área de expansión urbana.



**Figura 4.11** Plano de Guayaquil de 1903. Estrada J, 2000

## Guayaquil 1911

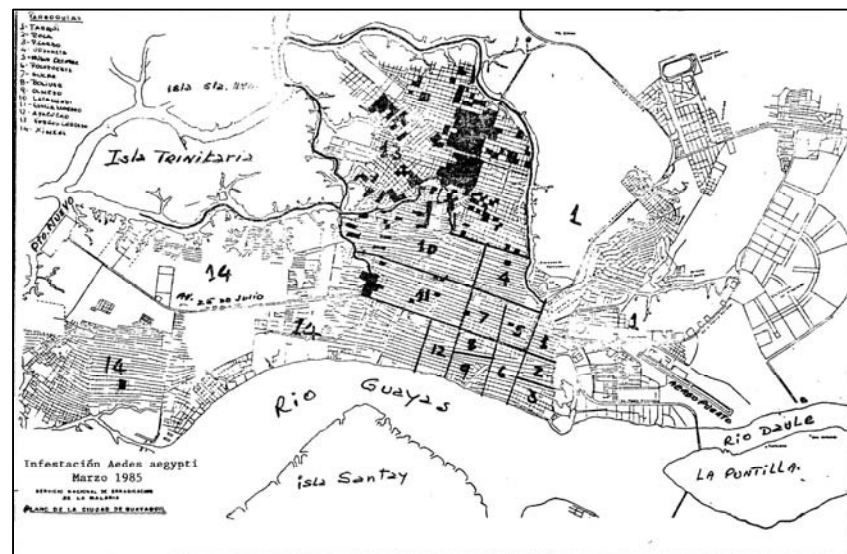
Se observa que los tres esteros que separaban la ciudad vieja de la nueva están ya confinados y que forman unas pequeñas lagunas. Los potreros descritos en el mapa de 1896 están ya conformados en manzanas, y además se observa la existencia de asentamientos cercanos al manicomio. En este mapa se aprecia a detalle el estero Duarte y dos ramales del estero Salado donde hoy es el Colegio Vicente Rocafuerte y el otro que termina en el estero Salado. Ya se definen parroquias urbanas como Olmedo, Ayacucho, Bolívar y Rocafuerte.



**Figura 4.12** Plano de Guayaquil de 1911. Estrada J, 2000

### Guayaquil 1985

Se observa el desarrollo de la ciudad en los sectores marginales actuales de la urbe. En este periodo de tiempo se hace efectivo, el crecimiento de los sectores de Bastión Popular, Paraíso de la Flor, Isla Trinitaria. Estos asentamientos de origen popular fueron impulsados en su mayoría por políticos y ocuparon zonas donde anteriormente existía un bosque seco tropical intervenido, como el sector de Bastión y La Flor de Bastión; y, zonas de manglar y áreas salinas como la Isla Trinitaria.



**Figura 4.13** Plano de Guayaquil de 1985. Estrada J, 2000

### **Análisis**

De la observación y análisis de los mapas antiguos de Guayaquil, se puede establecer el desarrollo urbano de la ciudad, en un periodo de tiempo aproximado de 230 años. Se nota que Guayaquil se asentó primero en los lugares altos a las faldas de los cerros y zonas que permanecían secas, denominándosele a esta zona como "*Ciudad Antigua*".

La ciudad se fue expandiendo gradualmente aguas abajo del Río Guayas, con un nuevo asentamiento ubicado más al sur, al cual se denominó "*Ciudad Nueva*". Ambas zonas de Guayaquil, estaban separadas por tres esteros, notorios en los distintos mapas de la época, y que posteriormente fueron rellenados para dar paso a nuevas áreas urbanas. Así, la ciudad se fue expandiendo hacia lo que hoy se conoce como el Sur y Sur-Oeste, donde poco a poco se fue talando el bosque de manglar que allí existió.

Del análisis multitemporal de los mapas se encontró, además, que existían dos esteros de considerables proporciones, el Duarte y un ramal del Salado que llegaba hasta las faldas del cerro del Carmen, ya rellenados. A su vez se puede estimar el hectareaje aproximado de manglar que ha sido talado, y que

aproximadamente es de 4300 ha. Con este análisis se concluye que gran parte de Guayaquil está asentada en suelo limoso, afectando directamente al ecosistema manglar.

Se puede resumir que entre los años 50 al 70 se dan las grandes invasiones en los sectores de García Moreno, Febres Cordero, Mapasingue y Prosperina. Una segunda etapa de invasiones, que abarca las zonas de la Isla Trinitaria, Batallón del Suburbio y el Guasmo se da en el periodo de tiempo comprendido entre los años 70 y 80. La última etapa de invasión ocurre en los sectores ubicados a lo largo de lo que hoy es la perimetral, El Fortín y Pancho Jácome.

Este incremento en la población de Guayaquil, se aprecia en los datos publicados por el INEC, en los que se indica que la tasa de crecimiento de Guayaquil entre los años 1950 y 2001, aumentó en un 8,2%.

# **CAPITULO 5**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Las conclusiones a las que se ha logrado llegar son las siguientes:

- Investigaciones a detalle realizadas por geólogos especialistas en el tema han determinado que en el área urbana de Guayaquil afloran las formaciones Piñón, Cayo, Guayaquil, San Eduardo cuya litología tipo esta perfectamente establecida para cada una y va ha ser la base para todo estudio o informe geoambiental.
- En Guayaquil ha quedado establecida la presencia de suelos residuales, transportados, aluviales y coluviales, cada una de estas clasificaciones depende de los materiales originales y la

acción geodinámica externa originada por el hombre y la naturaleza. Cuando se remueven los suelos residuales asentados sobre las formaciones se originan suelos transportados y coluviales. El mal uso de los suelos ha originado problemas ambientales muy difíciles de corregir como el que ocurre en Guayaquil, donde se han usado suelos aluviales para urbanizarlos produciendo contaminación en todo sentido. Este problema de ubicación en suelos no aptos para asentamientos urbanos está tratando de ser corregido por la municipalidad promulgando ordenanzas para detener las desmedidas invasiones en sectores de riesgo para la población.

- De la geología regional y local, se puede concluir que el área de estudio se encuentra sobre depósitos recientes no consolidados de origen aluvial, y sobre lutitas y arcillas bien consolidadas de ambiente marino profundo. Además, la ciudad se ubica sobre una planicie aluvial hacia el Sur, Suroeste y Centro; y hacia el Norte se ubica sobre el comienzo de la cordillera Chongón-Colonche
  
- Guayaquil ha crecido debido a las invasiones. Las mismas se ubican en el sector Norte, Noroeste, Sur, Suroeste de la urbe. En su mayoría, las invasiones no cuentan con red de agua potable ni



alcantarillado de aguas servidas; por lo tanto, el uso de letrinas es indispensable en estos sectores, aunque éstas sean un foco de contaminación para los cuerpos de agua superficiales (ríos y esteros), así como para los reservorios de agua subterránea.

- Debido al crecimiento constante que Guayaquil ha tenido desde sus inicios, demanda de materiales para relleno y construcción. El crecimiento de la ciudad ha hecho que las diferentes canteras que se encontraban en la urbe, hayan sido reubicadas a sitios mas distantes.
- Algunos sectores mineros abandonados presentan problemas de inestabilidad de talud por sus taludes pronunciados, producto de una minería indiscriminada.
- Del análisis multitemporal se concluye que gran parte de Guayaquil se encuentra asentada en áreas donde existió manglar.
- Los principales drenajes naturales que tenía Guayaquil han sido rellenos o reemplazados por alcantarillas, quedando muy pocos.

- Las laderas de los cerros han sido afectadas por una meteorización progresiva y a la vez están siendo urbanizadas, poniendo en peligro la vida de sus habitantes.
- La continua sedimentación tanto del Río Guayas como de los esteros afecta directamente a la evacuación de las aguas lluvias.
- Existen algunas áreas próximas a Guayaquil que aún conservan un remanente de manglar, por lo que se debería tratar de conservarlas y mantenerlas.

## **5.2 Recomendaciones**

- Este estudio ha permitido recopilar información de interés para llevar a cabo el Mapa Preliminar Geoambiental de Guayaquil; sin embargo, es importante resaltar el hecho de que debe ser profundizado en estudios posteriores.
- Para un mejor desarrollo de la actividad minera de la ciudad, es necesario una mejor distribución de las urbanizaciones, por lo que

es indispensable no ubicar canteras y urbanizaciones en zonas aledañas.

- Para estudios a futuro, se debe estimar la calidad de los rellenos antiguos sobre todo de los sectores donde existió algún ramal de un estero.
- Realizar una reestructuración del sistema de drenaje de Guayaquil en el que se considere los sistemas naturales de drenaje.
- Controlar la ocupación de los cerros próximos a Guayaquil, así como también la degradación de su poca flora remanente.
- Los principales canales naturales de agua de Guayaquil están sedimentando de manera acelerada, por lo que estos deberían tener un mantenimiento periódico ya que son los encargados de evacuar las aguas lluvias de la ciudad.

## Bibliografía

- 1.- BENITEZ Stalin, EVOLUTION GEODYNAMIQUE DE LA PROVINCE GOTIERE SUD- EQUATORIENNE AU CRETACE SUPERIEUR TERTIAIRE, Université Joseph Fourier de Grenoble Francia, Tesis Doctoral, 1995.
- 2.- DUQUE-ESCOBAR Gonzalo P. As, MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 1998.
- 3.- EL UNIVERSO diario, sección El gran Guayaquil, artículo "Asentamientos dan formas a la ciudad del Futuro", 10 de Julio de 2005.
- 4.- EXPRESO Diario, sección Guayaquil, artículo "LACIUDAD CRECIO POR LAS INVASIONES", 06 de Febrero de 2004.
- 5.- ITG, Instituto Tecnológico Geominero de España, MANUAL DE RESTAURACIÓN DE TERRENOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN MINERÍA, 3ra edición, 1996.

- 6.- LAHMEYER-Cimentaciones y El Muy Ilustre Municipio de Guayaquil, PLAN INTEGRAL DE LA RECUPERACIÓN DEL ESTERO SALADO, Banco Interamericano de Desarrollo, 2000.
- 7.- MITE Mónica, “Estudio Geomorfológico del área metropolitana de la ciudad de Guayaquil”, Tesis de pre-grado, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 1990.
- 8.- REPETTO Fernando L. y SANTIAGO Karez Claudia, ASPECTOS GEOLÓGICOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, Volumen 1, UNESCO, UNICAMP, PNUMA, 1995.
- 9.- SOLER Irene (Consulterra) y Eficiencia Energética y Ambiental Efficácitas Consultora Cía. Ltda. Guayaquil, Ecuador, ANÁLISIS AMBIENTAL, PLAN DE EXPANSIÓN Y REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Primer Quinquenio (2001-2006), Preparado para International Water Services (Guayaquil) e Interagua Cía. Ltda., Junio/2003
- 10.- YAZBEK Bitar Omar, Geologia Aplicada ao Meio Ambiente, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado do São Paulo (IPT) Divisão de

Geología - DIGEO, RECUPERACION DE AREAS DEGRADADAS POR LA MINERIA EN REGIONES URBANAS, II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental.

- 10.- Guía histórica de Guayaquil, Estrada – 2000
- 11.- Plano de Uso del Suelo de Guayaquil
- 12.- [www.miliarium.com/Nitratos/ContaminacionAgua.asp](http://www.miliarium.com/Nitratos/ContaminacionAgua.asp)
- 13.- [www.rincondelvago.com/contaminacion\\_aire-y-agua.html](http://www.rincondelvago.com/contaminacion_aire-y-agua.html)
- 14.- [www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/suelos.html](http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/suelos.html)
- 15.- [www.geocities.com/geotecniaysuelos](http://www.geocities.com/geotecniaysuelos)