

T
620.8
S939



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



**“Influencia De La Contaminación Por Vertientes Industriales
Terrestres Sobre El Río Guayas En La Grilla
De Latitud 02° 12' Sur - 02° 14' Sur
Entre La Ciudad De Guayaquil y La Isla Santay”**

TESIS DE GRADO

**Previa la obtención del Título de
INGENIERO CIVIL**

Presentada por:

**PABLO IVAN SUAREZ CHANGUAN
IAN CARLOS ZAMBRANO MONTES**

GUAYAQUIL - ECUADOR

DICIEMBRE DE 1997

AGRADECIMIENTO

- Al Sr. Ingeniero David Matamoros Camposano, Director de Tesis, maestro que inculco en nosotros la importancia de la investigación y el estudio del Medio Ambiente.
- A Iván Apolo Quezada, leal amigo, que desde un inicio nos brindó todo la ayuda para la culminación de la Tesis, en especial en el área de los Sistemas de Información Geográfica.
- A Yesenia Navarrete Galarza, quien colaboró en la programación del Modelo Elemental de Calidad de Agua.
- Al Instituto Oceanográfico de la Armada, sus Directivos y Personal de Científicos, que siempre nos abrieron las puertas, para llevar adelante el proyecto.
- Al Centro de Estudios del Medio Ambiente de la ESPOL, sus Directivos y Personal por el apoyo brindado.
- Al personal de Docentes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, por la formación académica que recibimos.



DEDICATORIA

A DIOS, Supremo Arquitecto del Universo

A mi Esposa, mi vida

A mi Familia, mi orgullo

A la Armada, cuna de ideales

Pablo Iván Suárez Changuán

DEDICATORIA

A DIOS, Arquitecto e Ingeniero del Universo, por haber puesto en mí aquel soplo de vida y darme la oportunidad de vivir en este paraíso con la misión de servir a la humanidad.

A mis Padres, orgullo de mi vida quienes con el afán de superación y sacrificio me impartieron las riquezas morales con mucho amor, desvelo y cariño en la rígida educación durante la infancia. Las cuales recibí con mucha atención, disciplina y respeto.

A mi esposa y madre de mi hijo, razón de mi vivir, quién en todo momento recibí de ella las fuerzas morales, necesarias para derrotar los obstáculos que se me presentaron durante esta fase de estudio, y que sin duda alguna las seguiré obteniendo incondicionalmente con mucho amor durante la vida.

A mi hijo, Gema preciosa. Divina Joya, a quién como un diamante puliré con mucho amor, ahinco y tesón, con el compromiso de formarlo en un permanente proceso educacional. Ya que en él veo el más espléndido monumento que puedo dejar de mí mismo con la misión de garantizar la supervivencia, el crecimiento y la perpetuación de nuevas generaciones.

A mi familia, ya que en todo momento existió esa confianza recíproca y que aportaron de una u otra manera con un granito de arena, que más tarde se convirtieron en los pilotes necesarios para la culminación de mis estudios superiores y obtención del título.

Frente a los resultados, por mejores que puedan parecer, no podemos perder la humildad y la sencillez, pues el hecho de lograr un éxito no contribuye a obtener un éxito siguiente; al contrario, lograr un nuevo éxito requiere un esfuerzo y una disciplina aún mayores que los exigidos por el éxito anterior

DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



BIBLIOTECA
CENTRAL

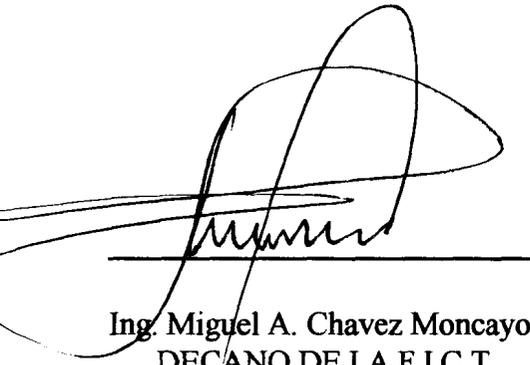
A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters, positioned above a horizontal line.

Pablo Suárez Changuán

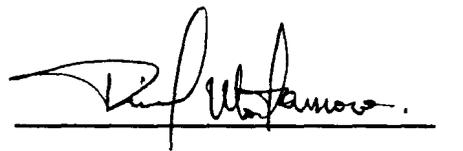
A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters, positioned above a horizontal line.

Ian Carlos Zambrano Montes

TRIBUNAL DE GRADUACION



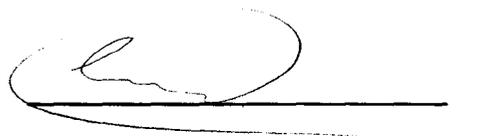
Ing. Miguel A. Chavez Moncayo
DECANO DE LA F.I.C.T



Ing. David Matamoros Camposano
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Julio Rodriguez Ríos
VOCAL



Ing. Eduardo Santos Baquerizo
VOCAL

RESUMEN

Una de las principales y mayores causas de la contaminación marina es la falta de tratamiento de efluentes industriales antes de verterlos en los ríos, esteros, mares u océanos, y en este caso específico en el Río Guayas, para evaluar este problema la presente Tesis, cubre cuatro capítulos.

En el Primer Capítulo se describe en primer lugar la situación geográfica y sanitario-ambiental de la ciudad de Guayaquil, así como también una descripción Física Hidrológica e Hidráulica Fluvial del Río Guayas, temas que son necesarios conocer para entender el comportamiento de la Ría.

En el Segundo Capítulo, se presenta una clasificación completa de la contaminación, luego se determina e identifica, las fuentes seleccionadas de contaminación industrial hacia el Río Guayas para el área de estudio determinada, empleando para este fin un Sistema de Información Geográfica

Teniendo ya los datos necesarios, entonces se correlaciona la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el Oxígeno Disuelto (OD), PH y Microbiología para evaluar la contaminación de los efluentes industriales seleccionados, empleando para ésto un modelo elemental de calidad de aguas, y usando un SIG para verificar en el cuerpo de agua estudiado la condición ambiental en que se encuentra, poniendo estos resultados a consideración de la comunidad científica.

Cabe indicar que este estudio, puede constituirse en un proyecto base a largo plazo, continuando en lo posterior con modelos que se adapten más al medio con variables suficientes de modo que se pueda detectar y evaluar los efectos de contaminación por vertientes industriales.



INDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN	VI
PROLOGO	VII
COMENTARIO INICIAL	VIII
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE TABLAS	XIII
INDICE DE FOTOGRAFIAS	XIV
ABREVIATURAS	XV

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 La Ciudad de Guayaquil	1
1.1.1 Características Generales de la Ciudad	1
1.1.2 Climatología de la Ciudad de Guayaquil	2
1.1.3 Tendencias de crecimiento poblacional	3
1.1.4 Calidad de los Recursos Hídricos	4
1.1.5 Riesgos Ambientales causados	8
1.1.6 Suministros de agua	10
1.1.7 Alcantarillado y Saneamiento ambiental	11
1.2 Características Hidrológicas y Físicas del Río Guayas	20
1.2.1 Descripción General del Sistema Hidrográfico del Río Guayas	20
1.2.2 Características Físicas Químicas y Bacteriológicas del Río Guayas	25

CAPITULO II

CONTAMINACION

2.1	Descripción General de Contaminación	32
2.1.1	Residencial	33
2.1.2	Comercial	35
2.1.3	Industrial	37
2.1.4	Institucional	39
2.2	Localización de puntos de monitoreo y evaluación de la contaminación de las industrias en los cuerpos de agua que rodean a la ciudad de Guayaquil. empleando el (Sistema de Información Geográfico) S.I.G.	40
2.2.1	Breve descripción del SIG	41
2.2.2	Descripción y Ubicación de los puntos críticos de contaminación	42
2.3	Datos de contaminación de las descargas de las Industrias dentro del área de estudio (CEMA)	49
2.3.1	Metodología empleada	49
2.4	Datos de contaminación en las transectas muestreadas en el área de estudio del Río Guayas (INOCAR)	49
2.4.1	Metodología empleada	58

CAPITULO III

APLICACIÓN DE UN MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS.

3.1	Uso de los modelos en la solución de problemas reales y tipos de modelos	63
3.2	Desarrollo, explicación y alcances del Modelo elemental de calidad de aguas.	64
3.3	Desarrollo del Modelo de calidad de aguas en el presente estudio y aplicación en tramos críticos usando computadoras	69

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
ANEXOS	91
BIBLIOGRAFIA	119

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1	Proyección de la población de la ciudad de Guayaquil	3
Tabla 1.2	Resumen de la evaluación de la capacidad de bombeo disponible en la ciudad de Guayaquil	18
Tabla 1.3	Resumen de las condiciones físicas de las estaciones de bombeo existente en la ciudad de Guayaquil	19
Tabla 1.4	Rango comparativo de mareas	28
Tabla 1.5	Máximas velocidades estacionales de la corriente superficial durante flujo y reflujo de la marea	29
Tabla 2.1	Caudales de aguas residuales típicos en centros residenciales	35
Tabla 2.2	Caudales de aguas residuales típicos en centros comerciales	36
Tabla 2.3	Industrias: Valores típicos de consumo	38
Tabla 2.4	Caudales de aguas residuales típicos en centros institucionales ...	39
Tabla 2.6	Puntos preliminares obtenidos por GPS	47
Tabla 2.7	Posición de puntos definitivos	48
Tabla 2.8	Mareas para el día jueves, 12 de junio de 1.997	52
Tabla 2.9	Condiciones meteorológicas para el mes de junio	52
Tabla 2.10	Codificación de las estaciones y distancia	54
Tabla 2.11	Valores de temperaturasy PH medidos en situ	55
Tabla 2.12	Parámetros ensayados en el laboratorio	55
Tabla 2.13	Calidad de agua del río Guayas: ECAPAG	56
Tabla 2.14	Datos para DBO ₅ para el cálculo de la constante de oxigenación	57
Tabla 3.1	Cálculo de caudal	71
Tabla 3.2	Resultados del modelaje	83
Tabla 4.1	Tabla comparativa de valores de parámetros de calidad de agua en las descargas industriales	87
Tabla 4.2	Tabla comparativa de valores de parámetros de calidad de agua en el río Guayas	88
Tabla A.1	Cálculo de las constantes de la DBO empleando el método de mínimos cuadrados y Fujimoto	95



INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura No 1.1	Proyección de la población de la ciudad de Guayaquil	4
Figura No 1.2	Cuenca del río Guayas	21
Figura No 1.3	Golfo de Guayaquil	22
Figura No 2.1	Area de estudio	40
Figura No 2.2	Tubería de la descarga de la Jabonería Nacional S.A.	43
Figura No 2.3	Tubería de descarga grande de la Favorita	44
Figura No 2.4	Tubería de descarga pequeña de la Favorita	44
Figura No 3.1	Descripción gráfica del modelo elemental de calidad de agua ..	64
Figura No 3.2	Agotamiento del oxígeno disuelto	76
Figura No 3.3	Disminución de la DBO	77
Figura No 3.4.a	Agotamiento del OD (Tramo E1-E2)	80
Figura No 3.4.b	Variación de la DBO (Tramo E1-E2)	80
Figura No 3.5.a	Agotamiento del OD (Tramo E2-Esclusa)	82
Figura No 3.5.b	Variación de la DBO (Tramo E2-Esclusa)	82
Figura No 3.6.a	Oxígeno Disuelto	86
Figura No 3.6.b	Demanda Bioquímica de Oxígeno	87
Figura A.1	Perfil batimétrico de una sección del río Guayas, a la altura de la calle Olmedo para el cálculo de su caudal	91
Figura A.2	Perfiles de velocidades para el cálculo del caudal del río Guayas.	92
Figura E.1	Instalación	110
Figura E.2	Icono de llamado	111
Figura E.3	Panatalla de inicio	111
Figura E.4	Datos de entrada, estación 1	112
Figura E.5	Resultados estación 1 a estación 2	112
Figura E.6	Gráficos estación 1 a estación 2	113
Figura E.7	Datos de entrada estación 2	113
Figura E.8	Resultados estación 2 a esclusas	114
Figura E.9	Gráficos estación 2 a esclusas	114
Figura E.10	Gráficos totales de la grilla del río Guayas modelada	115

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Foto 1.1 Ciudad de Guayaquil	1
Foto 1.2 Trabajadores del camal de Guayaquil, lavando la carne faenada en el río Guayas.	6
Foto 2.1 Descarga de la Jabonería Nacional S.A	42
Foto 2.2 Tuberías de la Favorita en Enero de 1.997	45
Foto 2.3 Tuberías de la Favorita en Junio de 1.997	45
Foto 2.4 Toma de muestra	51
Foto 2.5 Acceso a la tubería de descarga	53
Foto 2.6 Fijación de una muestra en situ	58
Foto 2.7 Muestras	61

INDICE DE ABREVIATURAS

CAAM	: Comisión Asesora del Medio Ambiente
CEMA	: Centro de Estudios del Medio Ambiente
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
EPA	: Agencia Protectora del Medio Ambiente
ESPOL	: Escuela Superior Politécnica del Litoral
INOCAR	: Instituto Oceanográfico de la Armada
INEC	: Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	: Instituto Nacional de Normalización
OD	: Oxígeno Disuelto
PH	: Concentración de potencial de hidrógeno
Q	: Caudal
SIG	: Sistema de información geográfica

UNIDADES

cm	:	Centímetro
°C	:	Grados centígrados
Km	:	Kilómetro
mg/l	:	Miligramo sobre litro
mm	:	Milímetros de precipitación
m³/día	:	Metros cúbicos sobre día
NPM/100 ml	:	Número más probable por cada 100 mililitros
mb	:	Milibares
m	:	Metro
ppm	:	Partes por millón

PROLOGO

Luego de la retórica ambientalista, que aún interesa a ciertos grupos, el tema del medio ambiente ha evolucionado al grado de comprender que los estudios cuantitativos obtenidos en base a modelos de cualquier clase son parte de los esfuerzos para encontrar respuestas concretas al grave problema de la contaminación y sanidad ambiental.

La Ingeniería Ambiental procura justamente este cometido pues de acuerdo a la Sociedad Americana de Ingeniería Civil se la define como: **“La aplicación práctica de soluciones a problemas de sanidad ambiental tales como la provisión de agua potable, disposición apropiada o reciclaje de desechos sólidos y aguas servidas, drenaje adecuado de áreas rurales y urbanas, control de la contaminación del agua, suelo y atmósfera, evaluación del impacto social y ambiental producido por estas soluciones “.**

En este contexto, uno de los temas, que más han concitado la atención de los expertos es el daño causado a los mares y océanos por vertientes terrestres (Ríos) que previamente han sido contaminados por efluentes industriales. Por lo tanto, el presente estudio, a más de insistir en la necesidad de emplear modelos en la solución de problemas reales, pretende demostrar que las vertientes industriales que caen al río Guayas, y que no reciben tratamiento previo ocasionan un grave impacto al medio. Por esto se eligió una área de estudio (grilla), con una descarga inicial y otra descarga final, generando la aplicación del Modelo Elemental de Calidad de Aguas.

El acuciante conflicto esta a la vista, a más de que las aguas servidas no reciben ningún tipo de tratamiento antes de llegar al Río Guayas y al Estero Salado, **las aguas residuales industriales, en muchos casos no tienen ni siquiera un tratamiento preliminar.** Por lo que el impacto lo recibe con severidad el Río y posteriormente el mismo mar, que sufre los estragos de esta aberrante conducta humana contra el medio.

COMENTARIO INICIAL

Es necesario emitir un comentario inicial para explicar los alcances de la presente tesis. El trabajo que se expone es de carácter académico, y los resultados de los ensayos, la aplicación del modelo elemental de calidad de aguas junto con el Sistema de Información Geográfica, es válida para las condiciones que se presentaron al realizar los muestreos y no cubre todo el espectro de variables a las que el Río Guayas esta sujeto. Como por ejemplo el efecto de las mareas.

Por lo indicado, el estudio es aplicable, **para el instante en que se hicieron las mediciones**, la época seca, (fecha en la que el evento cálido de El Niño se hacía presente en el litoral ecuatoriano apareciendo más variables, pues el fenómeno genera anomalías con respecto a las condiciones normales). Se realizó la toma de muestras, en un día (12 de Junio de 1997) y a una hora determinada previamente luego de un período de observación de las tuberías de descarga de las industrias tratando de hacer coincidir el reflujó del Río, la mayor descarga de los efluentes y una altura de marea que nos permita cumplir con el propósito establecido.

No obstante el modelo se lo puede implementar para otras condiciones y con otro propósito por ejemplo, en vez de conocer la influencia de las descargas industriales aguas abajo del Río, se puede saber que influencia tienen estas descargas industriales en el punto de recepción del agua en la Planta de Tratamiento de La Toma.

Solamente así, teniendo un justificativo cuantitativo al emplear las herramientas matemáticas, físicas e informáticas de que se dispone en la actualidad, se puede demandar con pruebas el estricto cumplimiento de las Leyes y rangos de contaminación permisibles en las descargas industriales que impactan al Río Guayas.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 La Ciudad de Guayaquil

1.1.1 Características Generales de la Ciudad

La ciudad de Guayaquil es la capital de la Provincia del Guayas y una de las principales ciudades del Ecuador por su potencial estructura económica.

Geográficamente se encuentra ubicada en la latitud $2^{\circ} 19'$ Sur y longitud de $79^{\circ} 53'$ Oeste a una altura de tres metros ochenta centímetros sobre el nivel del mar, limitada al este por el río Guayas, lugar en el cual se realizará el estudio de la presente Tesis.

FOTOGRAFIA 1.1 Ciudad de Guayaquil



Tomada en Enero de 1.997 por Suárez..P

Guayaquil, crece sobre una sabana, y se ha ido extendiendo en zonas donde existen manglares y a orillas del estero Salado por medio de relleno hidráulico y en ciertas zonas mediante rellenos de desechos sólidos.

La Cuenca del río Guayas, la más importante del Pacífico Occidental en Sudamérica tiene su punto de culminación en la ciudad de Guayaquil.

Al norte de Guayaquil se encuentran los cerros del Carmen y Santa Ana, las cuales forman parte de la Cordillera Chongón - Colonche, la misma que alcanza hasta 800 metros sobre el nivel del mar en su punto más alto.

Los ríos Babahoyo y Daule son los principales tributarios del río Guayas, los cuales confluyen para dar inicio a éste frente a la ciudad de Guayaquil. Adicionalmente el río Guayas reciben tributos de otros ríos menos caudalosos.

En la ciudad de Guayaquil, los suelos predominantes son las sectores de los manglares y salitrales, así como los suelos de las zonas de los pozos y pajonales; se encuentra abrazada por diferentes tipos de vegetación como son los bosques secos y manglares.

La ciudad actualmente está integrada por dieciséis parroquias urbanas (incluidas las cabeceras parroquiales de Chongón y Pascuales, las cuales se han incorporado últimamente) y cinco parroquias rurales.

Todas estas parroquias urbanas y rurales dan como resultado un área de aproximadamente 500.700 hectáreas, siendo el área urbana de Guayaquil el 6.75 % de la cabecera cantonal, es decir, 33.825 hectáreas.

1.1.2 Climatología de la Ciudad de Guayaquil

Guayaquil y en general todo el Ecuador, presenta dos estaciones; Lluviosa de enero a mayo y Seca de junio a diciembre. En la ciudad de Guayaquil el clima es cálido húmedo con temperaturas promedio mínima de 21°C y máxima de 30.4°C, presentando una humedad anual promedio del 76%.

Anualmente se registran precipitaciones de alrededor de 1000 mm, con un promedio de 38 días anuales de lluvias con valores máximos de 70 mm en épocas normales, mientras que en épocas con condiciones atmosféricas anormales la precipitación es variable. En esta ciudad predominan vientos con velocidades medias de 4m/s en dirección sur-oeste en los meses de temporada seca.

1.1.3 Proyección de la población de la Ciudad de Guayaquil

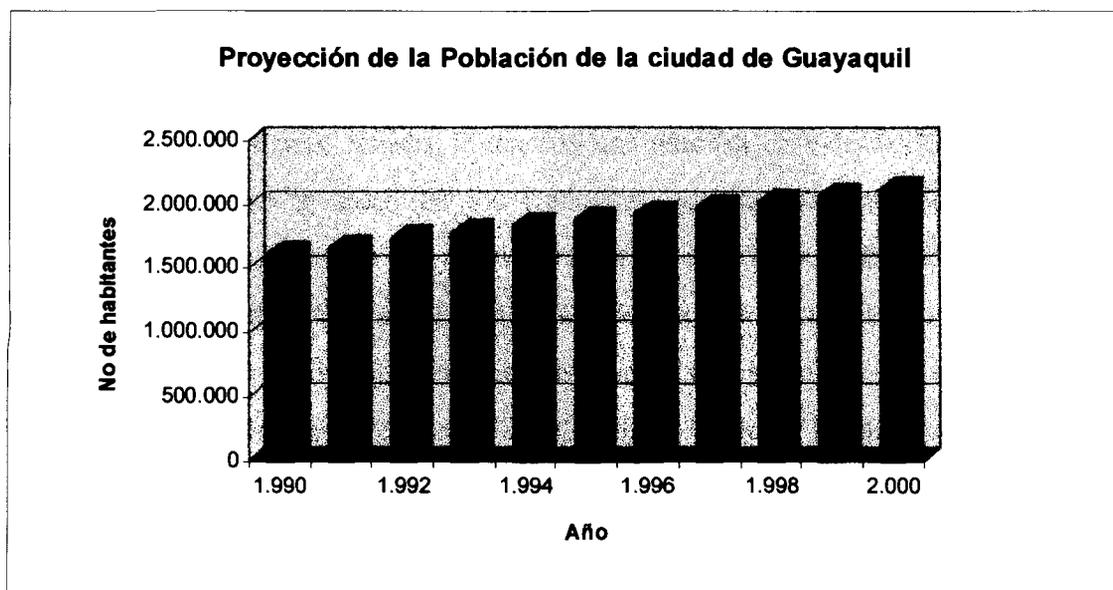
En base a los datos investigados en el INEN. La ciudad de Guayaquil está creciendo a una tasa promedio anual del 2.76 %, las proyecciones estiman que para el año 2.000 habrán aproximadamente 2'166.194 habitantes. En la tabla 1.1 se presenta detalladamente la proyección de la población de la ciudad de Guayaquil en sus áreas urbanas como rurales.

TABLA 1.1

Proyección de la población de la ciudad de Guayaquil			
Ano	Urbano	Rural	Total
1.990	1.613.206	66.205	1.679.411
1.991	1.661.213	66.874	1.728.087
1.992	1.730.637	46.464	1.777.101
1.993	1.779.491	46.776	1.826.267
1.994	1.828.363	47.052	1.875.415
1.995	1.877.031	47.336	1.924.367
1.996	1.925.479	47.605	1.973.084
1.997	1.973.880	47.860	2.021.740
1.998	2.022.108	48.113	2.070.221
1.999	2.070.040	48.375	2.118.415
2.000	2.117.553	48.641	2.166.194

Fuente : INEC

FIGURA 1.1
Proyección de Población



Fuente: INEN 1996

La figura 1.1 muestra la proyección distribuida del número de habitantes por año .

1.1.4 CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS.

El abastecimiento de Agua Potable para la ciudad de Guayaquil, depende de la Planta potabilizadora de la Toma, la misma que se encuentra localizada a orillas del río Daule, por lo que es considerado como un punto crítico, ya que las descargas residuales de Guayaquil, por la acción de las mareas regresan hasta este punto, deteriorando la calidad del agua.

Las descargas residuales amenazan a los sistemas hídricos de Guayaquil, alterando el equilibrio ecológico. El Estero Salado está seriamente amenazado por el gran volumen de descargas industriales y domésticas que recibe.

La CAMM en su libro titulado “Desarrollo y Problemática Ambiental del Golfo de Guayaquil” menciona que existen altos registros de DBO y coliformes fecales al inicio de los ramales del Estero Salado, lo cual da una muestra de vida acuática casi nula, poniendo en peligro la salud de los habitantes que se asientan en los barrios marginales a orillas del estero. Hay que recordar que unas de las principales causas del deterioro de la salud humana son las enfermedades gastrointestinales, enfermedades de la piel, cólera y tifoidea, estas enfermedades provienen de la existencia de microorganismos patógenos presentes en el sistema intestinal humano como también en residuos industriales de origen orgánico.

En un reportaje publicado en el diario “El Universo” del 5 de agosto de 1.997, menciona que los valores de los parámetros de calidad de agua encontrado en el estero salado muestra que alrededor del 80 % de éste se encuentra contaminado, principalmente en los ramales iniciales correspondiente a Urdesa - Kennedy y Miraflores - Urdesa.

Uno de los parámetros de calidad de agua es el Oxígeno Disuelto (OD), el cual su valor normal debe ser alrededor de 6mg/l. Los registros muestran que en los puentes Urdesa y 5 de junio se encuentran los valores de oxígeno disuelto más bajos en un rango de 0 - 0.7 mg/l, con una tasa bacteriana muy alta a tal punto de existir la presencia de gas sulfhídrico, el cual no debería darse, mientras que a la altura del puente Portete se encuentran valores de oxígeno disuelto menor a 3mg/l.

Estos valores son alarmantes, demostrando prácticamente que el estero Salado está en un proceso de eutroficación (agonizante), estando el fondo del estero formado por una capa de lodo putrefacta. Las principales causas son: excretas de la ciudad sin tratamiento, desechos industriales, combustibles de navegación.

La Dirección de la Unidad de Medio Ambiente de la Municipalidad de Guayaquil tiene catastrado alrededor de 740 industrias entre pequeñas, medianas y grandes que funcionan en Guayaquil, de las cuales 150 industrias son de mayor escala (gran producción) como las textiles, metarlógicas, alimenticias, fábricas de gaseosas y empaquetadoras de mariscos.

La gran parte de estas industrias descargan sus aguas residuales sin previo tratamiento al río Guayas ya que aproximadamente del 2 al 3% de las industrias tienen plantas de tratamiento previo a sus descargas.

FOTOGRAFIA 1.2

Trabajadores del camal de Guayaquil, lavando la carne faenada en el río Guayas



Tomada en Junio de 1.997 por : Suárez P.

Entre las principales causas que contribuyen al cóctel contaminante de desechos industriales y domésticos tenemos: Un Puerto de alto tráfico comercial, mal uso de los pesticidas en zonas agrícolas adyacentes a los ríos Daule y Babahoyo, descargas anuales de 720 industrias con un volumen aproximado de 9'300.000 metros cúbicos, descargas residenciales con un promedio de 98'550.000 metros cúbicos y unas cinco toneladas de desechos biomédicos considerados peligrosos.

Debe estudiarse a más de las descargas industriales, las descargas de aguas no tratadas clandestinas o legales de urbanizaciones y ciudadelas que alimentan al mismo sistema hídrico dentro y fuera de su jurisdicción, como Durán, Urbanización La Puntilla, etc.

El deterioro de los parámetros de calidad de agua del río Guayas está aumentando, tal como se presenta más adelante en los siguientes capítulos.

Las medidas a ser tomadas para iniciar la descontaminación del Estero Salado son:

- Corte de todas las descargas que se efectúan sobre el estero, como la de tipo industrial y domésticas.
- El dragado del estero que permitiría una mejor circulación del agua.
- La siembra de manglares en las riberas del Salado, ya que las raíces de los mismos permiten retener los sedimentos.
- La instalación de aireadores es otra de las alternativas ya que estas permiten una mayor oxigenación del estero.

Cabe recalcar que el rescate de éste brazo de mar costaría millones de dólares, el mismo que consiste en un proceso de descontaminación a largo plazo.

1.1.5 Riesgos Ambientales

La migración numerosa de habitantes hacia la ciudad de Guayaquil, el crecimiento acelerado de la ciudad y los asentamientos humanos no organizados dan como resultado problemas ambientales.

La CAMM menciona los siguientes problemas ambientales más relevantes.

“ • Inundaciones

- Deslaves
- Asentamientos cerca de las riberas del estero Salado y del río Guayas.
- Obras en áreas de asentamientos informales sin control.
- Sismos ”

- a) Inundaciones.- Los asentamientos a orillas del estero Salado y del río Guayas son los sitios más susceptibles a inundaciones por desbordamientos, esto se suma al pésimo sistema de alcantarillado pluvial, el cual se tapona en épocas de lluvias.
- b) Deslaves .- Los asentamientos humanos no planificados en los cerros de Guayaquil, no poseen sistema de alcantarillado sanitario, utilizando letrinas como sistema de eliminación de excretas. La infiltración de estas aguas residuales a las diferentes capas del suelo produce el debilitamiento de los cerros. Además de este problema, el debilitamiento de los cerros es causada por la deforestación que va acompañada por la erosión del suelo así como por la obstrucción de los drenajes naturales de los mismos, produciéndose deslaves continuos en épocas invernales; como el ocurrido en mayo del 97 en el cerro del Carmen, y otros que anteriormente se han producidos en el cerro de Santa Ana y en las laderas del botadero San Eduardo.

- c) La búsqueda de lugares no ocupados han dado origen a los asentamientos humanos cerca de las riberas del estero Salado y del río Guayas estrechando su cauce natural, arrojando sus excretas y basuras directamente sobre el estero, lo cual ha alterado el equilibrio ecológico en zonas de reservas ecológicas, como los manglares.

El continuo hundimiento del suelo en las riberas del estero Salado han causado pérdidas materiales y humanas, debido a que éste se encuentra relleno muchas veces con basura.

- d) Las obras en los sectores de asentamientos informales como el relleno hidráulico sin previo estudio de impacto ambiental han traído la proliferación de enfermedades en dichas áreas, debido a que se ha extraído arena del lecho contaminado del río Guayas. Por el año 1.992 unos de las zonas marginales que sufrió las consecuencias de las enfermedades fue la Isla Trinitaria.

En la actualidad para la elaboración y ejecución de una obra, es obligatorio que se realice estudios de impacto ambiental, para evitar estos problemas.

- e) Sismos.- Según el CAMM (1996) **“La ciudad de Guayaquil está en una zona sísmica, no solo próxima a una zona de subducción de la placa tectónica, sino que se encuentra en su límite una falla geológica denominada Falla de Guayaquil”.**

La ciudad de Guayaquil se encuentra microzonificada sísmicamente en función del tipo del suelo y a su respuesta a posibles movimientos telúricos. De manera que permite determinar normas y reglamentos de cálculos y a la vez sirvan para que construcciones estratégicas sean edificadas en zonas estables.

1.1.6 SUMINISTRO DE AGUA

La principal fuente de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Guayaquil es el río Daule, cuya obra de captación se encuentra a 26 Km de la ciudad, el agua es conducida hasta los diferentes sectores de Guayaquil mediante un sistema de distribución de redes, después del tratamiento realizado en la planta potabilizadora de la Toma ubicada a orillas del río, la producción de la planta en el año 1.996 fue de 10 m³/seg .

La demanda de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Guayaquil se estima que para este año (1.997) es de 725.360 m³/día y se espera que para el año 2.010 la demanda sea de 1'269.090 m³/día .

Según el INEC, el censo de 1990 determinó que la cobertura de abastecimiento de agua potable para Guayaquil era de 71,38 %, de lo cual, por el sistema de abastecimiento ,el 64 % de viviendas usan la red pública y el 34,6 % carro repartidor. El 1.4 % usa otros sistemas.

Actualmente se están realizando trabajos de instalación de nuevas tuberías de conducción de agua y adquisición de nuevos carros repartidores con el objetivo de tener una cobertura mayor al 90 %.

La provisión de agua potable enfrenta muchos problemas provocados por el hombre tales como:

- Fugas de aguas debido a instalaciones clandestinas y por malos acoplamientos en las uniones de las tuberías.
- La falta de mantenimiento y limpieza constante de los tanqueros, produce condiciones de insalubridad debido a que el agua ayuda a la corrosión interior del tanque almacenador.

- La limitada cobertura del servicio.
- La Toma, punto de captación de las aguas, considerada como punto crítico debido a la contaminación que existe en el río Daule.
- Filtraciones de aguas servidas en las tuberías de agua potable. Esto ayuda a la proliferación de enfermedades gástricas e intestinales.
- Los tanques de almacenamiento de agua de los usuarios, muchas veces en estado precario e insalubre contribuye a la proliferación de enfermedades gástricas e intestinales, especialmente el cólera. Casi el 50 % de los casos a nivel nacional se registraron en la provincia del Guayas en el año de 1.995. (El Universo, 28 de mayo de 1995).
- Deficientes hábitos sanitarios de la población. Según estudios de la Universidad de Guayaquil (Ricardo Cañizares 1.995), el 50 % de las madres de los sectores de pobreza consumen el agua cruda, el 37,5 % hervida y el 12 % en forma alternada. Mientras que en sus hijos, el 23,33 % la toman cruda y el 63,33 % la toman hervida.

1.1.7 Alcantarillado y Saneamiento ambiental

La ciudad de Guayaquil presenta serios problemas ambientales afectando directamente la salud de sus habitantes, una de las causas es el deficiente servicio de alcantarillado sanitario de la ciudad, el cual se pone a prueba cuando en periodos de lluvias el taponamiento de las tuberías es frecuente en los diferentes sectores de la ciudad permitiendo la acumulación y el estancamiento de las aguas residuales conduciendo a la generación de grandes cantidades de gases fétidos, a esto cabe añadir la presencia de numerosos microorganismos patógenos causante de enfermedades gastrointestinales que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar presentes en ciertos residuos industriales orgánicos.

En marzo de 1.993 las autoridades municipales de Guayaquil, suscribieron un convenio con la ESPOL y la Fundación para la investigación y Manejo de Desechos Urbanos de la Universidad de New Orleans (FIMDU-UNO), organización sin fines de lucro. Para que en conjunto realicen el estudio de factibilidad técnica del alcantarillado de Guayaquil con el objetivo de sentar las bases reales para una mejor organización, planificación, dirección y control de obras de protección del ambiente de la ciudad de Guayaquil.

Del estudio técnico realizado por la ESPOL y FIMDU-UNO en todos los componentes que conforman el sistema de alcantarillado sanitario de Guayaquil, se concluye lo siguiente:

- **Evaluación de Campo de las Redes de Alcantarillado.**

Para diagnóstico físico del sistema de colectores se consideraron las tuberías de diámetros iguales y mayores a 12” (pulgadas) y un total de 1.500 cámaras .

De la inspección realizada sobre la condición de funcionamiento se observaron los siguientes problemas: obstrucciones, acumulación de sedimentos, generación de gas sulfhídrico, corrosión de la corona de los tubos y de su superficie interna así como alcantarillas hidráulicamente sobrecargadas o sobredimensionadas, lo que demostró que el sistema actual de las redes de alcantarillado se encuentra inundados por aguas servidas.

Se observó que únicamente el 1.2 % de los 128.765 metros de tuberías evaluadas estaban trabajando a gravedad, el resto de las tuberías se encontraban inundadas y presentaban problemas de obstrucciones debido a gran acumulación de sedimentos .

Adicionalmente a estos problemas la situación empeora cuando existe la instalación de guías clandestinas que peligrosamente se unen al sistema e interconexiones al sistema de aguas lluvias, lo cual agrava el problema de falta de capacidad del sistema de alcantarillado sanitario. Esta circunstancia se agrava aún más debido a que muchas estaciones de bombeo se detectaron que son inoperables en la época del estudio, operan intermitentemente o con su capacidad de bombeo disminuida.

- **Evaluación de letrinas**

De acuerdo al ECAPAG ,existen tres tipos de letrinas, denominados Tipo I, Tipo II y Tipo III. La letrina tipo I, es común y tradicional, consiste en una excavación en el terreno de forma circular de 1.20 - 1.60 m de diámetro con una profundidad entre 2.0 - 2.5 m se caracteriza por tener el pozo receptor de excretas directamente debajo de la tasa higiénica; la letrina tipo II tiene el pozo receptor de excretas desviado respecto de la tasa higiénica; y finalmente, la letrina tipo III es una modificación de la letrina II, en la que el pozo receptor es un tanque séptico de dos cámaras, situado lado a lado y sobre los cuales se construye una superestructura. En vez de mover la superestructura, cuando un pozo se llena se mueve el asiento, se tapa el hueco de acceso al pozo lleno y se procede al utilizar el otro, la descarga se hace a un sistema de alcantarillado no convencional.

Según lo indicado por el INEC, en el año 1990 existían en Guayaquil 38.864 viviendas que usaban letrinas, lo que representaba el 12.1 % de las viviendas totales de Guayaquil, y 116.456 (36.4 % del total) viviendas usaban pozo ciego como medio de eliminación de excretas.

En el trabajo realizado por equipos organizado por la ESPOL, se pudo observar que de un total de 620 viviendas ubicadas en las zonas suburbanas de Guayaquil, el 79 % de las letrinas son de tipo I, y el restante 21 % del tipo II.



BIBLIOTECA
CENTRAL



BIBLIOTECA
CENTRAL

Durante las inspecciones realizadas en cada uno de los hogares con soluciones individuales, se detectó que el 32% de las letrinas no se observaron la presencia de insectos o malos olores, mientras que el restante número de letrinas si presentaban estos problemas.

También se observó que el 62 % de las letrinas no tenían ventilación. Adicionalmente, 30 % de las letrinas no tenía tasa higiénica sino únicamente un orificio en la cubierta del pozo ciego para recibir las excretas. La mayoría de las cubiertas eran de hormigón, el resto de madera y otros materiales.

En zonas marginales de la ciudad de Guayaquil existen poblaciones que superan los 300 habitantes por hectárea, por lo que hay que tener en consideración que todos los sistemas de eliminación de excretas antes mencionado tienen sus limitaciones. El Banco Mundial no recomienda esos sistemas individuales de eliminación de excretas para áreas donde la población supera los 250 - 300 personas por hectárea. Por lo que estos sistemas de eliminación de excretas no son aplicables sino un sistema convencional de alcantarillado sanitario.

Con el rápido crecimiento poblacional, la ciudad de Guayaquil se enfrentaría con serios problemas de eliminación de descargas incontroladas a las calles y otras áreas abiertas, produciéndose la acumulación y sedimentación de las aguas residuales lo que provocaría la proliferación de enfermedades.

Esta situación representaría una amenaza a la salud pública y a la seguridad sanitaria del área de servicio. Por lo que es recomendable en forma urgente dotar de alcantarillado sanitario a todos los sectores que recibirán redes de distribución de agua potable, sólo así las autoridades lograrán prevenir antes que lamentar.

- **Evaluación de la capacidad hidráulica del sistema existente de alcantarillado.**

El área de servicio del sistema existente comprende aproximadamente 6.430 hectáreas, que corresponde al 18.4 % del área urbana de Guayaquil, que es de 34.980 hectáreas. La población servida por el sistema de alcantarillado sanitario hasta inicio de este año es alrededor de 1'055.000 personas, que representan alrededor del 54 % de la población total actual de la ciudad. y en su mayor parte es ineficiente.

De acuerdo al INEN para las 6.430 hectáreas servidas, y si se espera para el año 2.025 un incremento de la cobertura de servicio del sistema actual de alcantarillado a un 95% de la población que se asentará en esas áreas, el actual sistema de alcantarillado sanitario debería tener capacidad de prestar servicio de recolección a alrededor de 1'465.000 habitantes, que corresponde al 55% de la población de Guayaquil para ese entonces estimada por el Proyecto ESPOL-UNO en alrededor de 2'670.000 habitantes.

El actual sistema de alcantarillado posee 18 estaciones de bombeo y 9 puntos de descarga final de aguas servidas a los ríos Guayas y Daule, en el estero Plano Seco y en un canal de aguas lluvias. Solo tres plantas proveen tratamiento, esto es, Las Orquideas, Alborada - Sauces y Guayacanes - Samanes. El resto de sitios no proveen en la actualidad ningún tratamiento a sus efluentes.

Los colectores principales de la ciudad de Guayaquil tienen capacidad para servir aproximadamente a una población 1'220.000 personas, lo cual representa el 79 % de la población que habitaría en las áreas actuales de servicio, este número de habitantes representa el 45 % de la población total de Guayaquil en el año de diseño.

Si todas las estaciones de bombeo existentes operaran de manera eficiente y se realizara el mantenimiento y reparación del sistema de alcantarillado actual, la capacidad hidráulica de los colectores en algunos tramos sigue siendo insuficiente, no se diga para el año de diseño (2.025).

Debido al rápido crecimiento poblacional y por ende el aumento de la demanda del servicio de alcantarillado, el Plan Maestro de alcantarillado recomienda que para evitar exceder la capacidad de los colectores existentes, una de las alternativas más atractiva es trasvasar los caudales a nuevos colectores, el proyecto ESPOL-UNO realizó prediseños de estos colectores.

● **Evaluación de las plantas de tratamiento**

Las primeras instalaciones de tratamientos que tuvo la ciudad de Guayaquil fueron construidas en el año de 1976, estas son las plantas El Guasmo y El progreso.

La planta “El Guasmo” se encuentra ubicada en La Pradera, las misma que recoge las aguas residuales provenientes de Sur y parte del centro de la ciudad, mientras que las descargas residuales del Norte y parte del centro de la ciudad las recibe la planta “El Progreso”, la cual se encuentra frente a la base de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

De acuerdo a la evaluación del proyecto ESPOL-UNO, estas dos Plantas de Tratamiento, no realizan ningún tipo de depuración, ya que en la realidad trabajan como estaciones de bombeo, descargando sus aguas contaminadas al río Guayas.

Para satisfacer las exigencias de la ECAPAG en el desarrollo de nuevas ciudadelas, los primeros sistemas secundarios construidos fueron financiados y operados por constructoras privadas. Es así que la ciudad de Guayaquil actualmente cuenta con cuatro sistemas de tratamiento que operan en forma irregular y deficiente, de las cuales

cuales tres consisten en lagunas de estabilización (Sauces-Alborada, Guayacanes-Samanes, y las Orquídeas) y uno que funciona con un tanque séptico y un filtro anaerobio (La Garzota).

Como resultado de la evaluación se determinó que las lagunas existentes están en condiciones de ser operadas si se realizan mejoras simples, como limpieza del fondo, mejoramiento de las estructuras de entradas, de salida y de intercomunicación, mejoramiento de muros y limpieza de coronas y periferia de las lagunas para accesibilidad. Se requiere además mejorar las condiciones físicas y operativas de las estaciones de bombeo que alimentan las plantas.

- **Evaluación de las estaciones de bombeo del sistema de alcantarillado sanitario**

La ciudad de Guayaquil, cuenta con las siguientes estaciones de bombeo:

- El Guasmo
- El Progreso
- La Chala
- Sauces-Samanes
- Alborada 1
- Alborada 2
- El Cóndor
- Ferroviaria
- Guayacanes
- La Garzota
- Las Orquídeas
- Prosperina (ESPOL)
- Puerto Azul

Las principales estaciones de bombeo de la ciudad, por su capacidad de bombeo disponible son “El Guasmo”, “La Chala” y “El Progreso” con capacidad de bombeo 2.142, 1.300 y 814 litros sobre segundo respectivamente. En el proyecto presentado y realizado por ESPOL y la UNO, se encuentra una tabla, que muestra detalladamente la evaluación de la capacidad de bombeo disponible en la ciudad de Guayaquil, así como un resumen de las condiciones físicas de las estaciones de bombeo existente.

TABLA 1.2

Resumen de la evaluación de la capacidad de bombeo disponible en la ciudad de Guayaquil .

ESTACION DE BOMBEO	CAPACIDAD DE DISEÑO l/s	CAPACIDAD DISPONIBLE CALCULADA, l/s	CONDICION DE LA CAPACIDAD
El Guasmo	2386	2142	Aumentar
La Chala	898	1300	Adecuada pero necesita cambios
El Progreso	830	814	Aumentar
Ferroviana	42	183	Adecuada pero necesita cambios
Eternit	17	0	Aumentar
Sauces-Alborada	632	475	Aumentar
Alborada 1	71	96	Adecuada
Alborada 2	68	104	Adecuada pero necesita cambios
Alborada 3	36	50	Adecuada
La Garzota	127	113	Aumentar
Urdenor	56	131	Adecuada
Bosques	5	11	Adecuada
El Cóndor	30	0	Aumentar
Los Alamos	38	0	Aumentar
Guayacanes	152	399	Adecuada
Las Orquídeas	107	74	Aumentar
Puerto Azul	74	78	Adecuada
Prosperina	No hay información	No hay información	Aumentar

Fuente: Proyecto “ ESPOL - UNO ”, 1.995

TABLA 1.3
Resumen de las condiciones físicas de las estaciones de bombeo existente
Instalaciones físicas

Estación de bombeo	Civil	Mecánica	Eléctrica
El Guasmo	Buena	Deficiente	Regular
La Chala	Buena	Buena	Regular
El Progreso	Buena	Buena	Regular
Ferroviaria	Regular	Deficiente	Regular
Eternit	Deficiente	No existe	No existe
Sauces-Alborada	Buena	Buena	Buena
Alborada 1	Deficiente	Regular	Regular
Alborada 2	Deficiente	Deficiente	Deficiente
Alborada 3	Regular	Falta de información	Falta de información
La Garzota	Regular	Regular	Buena
Urdenor	Buena	Buena	Buena
Bosques	Falta de información	Falta de información	Falta de información
El Cóndor	Deficiente	Deficiente	Regular
Los Alamos	Falta de información	Falta de información	Falta de información
Guayacanes	Regular	Buena	Regular
Las Orquídeas	Deficiente	Deficiente	Deficiente
Puerto Azul	Regular	Buena	Regular
Prosperina	Buena	Buena	Buena

Fuente: Proyecto "ESPOL - UNO", 1.995

1.2 CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS Y FISICAS DEL RIO GUAYAS

1.2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DEL RIO GUAYAS

No se puede entender la concepción geográfica tan compleja de todo lo que representa el Río Guayas, sin tener un estudio de todos sus componentes, desde la cuenca que abraza al Río, hasta el estuario del cual forma parte en su desembocadura. Tampoco podemos abstraernos de considerar la presencia del Estero Salado y todos sus ramales que en algunos puntos tienen contacto con el Guayas.

CUENCA DEL RIO GUAYAS

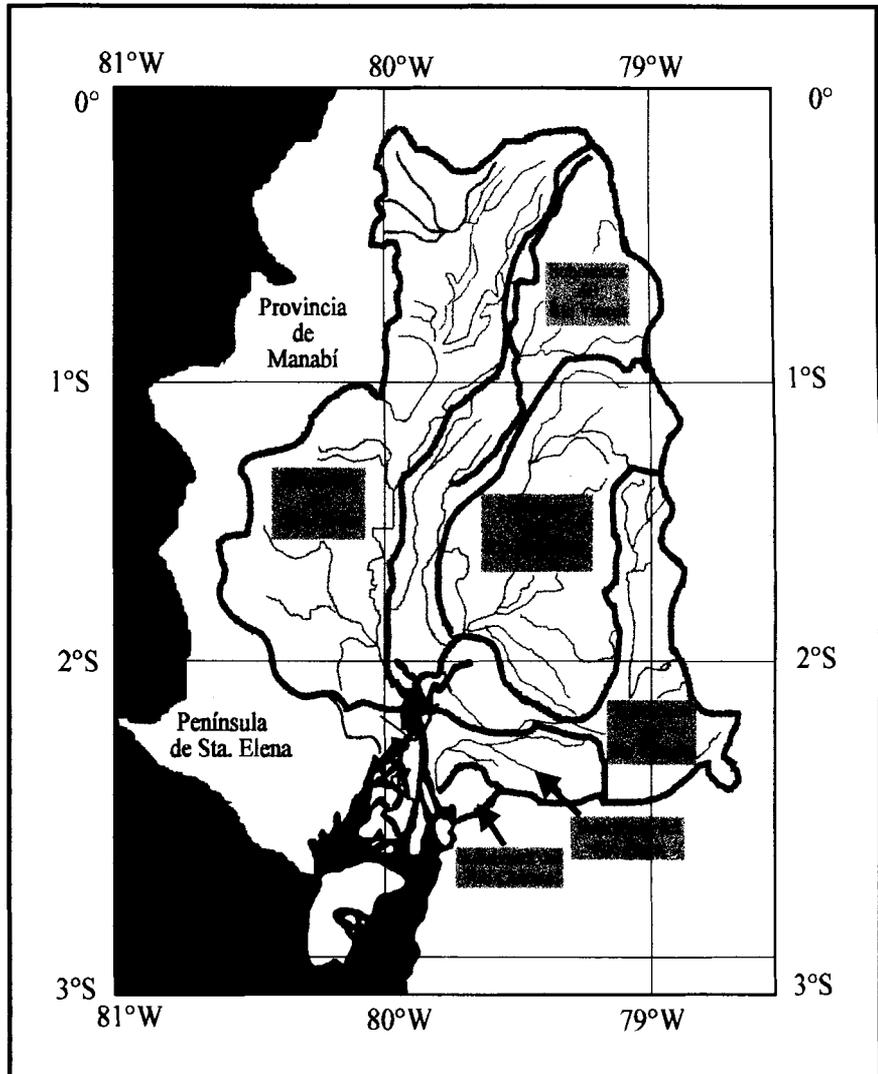
Es el sistema hidrográfico más importante de América del Sur, en la vertiente al Océano Pacífico. Los ríos Daule, Vinces y Babahoyo con sus respectivos afluentes ubicados al norte de la ciudad de Guayaquil constituyen el área de captación, que descarga en un colector único, que es el Río Guayas.



Esta cuenca tiene una extensión de 34.500 kilómetros cuadrados, esto es el 13% de los 270.670 kilómetros cuadrados del territorio nacional y en ella habita el 40 % de la población total del País, que son parte importante en el sistema productivo nacional.

Esta ubicada en la región litoral del Ecuador entre 0° 15' y 2° 15' latitud Sur, y entre 78° 40' y 80° 30' longitud Oeste (Figura 1.2). De las veinte y un provincias que componen el Ecuador, nueve forman parte de la Cuenca del Río Guayas.

FIGURA 1.2
Cuenca del Río Guayas

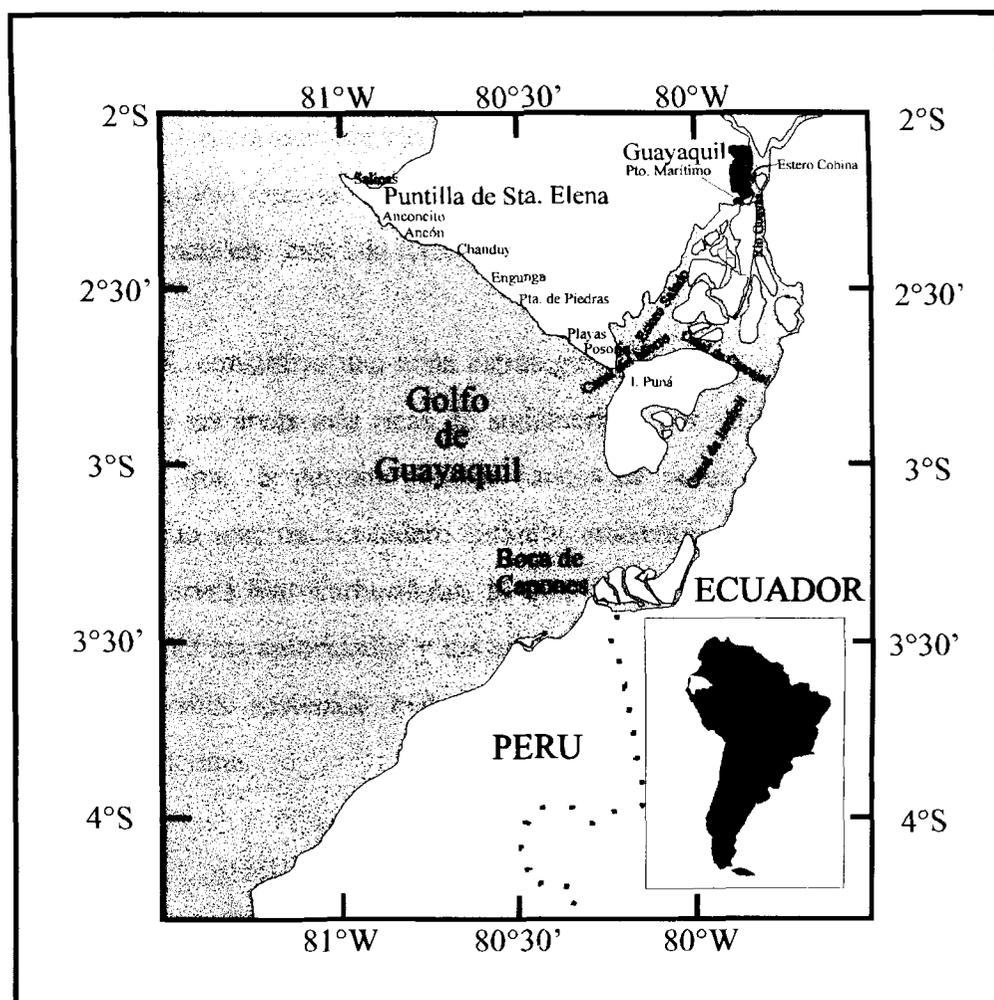


Fuente: CAAM 1996 "Sistemas Biofisicos Pesqueras en el Golfo de Guayaquil"

EL GOLFO DE GUAYAQUIL

Así como la cuenca del Río Guayas es la más grande de la costa sudamericana, el Golfo de Guayaquil, es el estuario más grande de Sudamérica. La entrada del Golfo se introduce en el litoral ecuatoriano por sobre 120 Km. (Figura 1.3).

FIGURA 1.3
Golfo de Guayaquil



Fuente: CAAM 1996 "Sistemas Biofísicos Pesquerías en el Golfo de Guayaquil"

El Golfo de Guayaquil, se divide en dos estuarios, uno exterior por fuera de la Isla Puna, y un estuario interior que penetra en el litoral ecuatoriano, en este estuario, se definen dos sistemas hídricos: El Estero Salado, y el Río Guayas. Estos dos sistemas se encuentran conectados, por varios ramales, de ellos los principales son: el Canal de

Cascajal que separa la isla Puna de la serie de pequeñas islas de manglar que caracterizan al Golfo, y el otro de origen artificial que une el Estero y el Río a través del Estero Cobina a la altura de Puerto Marítimo por las esclusas.

La extensión estimada del sistema del Estero Salado, medido desde el puerto Marítimo de Guayaquil hasta mar abierto es de aproximadamente 80 Km; mientras que para el sistema del Río Guayas, medido desde la ciudad de Guayaquil hasta mar abierto ejerce su influencia en casi 100 Km.

El Golfo de Guayaquil, constituye una zona estratégica y de gran valor para nuestro país así como una de las áreas más ricas de sudamérica por varios factores: entre ellos la biodiversidad, que le permite generar bancos de peces de varias especies, extensos manglares que son un verdadero pulmón ambiental para esta región del continente, y sus reservas hidrocarburíferas, lo que hacen del Golfo un patrimonio natural. Es por eso, que las autoridades y los ecuatorianos debemos esforzarnos por generar en él un desarrollo sostenido, evitando el atentado ecológico del que en los últimos años ha sido víctima.

RIO GUAYAS

El Guayas geográficamente es una Ría, es decir un Río sujeto a la acción de las mareas. En el presente estudio se lo tratara indistintamente de las dos formas. El Río Guayas nace a la altura de “La Puntilla”, como producto de la confluencia de los Ríos Daule y Babahoyo, es la vertiente terminal de la Cuenca que lleva su nombre, tiene una extensión aproximada de más de 50 Kilómetros, geológicamente se lo puede considerar como un Río terminal, es decir poco profundo con respecto a su ancho que es en promedio de 2 Kilómetros, excepto frente a la ciudad de Guayaquil donde el Río bordea a la Isla Santay.

Con respecto al caudal o gasto, no se tiene datos actualizados, pues han existido a lo largo de los últimos años a más de las variables características como las mareas, diversos factores que varían su caudal, como el represamiento del Río Daule (Presa Daule Peripa, y estaciones anómalas que alteran la meteorología la cuenca del Guayas).

Con certeza se puede afirmar que el Río tiene un gasto mayor a 3000 m³/sg en época seca.



ESTERO SALADO.-

Paralelo al Río Guayas, y hacia el Occidente, a modo de brazo de mar se encuentra el Estero Salado. Algunos investigadores y geólogos, creen que el estero Salado, junto con el Río Guayas, formaban parte de un gran delta, que se comunicaban entre sí hasta la gran llanura en donde hoy se asienta la ciudad de Guayaquil, tal como sucede hoy con los canales de Cascajal, y Chupadores Grande. La separación al norte del delta, se produjo por el gran arrastre de sedimentos terrígenos, que poco a poco fueron embancándose hasta cubrir los canales y formar la planicie donde se asienta la ciudad.

El cauce del Río Guayas está a una cota mayor que el Estero Salado, pues éste se encuentra cercano al nivel del mar. Por sus características geomorfológicas, y por la falta de contribuyentes, el estero no tiene la dinámica hidráulica que posee el Río Guayas.

1.2.2 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS DEL RIO GUAYAS

SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

Debido a la existencia de corrientes, que prevalecen en el Río, los sedimentos se mantienen en suspensión, y en su mayoría sus concentraciones dependen de la magnitud de las corrientes.

Las oscilaciones de marea, tienen influencia también en el transporte de los sedimentos, así como la agitación producida por las olas, aumentando la concentración de los sedimentos con la profundidad.

De acuerdo a la CAAM, Cruz-Orozco (1974) determinaron algunas concentraciones de sedimentos en suspensión, al finalizar la estación seca, del área de interés podemos citar que: frente a la ciudad de Guayaquil, un metro por debajo de la superficie, se tiene una concentración máxima de 1100 mg/l y mínima de 150 mg/l, y a un metro por sobre el fondo se tiene una concentración máxima de 1800 mg/l, y mínima de 200 mg/l.

Esta diferencia, se debe básicamente a que por hidráulica la mayor fuerza de las corrientes se encuentran en el tercio inferior en un río terminal como lo indica Ven Te Chow (1994), tomando como referencia a Ahmed Shukry (1950).

La característica estacional del Río, se presenta de hecho en la concentración de sedimentos que es mayor en la estación lluviosa que en la estación seca, por el mayor aporte de escorrentías hacia los afluentes del Río Guayas, y al río mismo como producto de las lluvias.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA

TEMPERATURA

La temperatura del Río Guayas presenta variaciones estacionales, causadas por las estaciones que existen en nuestro país, y también variaciones puntuales, que identifican a ciertas lugares del río que son afectadas por contaminación de tipo termal. Nos referiremos únicamente a los promedios estacionales, de acuerdo al INOCAR (1997) en la época fría o seca, la temperatura presenta una media de 25 °C, y en época húmeda o lluviosa, el promedio de temperatura es de 28 °C.

SALINIDAD

El Río Guayas, presenta valores de salinidad bastante bajos, frente a la ciudad de Guayaquil, en épocas de lluvias este valor puede registrarse en 0.5 ppm, y en época seca valores de hasta 3 ppm de acuerdo a lo que indica INOCAR (1997) , para el presente proyecto, se considerará salinidad de 0 ppm.

TURBIDEZ

De acuerdo al INOCAR (1994) la turbidez del agua en el Río Guayas, tomada por medio del disco SECCHI, registra poca variación estacional. Así tenemos valores de profundidad del disco SECCHI relativamente bajos, promedio de 2 m que manifiestan la gran turbidez del agua del río por la fuerte influencia del aporte fluvial que acarrea gran cantidad de sedimentos en suspensión.

OXIGENO DISUELTO

El Oxígeno es el principal parámetro de referencia ambiental en lo que a calidad de aguas se refiere, los procesos físicos, no afectan drásticamente al oxígeno, no así la cantidad de biota existente en el agua. De acuerdo al INOCAR (1996) tanto en la época lluviosa como en la época seca, los niveles de oxígeno disuelto se mantienen en promedio de 4.6 mg/l, y a causa de la dinámica que posee el Río, la variación vertical de los valores de oxígeno disuelto no tiene mayor variación manteniéndose un promedio de 4.5 mg/l, pudiendo variar estos valores debido a múltiples factores, como la contaminación, y en ocasiones el calentamiento de las aguas, como se confirma en el Modelo presentado en éste estudio.

PH

La concentración del potencial hidrógeno PH, en un río de las características del Guayas, es muy importante para especificar el grado de carga ácida o básica que pueden tener el agua y permite o no la subsistencia de diversos tipos de organismos, desde las especies pelágicas, hasta organismos patógenos que requieren un rango de PH adecuado para su subsistencia. El rango de PH según el INOCAR (1996) esta entre 6.8 a 7.5.

MAREAS

“La fuerza principal de la marea que actúa en el Golfo de Guayaquil corresponde a la componente armónica semidiurna $m = 12.42$ horas, la cual se debe a la atracción gravitacional de la luna; por tanto, se obtienen dos ciclos de marea cada día lunar, es decir, dos pleamares y dos bajamares cada 24.8 horas. La onda de marea muestra pequeñas desigualdades diurnas ya que sus amplitudes no son iguales para dos ciclos de mareas consecutivos; se presenta

una pleamar mas baja y una mas alta alternadamente; igual comportamiento ocurre en las bajamares. Sin embargo, estas desigualdades diurnas de las mareas generalmente no exceden el 5% del rango” (Murray et al., 1975 CAAM 1996)

“La complicada geometría de los canales y la fricción hidráulica con el fondo determinan que la onda de marea sufra una deformación gradual conforme penetra en el estuario; como resultado, existe un incremento del rango de marea hacia el interior del estuario...” (INOCAR 1995 CAAM 1996). Nótese en la tabla 1.4 la diferencia en la altura de marea a la misma hora entre Guayaquil y Puná

TABLA 1.4
Rango Comparativo de Marea

BANCO DE MAREA (m)	
Día ..25 de junio de 1997 a las 10:45 horas.....	
Lugar	Altura
Isla Puná (Punta Mandinga)	3.8
Guayaquil	4.2

Fuente: INOCAR 1997

“A lo largo de la entrada del Golfo de Guayaquil (meridiano 81°W), las pleamares aparecen al mismo tiempo, es decir en fase, pero experimentan un progresivo retardo a medida que penetran en la parte poco profunda del golfo debido a la fricción lateral y del fondo; cuando finalmente la marea llega a Guayaquil, la pleamar se produce cerca de 4 horas más tarde que en la entrada del golfo. Por su parte, entre la Isla Puná (Punta Mandinga) y Guayaquil, la onda de marea exhibe un desfase de aproximadamente 2 horas” (Stevenson, 1981; INOCAR, 1995, CAAM 1996).

CIRCULACIÓN DEL AGUA

En el Río Guayas, las corrientes son producto de la entrada y salida del agua durante cada fase de marea, la fuerza de la corriente depende de la amplitud de la onda de marea. Tomando en cuenta, que estamos tratando sobre una Ría, este parámetro influye mucho en sus características.

CORRIENTES DE MAREA

Las velocidades máximas se presentan en la mitad del ciclo de marea, es decir, a mitad de camino entre la pleamar y la baja mar.

TABLA 1.5

Máximas Velocidades Estacionales de la Corriente Superficial Durante Flujo y Reflujo de la Marea (m/s)		
LUGAR: Frente a la ciudad de Guayaquil.		
	Cm/sg	
	Sicigia 22 Mayo/97	Cuadratura 28 Mayo/97
Flujo	206.36	201.04
Reflujo	173.16	234.83

Fuente: INOCAR 1997

Por ser el Río Guayas un canal de poca profundidad con respecto a la altura de la marea, existe una distorsión temporal y espacial del perfil de la marea donde la

velocidad de la cresta es la mayor que la del seno; para el caso de una onda de naturaleza progresiva como la del Río Guayas.

CARACTERISTICAS BACTEREOLÓGICAS DEL RÍO GUAYAS

Los usos comunes del agua, que mayormente dependen de la calidad de la misma, son el suministro industrial y doméstico, la propagación de especies, recreación acuática, cultivo de peces y diseño estético del entorno. El caso del Río Guayas, conexo al desarrollo de la ciudad, debe ser referido a uno de estos aspectos. Si bien es cierto, no podemos obtener de él agua potable, por lo menos debemos insistir en contaminarlo menos. Nuestro Río lamentablemente se caracteriza por una presencia alta de bacterias coliformes fecales.

De acuerdo a esto, el valor aceptado como normal para el Río Guayas, es de un valor promedio de 3000 NMP/100 mililitros, lamentablemente al momento, y de acuerdo al Laboratorio del Departamento de Investigación y Control de Polución de la ECAPAG los valores promedios en la estación de control a la altura de la planta El Guasmo (La Pradera) es de 93000 NMP/100 mililitros, cantidad real y preocupante, tal como se confirma en los ensayos realizados en el presente proyecto.

CONCEPTOS DE DINAMICA AMBIENTAL DE UTILIDAD EN APLICACIÓN DE MODELOS DE CALIDAD DE AGUA

• DIFUSION

“La difusión es definida como la dispersión de una propiedad del fluido, como los contaminantes, sin que exista transferencia neta de la masa del fluido mismo”. (CAAM 1996)

- **PRISMA DE MAREAS**

“Es la habilidad de un estuario en dispersar los contaminantes introducidos en el mismo. Su magnitud es aproximadamente igual al rango de marea multiplicado por el área promedio de la superficie del estuario”. (CAAM 1996)

- **TIEMPO DE RENOVACIÓN (FLUSHING TIME)**

“Conforme el río fluye hacia el mar, desplaza continuamente el agua estuarina y la reemplaza con nueva agua del río. El tiempo que toma reemplazar el agua estuarina es denominado el Tiempo de Renovación (o Flushing Time), el cual es calculado como la razón entre el volumen de agua dulce acumulado en el estuario y la descarga del río” (CAAM 1996).

“Considerando el sistema Río Guayas-Canal de Jambelí en toda su extensión desde la ciudad de Guayaquil hasta la entrada del Canal de Jambelí, Murray et al. (1975) estimó el Tiempo de renovación de las aguas estuarinas en aproximadamente 21 días; éste sería el máximo tiempo de renovación considerando que fue calculado en función de datos obtenidos durante el período de octubre-noviembre, época en que la descarga del río se encuentra en su mínimo. Durante la estación de lluvias, el Tiempo de Renovación deberá disminuir, aunque no en la misma proporción en que aumenta la descarga del río, ya que el volumen de agua dulce también se incrementa con el aumento de la descarga fluvial.” (CAAM 1996)

CAPITULO II

CONTAMINACION

2.1 Descripción General de Contaminación

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos (aguas residuales) es esencialmente el agua de que se desprende la comunidad una vez que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada.

En un folleto presentado por el Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas (Seminario “ Tecnologías Apropriadas en el Saneamiento Básico”) dice: **“A nivel mundial se producen 80.000 toneladas de heces fecales humanas al día, lo cual representa una carga tremenda para el ambiente, mientras que la cantidad de residuos sólidos urbanos producidos es tan grande que sólo en América Latina se registran cifras que ascienden a los 275.000 toneladas diarias.**

Durante el periodo comprendido entre 1.981-1.990, designado por las Naciones Unidas como la Década Internacional para el Saneamiento y Abastecimiento del Agua potable, como una de las metas a alcanzar que se trazaron estuvo el abastecimiento seguro de agua de calidad y en cantidad suficiente y suministro de facilidades sanitarias a un nivel básico para todo el mundo, antes de 1.990. Desdichadamente, en América Latina este ideal fue inalcanzable, ya que apenas hubo un aumento del 11 % en el abastecimiento del agua y un mejoramiento del 28 % en la dotación de sistemas para la disposición de excretas. El obstáculo principal para alcanzar la meta trazada no sólo fue las diversas situaciones técnicas y sociales, sino también las dificultades económicas existentes.

El costo per cápita para el mejoramiento del agua y saneamiento básico para esta década (1.990-2.000), se estima de 30 a 200 dólares para el abastecimiento de agua y 20-350 dólares para las facilidades sanitarias.”

Desde el punto de vista de las fuentes de generación, Metcalf & Eddy en su libro titulado Ingeniería de Aguas Residuales define al agua residual como **“la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.”**

El manejo sin control de los desechos dan como resultado la insalubridad del medio donde habita e influyen negativamente sobre la salud de la población.

Las aguas servidas de la ciudad de Guayaquil, constituyen graves problemas no solo por el previo tratamiento que deben dársele a estas aguas antes de ser vertidos al río Guayas o al Estero Salado sino por el desprendimiento de olores fétidos que de ella se desprenden debido a la descomposición de la materia orgánica producto de la acumulación y estancamiento de las aguas residuales.

El agua residual contiene microorganismos patógenos que son causantes de la proliferación de enfermedades gástricas e intestinales

Es por todo aquello que para evitar la proliferación de enfermedades gástricas, de la piel, etc. la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es no sólo deseable sino también necesaria en toda sociedad industrializada, como la ciudad de Guayaquil.

2.1.1 Contaminación Residencial

Un reportaje publicado en el diario “El Universo” del 15 de septiembre de este año indica que la ciudad de Guayaquil genera alrededor de 270.000 metros cúbicos de

aguas servidas diarios, sin contar lo que se queda en la tubería, debido a sólidos que obstruyen las cañerías, y se convierten en gas.

También recalca que debajo de la ciudad existiría verdaderos pozos sépticos debido a la acumulación y estancamiento de las aguas residuales lo que permite la obstrucción de su libre cauce produciendo el taponamiento de las tuberías.

Esta generación y acumulación de gases encerrados puede traer graves consecuencias, por no decir catastróficas, ya que dentro de las tuberías se generan varios tipos de gases como el gas sulfhídrico que es altamente tóxico, metano que a mínimas concentraciones es altamente inflamable y otros gases expansivos como el de la gasolina que de llegar a mezclarse y no tener desfogue produciría una explosión con graves pérdidas humanas y económicas como sucedió en 1.992 en la ciudad de Guadalajara- México.

Esto puede producirse especialmente en el casco comercial donde se concentra el sistema más viejo de alcantarillado.

La determinación de las aguas residuales residenciales, generalmente se la realiza en función de la densidad poblacional así como de la superficie que ocupan.

En el libro de Ingeniería de Aguas Residuales de Metcalf & Eddy, se muestra una tabla de valores típicos para el cálculo de caudales de aguas residuales.

TABLA 2.1
Caudales de aguas residuales típicos en Centros residenciales:

Fuente	Unidad	Caudal (l/unidad*día)	
		Intervalo	Valor típico
Apartamento			
Alto standing	persona	132-280	190
Nivel Medio	persona	198-300	245
Hotel	cliente	115-210	170
Residencia individual			
Vivienda Media	persona	170-340	265
Vivienda clase alta	persona	225-380	300
Vivienda de lujo	persona	280-570	360
Vivienda antigua	persona	115-225	170
Motel			
con cocina	unidad	340-680	380
sin cocina	unidad	285-570	360

Fuente: Metcalf & Eddy 1996

2.1.2 Contaminación comercial

El cálculo de los caudales de aguas residual comercial de la ciudad de Guayaquil no fue posible obtenerlos por falta de información en las distintas instituciones. En todo caso la obtención de estos datos puede basarse en datos de zonas existentes tales como aeropuertos, centros comerciales, lavanderías, etc.

Las estimaciones pueden hacerse de la tabla que se muestra a continuación, perteneciente al libro antes mencionado.

TABLA 2.2
Caudales de aguas residuales típicos en centros comerciales.

Fuente típico	Unidad	Caudal (l/unidad*día)	
		Intervalo	Valor
Aeropuerto	Pasajero	8-15	11
Estación de servicio	Coche servido	25-50	40
	Empleado	35-55	45
Bar	Cliente	5-20	10
	Empleado	40-60	50
Grandes almacenes	Lavabo	1500-2250	1900
	Empleado	30-45	40
Hotel	Cliente	150-210	180
	Empleado	25-50	40
Edificio industrial (solo aguas sanitarias)	Empleado	25-60	50
Lavandería	Lavadora	1700-2500	2100
	Lavado	170-210	190
Oficina	Empleado	25-60	50
Restaurante	Comida	8-15	10
Centro comercial	Empleado	25-50	40

Fuente: Metcalf & Eddy 1996

2.1.3 Contaminación Industrial

En una publicación del diario “El Universo” del 14 de septiembre de este año indica que en lo que respecta a la contaminación industrial, la ECAPAG admite que no conoce con precisión el daño que están ocasionando esas descargas.

Se calcula que existen una 150 industrias mayores en Guayaquil, entre textiles, metalúrgicas, alimenticias, fábricas de gaseosas y empacadora de mariscos, etc. de las 740 industrias catastradas entre pequeñas, medianas y grandes, de todas estas alrededor del 2 a 3 % evacuan sus efluentes después de un sistema de tratamiento.

El cálculo de los caudales de las aguas residuales industriales que descargan sobre el río Guayas y el estero Salado hay más presunciones que certeza. EFFICACITAS, una empresa guayaquileña realizó una evaluación preliminar sobre el cálculo de las descargas industriales en julio de 1.996, con el apoyo del INEN. Se estimó que este caudal rebasa los 9'300.000 metros cúbicos por año, es decir aproximadamente un promedio de 25.480 metros cúbicos diario.

Para el cálculo de las descargas industriales se evaluaron 451 industrias sin tomar en cuenta las industrias asentadas Durán, que también contribuyen al deterioro del sistema hídrico de Guayaquil. Las industrias alimenticias, bebidas y tabaco son los principales contribuyentes y como segundo nivel las industrias de sustancias químicas y derivados del petróleo, carbón, caucho y plástico.

El cálculo de estos caudales generadas en las diferentes sectores industrializados dependen del tipo y tamaño del centro industrial, el grado de reutilización del agua, y el pretratamiento que se de al agua utilizada, en el caso de que exista pretratamiento alguno.

Metcalf & Eddy manifiestan que “en aquellos casos en los que se conozca perfectamente la naturaleza de la actividad industrial que se desarrolla, se pueden emplear los valores de la siguiente tabla. Para la industria en las que no se reutiliza internamente el agua, podemos asumir que entre el 85 y 95 por 100 del agua empleada en los diversos procesos se convierte en agua residual, mientras que en las grandes industrias con sistemas de reutilización de agua es preciso llevar a cabo estudios más detallado”.

Las estimaciones pueden hacerse de la tabla que se muestra a continuación, perteneciente al libro antes mencionado.

TABLA 2.3

Industrias: Valores típicos de los consumos

Industria	Caudal (m ³ /ton producto)
Conservera	
Judías verdes	45-65
Melocotones y peras	14-18
Otras frutas y verduras	4-32
Química	
Amoniaco	90-270
Dióxido de carbono	51-80
Lactosa	545-725
Azufre	7-9
Alimentaria y bebida	
Cerveza	9-15
Pan	2-4
Envasado de carne	15-20
Productos lácteos	9-20
Whisky	50-70
Pasta y Papel	
Pasta	225-720
Papel	110-140
Textil (Blanqueado)	180-270
Textil (Tinte)	25-50

Fuente Metcalf & Eddy 1996

2.1.4 Contaminación Institucional

El cálculo de los caudales de aguas residual institucional de la ciudad de Guayaquil no fue posible obtenerlos por falta de información en las distintas instituciones. En todo caso la obtención de estos datos puede basarse en datos de zonas existentes tales como hospitales médicos y psiquiátrico, prisión, asilo, colegio, etc.

Las estimaciones pueden hacerse de la tabla que se muestra a continuación, perteneciente al libro antes mencionado.

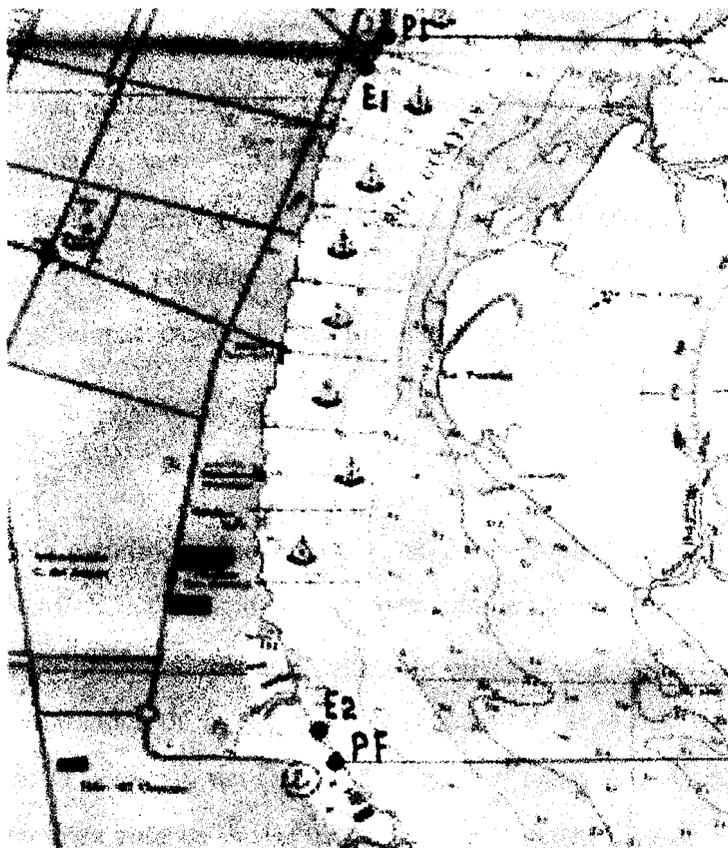
TABLA 2.4
Caudales de aguas residuales típicos en centros institucionales

Fuente	Unidad	Caudal (l/unidad*día)	
		Intervalo	Valor típico
Hospital médico	Cama	470-900	625
	Empleado	20-55	40
Hospital psiquiátrico	Cama	285-530	380
	Empleado	20-55	40
Prisión	Recluso	285-570	435
	Empleado	20-55	40
Asilo	Residente	190-455	320
Colegio, diurno	Empleado	25-50	40
Con cafetería, gimnasio y ducha	Estudiante	55-115	95
solo con cafetería	Estudiante	40-75	55
Colegio internado	Estudiante	190-380	285
Oficina	Empleado	25-60	50
Restaurante	Comida	8-15	10

Fuente: Metcalf & Eddy 1996

2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MONITOREO Y EVALUACION DE LA CONTAMINACION DE LAS INDUSTRIAS EN LOS CUERPOS DE AGUA QUE RODEAN A LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, EMPLEANDO EL SIG.

FIGURA 2.1
Area De Estudio



Segmento de Carta I.O.A. 1071 Río Guayas 1:25000 (INOCAR)

POSICION GEOGRAFICA

GRILLA: Area de Estudio

Entre 02° 12" Latitud Norte y 02° 14" Latitud Norte, y Ribera de la Ciudad de Guayaquil e Isla Santay.



2.2.1 BREVE DESCRIPCION DEL S.I.G.

El Sistema de Información Geográfica, es un sistema de computación diseñado para ingresar, almacenar, manipular, analizar y extraer datos georeferenciados. Ejemplos de datos georeferenciados, incluyen: Topografía, hidrología, fronteras políticas, mapas de hábitats, datos de población, y como en el caso del presente documento, datos sanitarios y medioambientales. Un SIG permite la relación de una multiplicidad de datos en una base informática de soporte usando una localización geográfica común. Los programas y los equipos de computación permite al usuario, ver e interactuar con datos en diferentes maneras, por la flexibilidad de los mapas electrónicos y la base de datos para generar escalas, colores y códigos de pantalla. Los usuarios pueden también manipular sus mapas libremente, adicionar capas de nuevos datos y estudiar detalles y relacionarlos entre sí.

En el presente estudio, se implementará un SIG, empleando como herramienta el programa MAP-X. Se posicionan primeramente los puntos críticos evaluados, con su posición geográfica, direcciones (calles), referencias y detalles. Luego y en base a los datos obtenidos de la curva de disminución de la concentración de oxígeno disuelto y de la variación del DBO del Modelo Elemental de Calidad de Agua, se ubica en una línea base cada 500 metros los valores de OD y de DBO. Luego con la ayuda de WINSURF, se generan las isofletas de oxígeno disuelto y DBO en la grilla de estudio.

2.2.2 DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CRITICOS DE CONTAMINACION.

DESCRIPCION DE LAS DESCARGAS

1. JABONERIA NACIONAL S.A.

La tubería, de descarga que se proyecta sobre el río, es de forma rectangular tiene una longitud de 80 centímetros, es de hormigón armado, y se encuentra en buenas condiciones.

DIRECCION: Parque Industrial Río Guayas Sur: Calicuchima y La Ría.

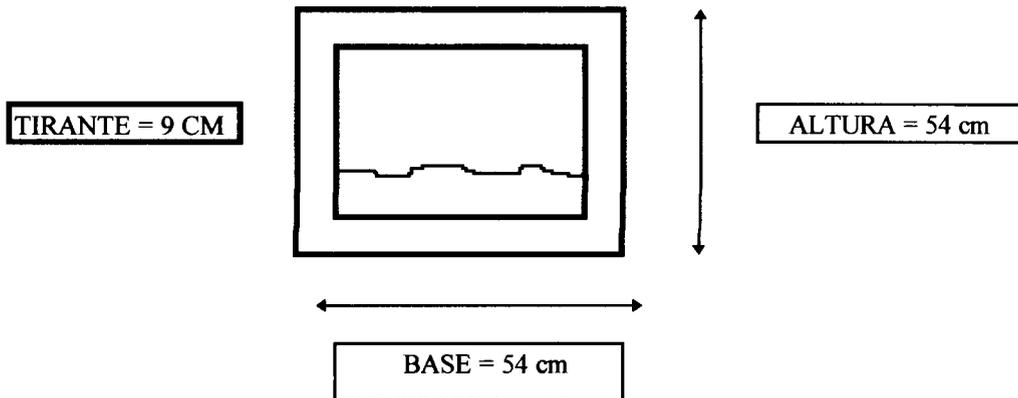
FOTOGRAFIA 2.1

Descarga de la Jabonería Nacional S.A.



Tomada en Junio 1997 por Zambrano I.C.

FIGURA 2.2
Tubería de Descarga de la Jabonería Nacional S.A.



Flujo = 2.51 m/s

Area Mojada = 0.0486 m²

Caudal = 0.122 m³/s

DESCARGA GRANDE DE LA FAVORITA

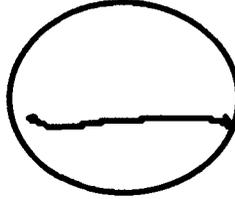
La tubería, de descarga en esta estación es una de las más evidentes a lo largo de todo el cauce del río Guayas, en los primeros meses de 1997, no existía el enlucido y mampostería, sino solamente un enrocado, por el cual se podía ver filtraciones desde la planta, para el mes de Junio ya aparece el muro. La tubería que sale al momento 30 centímetros es de hormigón simple, y se encuentra en buenas condiciones.

FIGURA 2.3

Tubería Grande de la Favorita

Diámetro =	60 cm
------------	-------

Tirante =	20 cm
-----------	-------



flujo = 2.3 m/s

CAUDAL = 0.1896 m³/s

3. DESCARGA PEQUEÑA DE LA FAVORITA

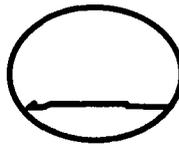
La tubería, de descarga en esta estación esta sobre la tubería grande y se proyecta sobre el río dos metros, es de hormigón simple, y se encuentra en buenas condiciones.

FIGURA 2.4

Tubería Descarga Pequeña de La Favorita

Diámetro =	29 cm
------------	-------

Tirante =	12 cm
-----------	-------



flujo = 1.57 m/s

CAUDAL = 0.039 m³/s

DIRECCION: Parque Industrial Río Guayas Sur: Ciudadela La Pradera, Av. 11 y La Ría

FOTOGRAFIA 2.2

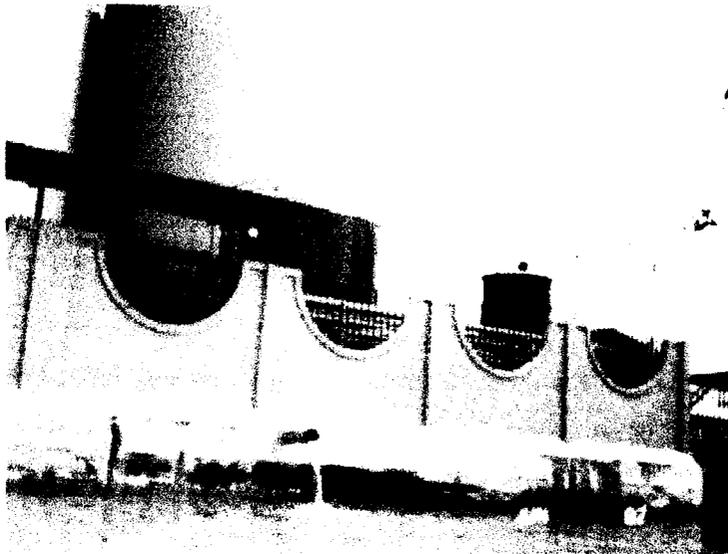
Tuberías en Enero 1997



Tomada en Enero 1997 por Suárez P.

FOTOGRAFIA 2.3

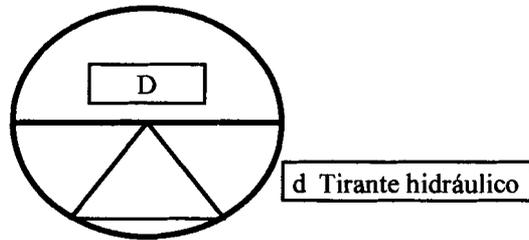
Tuberías en Junio 1997



Tomada en Junio de 1997 por Zambrano I.C.

Cálculo del área mojada para tuberías circulares

Para el cálculo del Gasto, se emplea la siguiente expresión.



$$A = D^2 / 8 * (\theta - \text{SEN } \theta)$$

$$\theta = 2 \times \text{Arcocoseno} \left[1 - 2 \left(\frac{d}{D} \right) \right]$$

UBICACION

Para la realización del proyecto de tesis, inicialmente se tomo siete puntos, su localización, en forma preliminar se realizó el día 15 de marzo de 1997, empleando un GPS portátil marca MAGALLAN 500V:

TABLA 2.6

Puntos Preliminares Obtenidos Por GPS

Lugar	Posición
Salida Esclusas	02° 15' 45" S
	79° 51' 57" W
ANDEC FUNASA	02° 15' 25" S
	79° 52' 01" W
Valvoline	02° 15' 10" S
	79° 52' 21" W
La Favorita (Silos Verdes)	02° 14' 14" S
	79° 53' 02" W
UNIVERSO	02° 13' 57" S
	79° 53' 07" W
Descarga con Tubería	02° 12' 22" S
	79° 53' 00" W
Gobernación	02° 11' 40" S

Elaborado por: Suárez -Zambrano

Fecha: Febrero 1997

Una vez realizado el análisis de los puntos que entran en el área de estudio, y verificado las estaciones que se van a emplear para continuar con el proyecto propuesto. El día Miércoles 14 de Mayo se empleo el sistema de posicionamiento por ángulo y distancia, (más exacto que el empleo de GPS), empleando teodolito Wild T2 y sistema de posicionamiento electrónico DECCA. Ubicando el teodolito en el Isote Cross y encerado con el Punto Geodésico de Molinos del Ecuador (0.2° 13' 49.9426" Sur y 79° 53' 00.68" Oeste). Se obtiene así los puntos definitivos a ser estudiados:

TABLA 2.7
Posición De Puntos a Ser Estudiados

LUGAR	LATITUD	LONGITUD
INICIO GRILLA	02° 12' 13" Sur	79° 52' 58" Oeste
ANTES DE LA DESCARGA E1	02° 12' 18" Sur	79° 53' 01" Oeste
DESCARGA E1: (Jaboneria Nacional S.A.)	02° 12' 20" Sur	79° 52' 0.1" Oeste
ANTES DE LA DESCARGA E2	02° 14' 09" Sur	79° 53' 0.5" Oeste
DESCARGA GRANDE E2: (La Favorita)	02° 14' 10." Sur	79° 53' 0.5" Oeste
DESCARGA PEQUEÑA E2: (La Favorita)	02° 14' 10" Sur	79° 53' 0.5" Oeste
FIN GRILLA	02° 14' 20" Sur	79° 53' 0.5" Oeste
ESCLUSAS	02° 15' 45" Sur	79° 51' 57" Oeste

Elaborado por: Suárez-Zambrano

Fecha: Mayo 1997

Como se observó en las fotografías, 2.2 y 2.3, existen dos descargas, al referirnos a descarga grande E2, nos referimos a la descarga grande de La Favorita, y cuando hablamos de descarga pequeña E2, hablamos de la descarga pequeña de La Favorita; que para la aplicación del Modelo de Calidad de Agua trataremos como una sola descarga.

2.3 DATOS DE CONTAMINACION DE LAS DESCARGAS DE LAS INDUSTRIAS DENTRO DEL AREA DE ESTUDIO (CEMA).

Dentro del Proyecto emprendido por el Centro de Estudios de Medio Ambiente de la ESPOL, en donde se realizó el inventario de las industrias, se confirmó que para la investigación que se esta desarrollando, los puntos indicados son los adecuados, para verificar el propósito del proyecto.

2.3.1 Metodología Empleada

En la ciudad de Guayaquil, existen pocos laboratorios, en los que se realiza este tipo de ensayos, entre ellos se encuentran el laboratorio de la ESPOL, el laboratorio del INOCAR, el laboratorio de la ECAPAG.

Los ensayos de la Tesis, se realizaron en el laboratorio de Oceanografía Química del INOCAR.

2.4 DATOS DE CONTAMINACION DE LAS TRANSECTAS MUESTREADAS EN EL AREA DE ESTUDIO (INOCAR)

• DEFINICIONES DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA ENSAYADOS:

OXIGENO DISUELTO OD: Se lo define como la cantidad de oxígeno existente en un cuerpo de agua, que permite la respiración de los organismos aerobios, así como de otras formas de vida, se lo mide en mg/l.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO: Es un ensayo por medio del cual se determina indirectamente el contenido de materia orgánica en una solución acuosa. La determinación es indirecta ya que lo que se mide es el cambio en la concentración de oxígeno disuelto causado por los microorganismos mientras degradan la materia orgánica, se lo mide en concentración de masa mg/l. A mayor DBO la calidad del agua es inferior, como dato de comparación podemos indicar que para el agua potable el DBO debe ser 0 mg/l.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO: Determina el equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede ser oxidada por un agente químico oxidante (normalmente bicromato de potasio) en un medio ácido. Generalmente el DQO de un desecho es aproximadamente el doble que el del DBO, debido a que más compuestos pueden ser oxidados químicamente que biológicamente.

PH : El PH de una solución es un valor que expresa la acidez o alcalinidad de la solución en términos de las cantidades relativas de iones hidrógeno (H^+ , protones) e hidróxido presentes (OH^-). El valor de PH varía en un rango de 0 (solución fuertemente ácida) a 14 (solución fuertemente básica o alcalina), con un valor de 7 representando una solución neutral.

MICROBIOLOGIA: Los análisis de laboratorio para patógenos son complicados de realizar, y para algunos organismos patogénicos imposibles de hacer. Por lo tanto la calidad microbiológica está basada en los ensayos que detectan un indicador de organismo. Es decir un microorganismo cuya presencia evidencia de que el agua ha sido contaminada con heces humanas o de mamíferos. Uno de esos organismos es la bacteria no patogénica coliforme fecal, *Escheriachi coli*. Que se lo cuenta como numero más probable por cada 100 mililitros: NMP/100 ml.

• SALIDA AL CAMPO Y TOMA DE MUESTRAS

La salida al campo y la toma de muestras, se la realizó el Día Jueves 12 de Mayo, el punto de salida fue el Muelle de Multicomercio, la embarcación empleada, fue proporcionada por el INOCAR, la hora las 12:30, la condición de marea fue de reflujo, descendida de la pleamar en aproximadamente 1 metro, lo cual de acuerdo a un cálculo anticipado se permitió tomar las muestras para continuar con el proyecto.

FOTOGRAFIA 2.4

Toma de Muestras



Tomada en Junio 1997 por Zambrano I.C

- **MAREAS**

De acuerdo a la Tabla de Mareas del INOCAR del año 1997 se tienen los siguientes datos:

TABLA 2.8
Mareas para el Día Jueves 12 de Junio de 1997

ALTURA DE MAREA	HORA
0.5 metros	06:40
3.7 metros	12:05
0.6 metros	19:11

Fuente: INOCAR 1997

Es necesario aclarar, que estas alturas de marea son referidas nivel medio de las más bajas mareas de sisigia (MLSL), es decir sobre la altura del nivel de referencia que es la altura promedio de las más bajas mareas en fase de luna llena o luna nueva. Justamente estas profundidades se encuentran representadas en las cartas de navegación.

- **CONDICIONES METEOROLOGICAS**

TABLA 2.9
CONDICIONES METEOROLOGICAS MES: JUNIO-GUAYAQUIL

	NORMAL 30 AÑOS)	JUNIO de 1997
LLUVIA (mm)	21.8	15.4
VIENTOS (m/sg)	1.5 SW	2.3 SW
TEMPERATURA (C)	24.6	27.2
HUMEDAD (%)	77	76
PRESION ATMOSFERICA (mb)	1012.1	1011.4

Fuente: INOCAR, 1.997

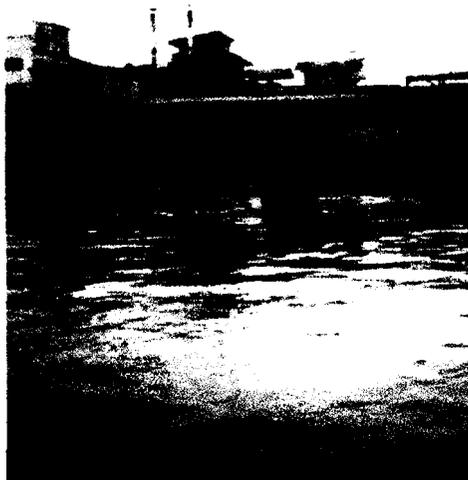
Los datos son proporcionados por el INOCAR, y se reflejan en la tabla 2.9, la cual presenta una comparación entre una media normal de valores medidos en el lapso de 30 años y las condiciones que se encontraron en la campaña de junio de 1997. Se observa anomalías en los parámetros considerados que no son de gran magnitud, pero pueden producir variación en los datos obtenidos en el campo, en especial en la toma de temperatura. Esta variación puede ser producto de las alteraciones Océano-Atmosféricas que al momento sufre el país. (Fenómeno de El Niño Ver Apéndice G).

- **DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA TOMA DE MUESTRAS**

En la descarga de la Jabonería Nacional, se había cercado con cables el ingreso a la descarga, sin embargo se pudo acceder a ella. De igual forma, se pudo observar que en La Favorita se ha mejorado la fachada de la fábrica hacia el Río en el transcurso de 8 meses. Al momento existen muros y el enrocado ha sido recubierto con mortero. Esta misma empresa no permite el acceso a sus descargas, sin embargo fue posible la toma de muestras ya que no había personal de la planta en el embarcadero.

FOTOGRAFIA 2.5

Acceso a Tubería de Descarga



Tomada en Junio 1997 por Suárez P.

Nótese en la fotografía 2.5, que entre los pilotes se encuentran cables que impiden el acceso a la tubería.

- **RESULTADOS DE MUESTREOS**

TABLA 2.10
Codificación de las Estaciones y Distancia

ESTACION	LUGAR	CODIGO	DISTANCIA Km.
INICIO GRILLA	RIO	1	-0.205
ANTES DE LA DESCARGA E1	RIO	2	-0.034
DESCARGA E1	JABONERIA NACIONAL	3	0.0
ANTES DE LA DESCARGA E2	RIO	4	3.38
DESCARGA GRANDE E2	LA FAVORITA	5	3.41
DESCARGA PEQUEÑA E2	LA FAVORITA	6	3.41
FIN GRILLA	RIO	7	3.75
ESCLUSAS	RIO	8	6.92

Elaborado por Suárez - Zambrano

Por ética con el fin de evitar poner en evidencia los datos de elevada contaminación, mientras se realice la exposición del documento, se asigna a cada estación evaluada un código, que es como se los ubicará en lo posterior.

TABLA 2.11
Valores de Temperatura y PH Medidos in situ

CODIGO	PH	TEMPERATURA °C
1	6.7	28
2	6.77	28
3	7.23	36.5
4	6.78	29
5	6.0	32
6	6.85	34
7	6.84	28

Ensayados por: Suárez Zambrano

Fecha: Junio 1997

TABLA 2.12
Parámetros Ensayados en el Laboratorio

CODIGO	OD mg/l	DBO₅ mg/l	DQO mg/l	COLIFORMES FECALES NPM/100 ml
1	4.108	5.35	12.32	110.000
2	4.485	38.13	102.4	120.000
3	2.501	61.62	117.62	20.000
4	4.405	50.4	90.62	46.000
5	2.678	428.32	712	10.000
6	5.77	126	142.72	8.000
7	4.12	6.66	11.56	110.000

Ensayados por: Suárez Zambrano

Fecha: Junio 1997

TABLA 2.13
CALIDAD DE AGUA DEL RIO GUAYAS ECAPAG

ESTACION	G4A	SEG11	SEG23	SEG29
Coliformes Fecales NMP/100ml	90.000	53.000	93.000	70.000
Oxígeno Disuelto mg/l	4.1	4.0	3.8	3.4
DBO₅ mg/l	1.3	2.0	2.1	1.7

Fuente: Diario El Universo

Fecha 20 de Agosto de 1997

NOTA: La Estación G4A corresponde a La Alborada, La estación SEG11 a la altura de la Planta de El Progreso, SEG23 a la planta El Guasmo (La Pradera) y SEG 29 al sur de las Esclusas.

Los resultados de los ensayos resumidos en las tablas 2.11 y 2.12, son coherentes, con el lugar y la hora a la que se realizó la toma de muestras, esto se verifica comparando los valores con los datos de otras instituciones como la ECAPAG tabla 2.13. Por ejemplo en lo que a oxígeno disuelto se refiere, El Universo publica los parámetros de calidad de agua para el Río Guayas (20 de Agosto de 1997), valores entre 3.4 y 5.4 mg/l, los parámetros obtenidos en los puntos uno, dos, cuatro y siete están en ese rango.

Lo mismo ocurre con los coliformes fecales, la ECAPAG reporta una existencia de entre 93000 NMP/100ml, en la estación SEG 23 del Guasmo Pradera, en el presente estudio el punto más cercano, es el punto siete aproximadamente a dos kilómetros de SEG 23, se obtiene valores de coliformes fecales de 110000 NMP/100 ml.

En lo que a DBO se refiere los valores de la ECAPAG están en un rango de entre 1.7 y 2.5, en la estación uno y siete de esta investigación se presentan valores de 5.55 mg/l y 6.66 mg/l, es probable que esta pequeña diferencia se deba a la hora del muestreo y las condiciones del lugar. No se toma en cuenta para esta comparación a los valores antes de la descarga, pues el DBO de los puntos dos y cuatro es alto debido a que ya recibe influencia de las descargas sujetas a estudio.

Nótese además el elevado valor de DBO₅ de la descarga número cinco, reporta un valor de 428.32 mg/l. Se verificó este valor a partir de los datos obtenidos en el CEMA, y se reportó en la misma estación un valor de 465 mg/l. (La muestra del CEMA se obtuvo el martes 21 de Enero de 1997).

A la altura de las Esclusas, no se realizaron muestreos, sin embargo de acuerdo a ensayos realizados por el INOCAR en ese punto, en Mayo de 1997, el valor que se registra de Oxígeno Disuelto en condiciones de reflujo del Río, es de 5.2 mg/l

- **DATOS DE DBO₅ PARA EL CALCULO DE LA CONSTANTE DE OXIGENACION**

TABLA 2.13

Demanda Bioquímica de Oxígeno Por Día

DBO₂ = 20.97 mg/l

DBO₃ = 26.69 mg/l

DBO₄ = 34.31 mg/l

DBO₅ = 38.31 mg/l

DBO₆ = 40.25 mg/l

DBO₇ = 42.73 mg/l

Ensayados por: Suárez Zambrano
Fecha: Julio 1997

NOTA.- El punto escogido para recoger las muestras para obtener el coeficiente fue:

Latitud: 02° 13.00' 00" Sur

Longitud: 79° 53.00' 00" Oeste

El punto se encuentra aproximadamente en el centro del área de estudio.

2.3.1 METODOLOGIA EMPLEADA

OXIGENO DISUELTO OD. -

FOTOGRAFIA 2.6

Fijación de una Muestra in situ



Tomada en Junio 1997 por Suárez P.

La metodología utilizada para oxígeno disuelto fue por la determinación winkler. Se toma la muestra en botellas negras de 300 ml completamente llenas y se fija con sulfato manganeso SO_4Mn y Yoduro Alcalino, (mezcla de dos álcalis Na OH y KI)

luego de que esta fijada la muestra se puede determinar el oxígeno dentro de un tiempo entre 30 minutos a seis horas.

Ya en el laboratorio se coloca ácido sulfúrico para liberar el Iodo presente en la muestra, luego se la titula con thio sulfato de sodio 0.01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ previamente calibrado con yodato de potasio 0.01N IO_3K determinándose el factor correspondiente (f), comparando con un indicador de almidón el viraje de color de azul a incoloro para el punto final de la titulación.

Una vez que se tiene titulada la muestra se obtienen los ml de Thiosulfato consumido, y se utiliza la siguiente ecuación para transformar los ml en ml/l:

$$O_2 = 0.056 \times f \times (v - b) \times \frac{300}{(300 - 2)} \times \frac{1000}{50} \quad (\text{ml/l})$$

f= factor de Thiosulfato

v= Titulación

b= Blanco de reactivo normalmente (0)

Para pasar de ml/l a mg/l se realiza el siguiente producto, $1.429 * \text{ml/l } (O_2) = \text{mg/l } (O_2)$

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO A CINCO DIAS.-

La toma de muestras de DBO es la misma que la utilizada en OD, en botellas negras de 300 ml, completamente llenas luego se las incuba por 5 días a 22 °C.

Pasados los cinco días, se determina el Oxígeno existente en esta muestra por el método Winkler descrito anteriormente, utilizando también los valores de oxígeno disuelto inicial para los cálculos correspondientes:

$$DBO = \frac{O_{d_o} - O_{d_f}}{P} \quad (\text{mg/l})$$

Odo = Titulación inicial en mg/l Oxígeno Disuelto

Od_f = Titulación final (Después de cinco días) en mg/l de Oxígeno Disuelto

P= Fracción decimal de la muestra usada en base al 100% (300 ml)

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO.-

La toma de muestras se la realiza en frascos de vidrio color ámbar, debiendo realizarse la determinación dentro de las dos horas siguientes.

El método utilizado fue el titrimétrico por reflujo cerrado, para esto se utiliza tubos de ensayo con tapa rosca donde se coloca 2.5 ml de muestra, con la solución digestora (Dicromato de Potasio $K_2Cr_2O_7$ 0.0417 M), se lleva a la muestra a una temperatura de 150 °C por dos horas y luego se la titula con el reactivo FAS (Sulfato Amónico Ferroso 0.25 M $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ utilizando como indicador el Ferroín, para obtener un viraje de color de azul verdoso a café rojizo.

Una vez obtenido los ml de FAS consumidos en la titulación, se aplica la siguiente fórmula:

$$DQO = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{ml de muestra}} \quad (\text{mg/l})$$

Donde:

A= ml de FAS usados para el blanco.

B= ml de FAS usados para la muestra

M= Molaridad de FAS

FOTOGRAFIA 2.7

Muestras



Tomada en Junio 1997 por Zambrano I.C

Nótese en la fotografía 2.7 las muestras y junto a ellas el flujómetro.

MICROBIOLOGIA

Para la toma de muestras de microbiología, se utilizó botellas esterilizadas en la estufa a 120 °C por 2 horas. La metodología utilizada fue la de tubos múltiples donde se determinó coliformes fecales como número más probable por cada 100 ml muestra.

Primeramente se sembró las muestras en caldo de cultivo Lauril Triptosa simple utilizando una serie de tres tubos que en su interior contienen el elemento comparador (Tubos Durham, Tubos de ensayo pequeños) para cada dilución en cada muestra, luego se la llevó a la estufa para su incubación por 48 horas, a 35°C, una vez pasado este tiempo se realizó las lecturas correspondientes a las pruebas presuntivas y con los tubos positivos identificados por turbiedad y burbuja en el tubo durham, se procedió a la prueba confirmativa con un pase al caldo Endo C (Específico para determinación de coliformes fecales).

Se llevó los tubos positivos pasados al medio E C en baño maría por 24 horas a 35° C luego de este tiempo se realizó la lectura de los tubos positivos identificados por turbiedad y burbuja del tubo Durham. El conteo se realiza en base a tablas.

CAPITULO III



APLICACION DE UN MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUA

3.1 USO DE LOS MODELOS EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS REALES Y TIPOS DE MODELOS.

Modelos De Calidad Del Agua

Los modelos de Calidad del Agua facilitan el análisis del impacto de los niveles de tratamiento sobre los cuerpos receptores de aguas y los efectos de trazas de contaminantes introducidos a las aguas superficiales y subterráneas. Los modelos pueden ser físicos, análogos, o digitales. La naturaleza del modelo depende de la aplicación del mismo, la disponibilidad de datos y el nivel de entendimiento de los procesos hidroquímicos e hidrobiológicos involucrados.

En el modelaje de la calidad del agua, los contaminantes pueden ser clasificados como *Conservativos* o *No Conservativos* (los contaminantes no conservativos declinan con el tiempo). Más específicamente, de acuerdo a su naturaleza, los contaminantes pueden ser orgánicos, inorgánicos, radiológicos, térmicos o biológicos. Finalmente, pueden ser categorizados de acuerdo a su forma específica, tales como DBO, fósforo, nitrógeno, bacterias, virus o sustancias tóxicas específicas.

Por otro lado, la contaminación se puede producir desde una fuente puntual o desde una fuente no puntual. Los modelos de calidad del agua de fuentes puntuales generalmente tratan con cuerpos de agua confinados (canales y sistemas de aguas subterráneas), mientras que los de fuentes no puntuales consideran también otras fases del ciclo hidrológico (precipitación, filtración, evapotranspiración).

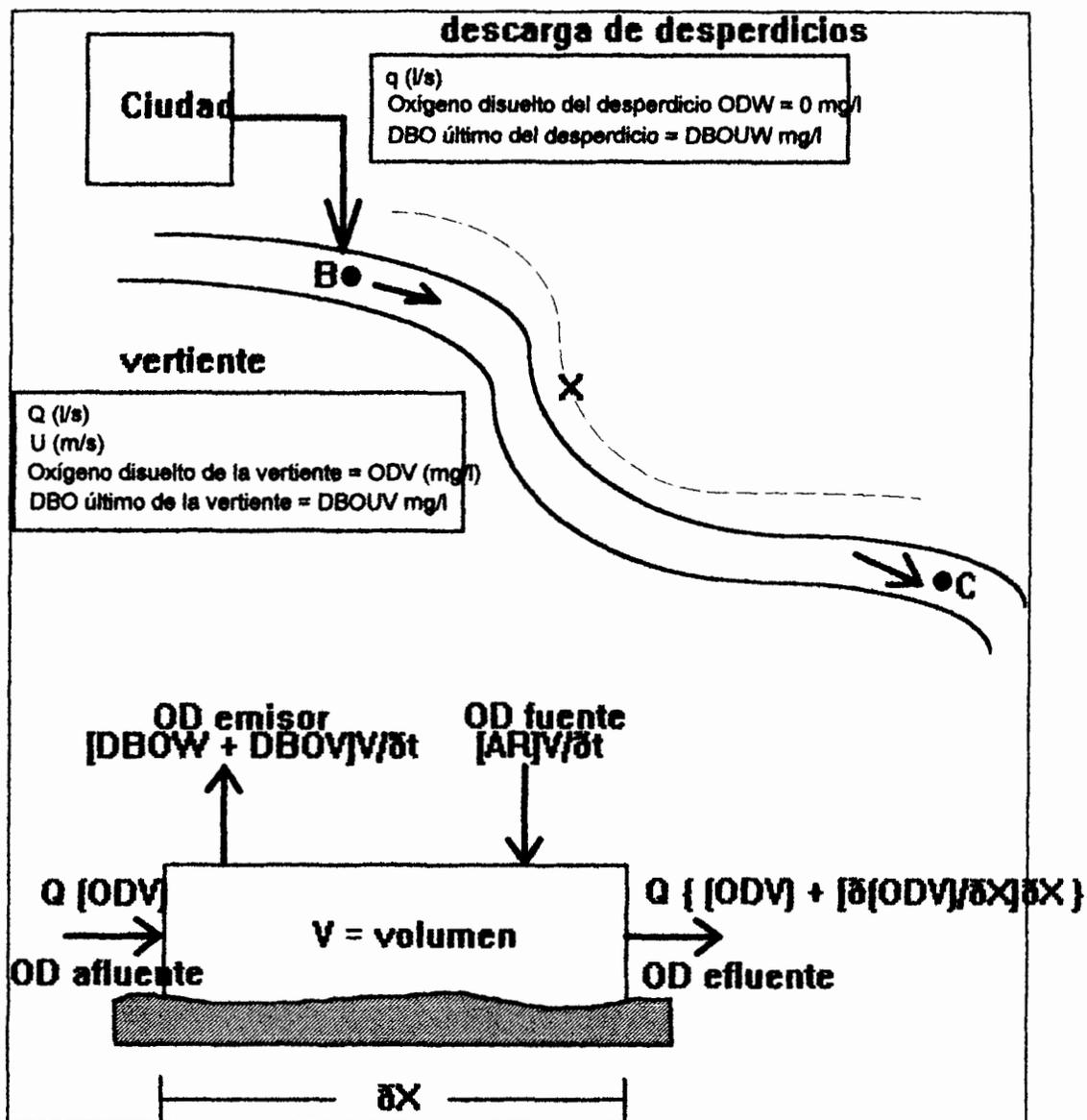
Los modelos de calidad del agua pueden ser de dos tipos: determinísticos y estocásticos. Los modelos determinísticos tratan principalmente con proyecciones de los valores medios de las concentraciones de contaminantes. Los modelos estocásticos incorporan la aleatoriedad de los procesos físicos, químicos y biológicos a ser estudiados.

3.2 DESARROLLO, EXPLICACION Y ALCANCES DEL MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS

Modelo Elemental de Calidad del Agua

FIGURA 3.1

Descripción Gráfica del Modelo Elemental de Calidad de Agua



Fuente: "Water Supply and Pollution control" Viessman Jr. - Hammer Página 815 1993

Para proveer facilidad de entendimiento en la formulación de un modelo de calidad del agua, se debe considerar un problema sencillo que involucra la descarga de desperdicios hacia una vertiente receptora y el impacto de éste en los niveles de OD (oxígeno disuelto) en una localidad aguas abajo de la vertiente. La naturaleza del problema está ilustrada en la figura 3.1.

El caudal q de desperdicio de una ciudad tiene un nivel de oxígeno disuelto (OD) de cero y un valor de DBO último igual a DBO_{UW} . Éste caudal está siendo descargado a una vertiente que tiene un caudal propio de Q , un nivel de oxígeno disuelto de OD_V y un DBO último de DBO_{UV} . Asumamos que la constante de la tasa de DBO (K_1) y el coeficiente de reaeración de la vertiente (K_2) son conocidos. El problema es formular un modelo que pueda predecir el nivel de oxígeno disuelto en el punto C de la figura, usando la información arriba suministrada. Las fuentes de suministro de oxígeno podrían incluir la fotosíntesis, reaeración y el suministro disponible en la vertiente. Los consumos de oxígeno serían el DBO en los caudales y podrían incluir los depósitos de lodo en el fondo de la vertiente así como también la respiración de las algas presentes.

Para propósitos ilustrativos, se deben tomar las siguientes consideraciones:

1. Existe flujo estable (no hay variación con el tiempo)
2. Los desperdicios están distribuidos uniformemente en la sección transversal de la vertiente.
3. No existe dispersión a lo largo de la ruta de la vertiente (no hay mezclado en la dirección aguas abajo)
4. La tasa de degeneración para el desperdicio puede ser representada como una reacción de primer orden.
5. Solamente hay un punto de ingreso del desperdicio en el segmento de interés de la vertiente.

6. Los efectos producidos por las algas y los depósitos de lodos pueden ser despreciados.

Podemos comenzar la formulación del modelo considerando que entre las secciones B y C de la vertiente, se puede escribir una ecuación de la continuidad involucrando el oxígeno disuelto OD.

$$OD_{\text{afluente}} + OD_{\text{fuentes}} - (OD_{\text{efluente}} + OD_{\text{emitido}}) = \Delta OD_{\text{segmento}}$$

$$Q(OD_v) + g(AR) V - \{Q [OD_v + (\partial OD / \partial x) \Delta X] + f(DBO_w + DBO_v) V\} = V \Delta(OD_v) / \Delta t$$

donde $g(AR)$ es una función que representa a la reaeración y $f(DBO_w + DBO_v)$ es una función que representa al DBO ejercido por el desperdicio en el segmento de vertiente por unidad de tiempo. Después del correspondiente despeje de términos, la ecuación queda como

$$\Delta(OD_v) / \Delta t = -U(\partial OD / \partial x) - f(DBO_w + DBO_v) + g(AR)$$

Ya que al inicio, se tomó la consideración de flujo estable entonces el caudal de la vertiente y el caudal de los desperdicios son constantes, y eventualmente la concentración de OD también será constante. Por lo tanto el término a mano izquierda de la ecuación será cero, y la ecuación quedaría

$$U(\partial OD / \partial x) = -f(DBO_w + DBO_v) + g(AR)$$

Ésta ecuación puede ser escrita en términos del déficit de oxígeno disuelto en una localidad dada. Por lo tanto, podemos tratar con la diferencia entre el OD bajo condiciones saturadas y el nivel de OD que realmente existe en una localidad. Si la ecuación es escrita de ésta forma e integrada, el resultado es la ecuación clásica de Streeter-Phelps para el déficit de oxígeno disuelto:

$$D = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1} \left(e^{-K_1 x/u} - e^{-K_2 x/u} \right) + D_0 e^{-K_2 x/u}$$

donde L_0 es la carga inicial de DBO ejercida en la vertiente por el desperdicio (DBO_w) y el material orgánico en la vertiente en sí (DBO_v)

D_0 es el déficit inicial de oxígeno disuelto en la vertiente

D es el déficit de oxígeno disuelto en la localidad aguas abajo a una distancia X del punto inicial

K_1 y K_2 son realmente funciones de la carga contaminante y de la tasa de caudal de la vertiente.

$$D = \frac{k'_1 L_0}{k'_2 - k'_1} \left(e^{-k'_1 t} - e^{-k'_2 t} \right) + D_0 e^{-k'_2 t}$$

donde k'_1 (coeficiente de oxigenación) y k'_2 (coeficiente de reaeración) son factores de proporcionalidad que dependen de la temperatura y en el caso de k'_2 de la turbulencia.

Existen varias expresiones para el cálculo del coeficiente de reaeración para su aplicación en cuerpos de agua que fluyen, de estas expresiones una de las fórmulas más comúnmente usada es la de O' Connors-Dobson.

$$k'_2 = \frac{(D_L U)^{1/2}}{H^{3/2}} \quad (\text{efecto de la turbulencia en el valor de } k'_2)$$

donde k'_2 es el coeficiente de reaeración por hora

D_L es la difusividad del oxígeno en el agua ($1.76 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{día}$ a 20°C)

U es la velocidad del flujo (m/día)

H es la profundidad del flujo (m)

$$k_{i-T} = k_{i-20} \times 1.037^{T-20} \quad (\text{efecto de la temperatura en el valor de } k)$$

donde k_{i-T} es el coeficiente de oxigenación (k_1) o el coeficiente de reaereación (k_2) a la temperatura T .

k_{i-20} es cualquiera de los dos coeficientes a 20°C

Desde un punto de vista de diseño ingenieril, la curva de declive del oxígeno disuelto indica el punto mínimo de OD. Éste punto crítico es el lugar en la vertiente donde la tasa de cambio del déficit es cero, y por lo tanto la tasa de demanda es igual a la tasa de reaereación:

$$k'_2 D_0 = k'_1 L = k'_1 L_0 e^{-k'_1 t_c}$$

$$t_c = \frac{1}{k'_2 - k'_1} \ln \left[\frac{k'_2}{k'_1} \left(1 - D_0 \frac{k'_2 - k'_1}{k'_1 L_0} \right) \right]$$

Las ecuaciones expuestas en ésta sección presentan constantes que deben ser evaluadas cuidadosamente. El término k'_1 refleja la tasa a la cual las bacterias demandan oxígeno para degradar la materia orgánica. Éste valor es calculado a partir del ensayo DBO. El término k_2 es el valor característico de reaereación de la vertiente. La constante k_1 puede ser evaluada en el laboratorio, mientras que la constante k_2 debe ser determinada a partir de estudios de campo.

3.3 DESARROLLO, EXPLICACION Y ALCANCES DEL MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS

- **MEDICION DE CAUDALES**

COMENTARIO INICIAL

Osorio 1984, describe ciertos rangos de caudales para todos los meses del año, en condiciones normales. En el presente estudio, se presenta un caudal aproximado para el análisis, pues no se toma en consideración del gasto total, cuanto de caudal es agua dulce proveniente de todos los contribuyentes de la cuenca a la formación del Río Guayas, y cuanto del caudal total es agua salada, proveniente de la intrusión de agua salada a causa de la corriente de marea. Se consultó con personal técnico del INOCAR y la ESPOL sobre el caudal que se obtuvo, y consideraron que el valor era bastante aceptable.

El día Martes 20 de Mayo, se realizó la medición de los parámetros necesarios para hallar el caudal en el área de interés.

La medida se realizó empleando el perfilador sísmico S4, que es un equipo que tiene la capacidad de medir fuerza y dirección de corriente respecto al norte verdadero y también medir la profundidad del fondo del cuerpo de agua, en este caso la profundidad ha sido reducida al nivel medio del mar por el INOCAR.

El principio hidráulico de la continuidad, se aplica para la medición de caudales, Hidrográficamente el Río Guayas que tiene un caudal total Q_t , se forma por la contribución del caudal del Río Daule Q_1 y del Río Babahoyo Q_2 .

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

Este caudal Q_t , se bifurca en la isla Santay, donde aparecen un caudal que recorre por la orilla de la ciudad Q_1 y el otro que recorre por el otro lado de la isla Q_2 :

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

El sector motivo del estudio es la orilla de la ciudad, es decir el caudal de interés es el Q_1 .

METODOLOGIA EMPLEADA:

La metodología empleada, para el aforo del caudal, es la misma que usa CEDEGE: Consiste en integrar una sección transversal del río y obtener velocidades a diferentes profundidades. La sección transversal reducida al nivel medio del mar, corresponde al INOCAR 1997, a la altura de la Av. Olmedo (Club de La Unión). Las distancias horizontales fueron variables cubriendo toda el ancho del río a ese nivel de reducción.

• CALCULO DE CAUDALES

El cálculo de caudales, se detalla en el Apéndice A. Se presenta en este apéndice, la sección transversal del Río Guayas a la altura de la Av. Olmedo. Sección que por continuidad es válido para el área de estudio, luego se presentan perfiles de área velocidad. Estos valores de área velocidad, y sus valores promedios, así como el procedimiento posterior se representan en la tabla 3.1

TABLA 3.1
CALCULO DE CAUDAL

DISTANC	VELOCIDAD	VELOCIDAD	PROFUNDIDAD	ANCHO	AREA	CAUDAL
		media	media	TRAMO	TRAMO	TRAMO
m	m/sg	m/sg	m	m	m ²	m ³ /sg
0	0					
		0,423	6	130	780	329,94
130	0,846					
		0,64	12	180	2160	1382,4
310	0,434					
		0,3385	9,5	260	2470	836,095
570	0,243					
		0,7635	7,5	230	1725	1317,0375
800	1,284					
		1,186	5	110	550	652,3
910	1,089					
		0,945	4,5	240	1080	1020,6
1150	0,795					
				TOTAL	8765	5538,37

Calculado por: Suárez-Zambrano

Fecha: Julio 1997

LUGAR :

Sección transversal del río Guayas a la altura del club "La Unión" ; Avenida Olmedo.

$$Q = 5538.37 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como se mencionó, este valor se encuentra en un rango admisible de acuerdo a últimos estudios realizados por el INOCAR, y es el valor del caudal en el área transversal reducida al nivel medio del mar por lo que se considera un valor aproximado para el cálculo, pero aceptable para el presente estudio.

CALCULO DEL COEFICIENTE DE OXIGENACION:

Para el Cálculo del coeficiente de oxigenación se emplean varios métodos, como por ejemplo: Mínimos Cuadrados, Diferencias Diarias, Relación Rápida, Thomas, y el de Fujimoto: El método de mínimos cuadrados y el de Fujimoto son objeto de análisis en este proyecto. Se toma entonces los valores de DBO, analizando la muestra por el lapso de 7 días, y luego calculando los valores, de DBO último, se calculan los valores obteniendo el parámetro requerido.

El método de mínimos cuadrados, ajusta una curva a un grupo de datos experimentales, sumando los cuadrados de los residuos (diferencia entre el valor de datos conocidos y la curva interpolada en cada uno de los puntos bases). Usando este método es posible cuadrar diferentes tipos de gráficas a un mismo cuadro de datos.

En el método de Fujimoto, se estructura una gráfica, obteniéndose así el valor de la constante requerida.

CALCULO DE LA CONSTANTE DE OXIGENACION

METODO: MINIMOS CUADRADO Y FUJIMOTO

$$DBO_2 = 20.97 \text{ mg/l}$$

$$DBO_3 = 26.69 \text{ mg/l}$$

$$DBO_4 = 34.31 \text{ mg/l}$$

$$DBO_5 = 38.31 \text{ mg/l}$$

$$DBO_6 = 40.25 \text{ mg/l}$$

$$DBO_7 = 42.73 \text{ mg/l}$$

El cálculo se presenta en el Anexo A.

El valor obtenido en el cálculo para la constante de oxigenación de 0.2855 d^{-1} De acuerdo a Metcalf y Eddy, es un valor muy adecuado para ríos con las características de contaminación del Guayas, pues según estos autores el valor debe estar cercano a 0.30 d^{-1} .

DESCRIPCION DEL PROGRAMA COMPUTACIONAL DEL MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS.

El flujograma del programa, así como su codificación en el lenguaje de programación se presenta en el Apéndice B. Es necesario indicar que en el programa, los valores de DBO que se introducen, son los DBO_5 , internamente el programa usa este valor para hallar el DBO último (21 días que es con el que trabaja el programa).

Luego de tener el flujograma completo, se emplea primeramente la base de datos Access 2.0 para Windows 95, donde se encuentran las tablas de los valores de Oxígeno de Saturación, en base a la salinidad, los valores de salinidad considerados son entre 0 y 5 ppm, que son promedios aceptables de salinidad para el Río Guayas. La programación del modelo, se la realiza en Visual Basic 4.0, una vez obtenidos los resultados, empleando un "Link" (Enlace entre programas ejecutables), se gráfica con el Excel 7.0, los valores obtenidos en el resultado, retornan a la base de datos, y son usados para la generación del Sistema de Información Geográfico.

El programa se aplica en el área de la grilla (área de estudio), en el inicio de esta área se encuentra la primera descarga, que llamaremos Estación uno, la mezcla del efluente y de los parámetros del río, se convierten en las nuevas características del río, que posteriormente se mezclarán con la segunda descarga, y se obtendrán los parámetros definitivos para nuestro análisis. El sistema de Información Geográfica, se implementa hasta la altura de las esclusas aproximadamente a 3.5 kilómetros de la Descarga en el punto dos.

LIMITACIONES DEL PROGRAMA EN EL MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUAS:

Como se explicó en un inicio, el presente estudio, es de orden académico, y aunque los resultados no dejan de ser válidos, el modelo se ve sujeto a muchas variables, que generan limitaciones, básicamente: La marea y la variabilidad del gasto de los contribuyentes al río Guayas, son los parámetros que más afectan la condición del Río. El proyecto emprendido por lo tanto, es puntual y específico con los siguientes datos:

ALTURA: Previamente se estudió la batimetría del río Guayas, en la Carta Náutica IOA 1071. Se verificó que para el área de estudio, se toma una profundidad media referida al nivel de las más bajas mareas de sicigia de 10 metros. La variabilidad de la marea, para el día de toma de muestras, estaba entre: 0.5 y 3.7 metros, y la hora de toma de muestras la marea se ubicó en 2.1 metros. Por lo tanto la altura que se consideró, para el Modelo Elemental de Calidad de Agua fue de 12.1 metros.

VELOCIDAD: De Igual forma, se consideró para el programa la velocidad de 3.6 Nudos (1.85 m/sg) que es el rango de velocidad máximo en reflujos en el área de estudio. (INOCAR 1997).

CAUDAL: Como se anotó anteriormente, el valor calculado del caudal reducido al nivel medio del mar de 5538.37 m³/sg, es aceptable.

En la Estación 1, se ingresan los valores en base a la tabla de ensayos. Para la Estación 2, por tratarse de dos descargas muy cercanas, para el modelo se toman los valores críticos de DBO, OD, suma de caudales y promedio de Temperatura.

MODELAJE DE LA GRILLA PROPUESTA EN EL RIO GUAYAS

(Muelle de Multicomercio - Estero Cobina)

En el Apéndice E, se presenta el manual de empleo, instalación del programa, y las pantallas en la corrida del Modelo.

Primeramente, antes de exponer los resultados, se explicará el comportamiento típico de las curvas de Agotamiento de Oxígeno Disuelto, de la Disminución del DBO, así como el principio de superposición.

• EXPLICACIÓN INICIAL CURVA DE AGOTAMIENTO DE OD.

El comportamiento característico del agotamiento de oxígeno se aplica mediante la ecuación de Streeter-Phelps:

$$D = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 x/u} - e^{-K_2 x/u}) + D_0 e^{-K_2 x/u}$$

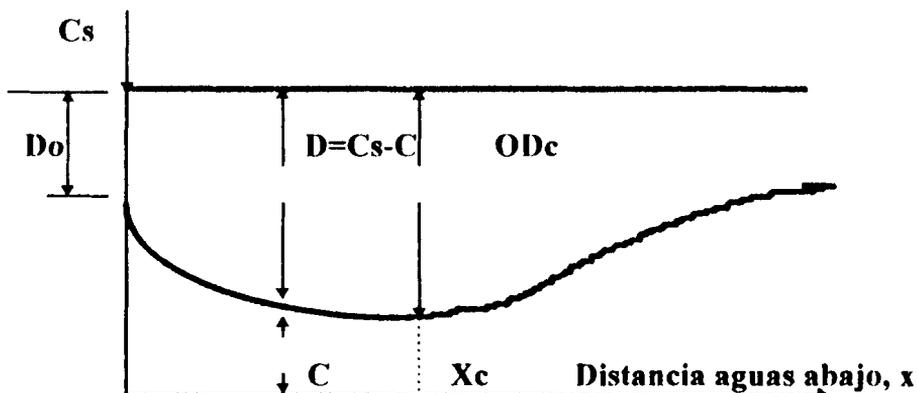
Y como ya se indicó:

- ▶ **D**, es el déficit de oxígeno disuelto en la localidad aguas abajo a una distancia X del punto inicial
- ▶ **L₀**, es la carga inicial de DBO ejercida en la vertiente por el desperdicio (DBO_w) y el material orgánico en la vertiente en sí (DBO_v)
- ▶ **D₀**, es el déficit inicial de oxígeno disuelto en la vertiente
- ▶ **X/U**, es el tiempo hasta donde se analiza la ecuación, (Distancia sobre Velocidad del Río).
- ▶ **K₁** y **K₂**, son constante de Oxigenación y constante de Reacción respectivamente.

FIGURA 3.2

Agotamiento de Oxígeno Disuelto

punto de descarga



Fuente: Metcalf & Eddy 1996

En la figura 3.2, que es la curva característica el déficit de oxígeno disuelto se encuentra por encima de la curva, en cambio por debajo de la curva se representa el oxígeno disuelto aguas abajo del punto de vertido. La reducción química de la DBO da como resultado un descenso del OD. En ese mismo instante a causa de la reaeración superficial el OD se recupera a una velocidad directamente proporcional al de oxígeno disuelto presente en ese instante.

El máximo valor del déficit Oxígeno Disuelto D_c , es alcanzado cuando el consumo de la DBO, iguala a las contribuciones a causa de la reaeración superficial, el cual se encuentra a una determinada distancia X_c y tiempo T_c del lugar del vertido. Aguas abajo, de este punto el flujo neto de Oxígeno entre la atmósfera y el agua es superior al consumo, lo que implica una reducción del Déficit de Oxígeno disuelto a partir de éste punto X_c .

- **EXPLICACIÓN INICIAL CURVA DE DISMINUCIÓN DEL DBO**

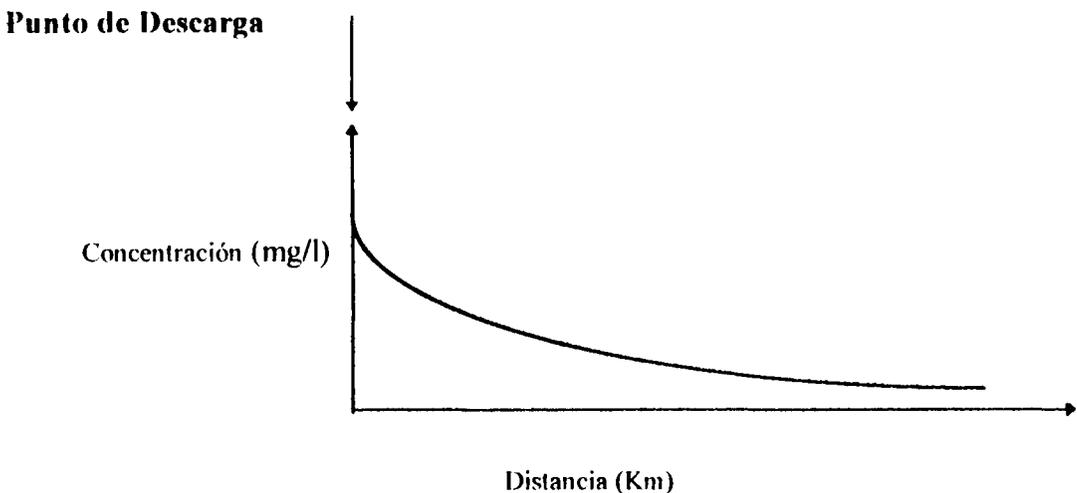
El DBO, a partir de una descarga y Aguas Abajo, tiene un comportamiento típico, que sigue un proceso de decaimiento de primer orden:

$$L_t = L_0 e^{(-Kx/U)}$$

Donde:

- L_t , es la concentración de DBO a una determinada distancia de la fuente
- L_0 , es la carga inicial de DBO ejercida en la vertiente por el desperdicio (DBO_w) y el material orgánico en la vertiente en sí (DBO_v)
- X/U , es el tiempo hasta donde se analiza la ecuación (Distancia sobre Velocidad del Río)
- K , es la constante de Oxigenación.

FIGURA 3.3
Disminución del DBO



Fuente: Metcalf & Eddy 1996

En la figura 3.3 se demuestra que luego de la descarga del efluente el DBO disminuye su concentración, paulatinamente pues el río a causa de la reaeración produce oxígeno disminuyendo por lo tanto el valor del DBO, esto siempre y cuando no exista otra descarga.

- **PRINCIPIO DE SUPERPOSICION**

Una vez que el río recibe la incidencia de un efluente producto de una descarga, sus propiedades (OD, DBO, PH, etc..) varían. Si existen varias descargas, luego de cada una de ellas las características del río cambian, y toma las propiedades de la mezcla anterior (río+efluente).

En el presente caso de estudio, el Guayas, llega con sus parámetros que han sido cuantificados, al igual que los parámetros de la descarga en la Estación 1. Luego de producirse la mezcla, el río adopta otros valores, que son los nuevos valores del río para la Estación 2.

MODELAJE TRAMO: ESTACION 1 A ESTACION 2**DISTANCIA: 3.4 Kilómetros****DATOS DE ENTRADA DEL RIO ANTES DE LA ESTACION 1:**

- Caudal: 5538.37 m³/sg
- Velocidad del Río: 1.85 m/sg
- Altura Específica del Río: 12.1 m
- Oxígeno Disuelto: 4.48 mg/l
- DBO: 38.13 mg/l
- Temperatura: 28 °C

DATOS DE ENTRADA DE LA DESCARGA ESTACION 1 CODIGO 3:

- Caudal: 0.1220 m³/sg
- Oxígeno Disuelto: 2.5 mg/l
- DBO: 61.625 mg/l
- Temperatura: 28 °C

Constante de Oxigenación del Río: 0.2855 (1/día)

Difusividad del Río: 0.000176 (m²/día)

Distancia entre la Estación 1 y la Estación 2: 3.4 Km.

RESULTADOS :

Odm: Oxígeno disuelto de la mezcla: 4.4799 mg/l

Tm: Temperatura de la mezcla: 28 °C

Odsat: Oxígeno disuelto de Saturación: 7.8099 mg/l

Do: Déficit de Oxígeno disuelto inicial: 3.33 mg/l

K1': Coeficiente de oxigenación corregido: 0.4414 (1/día)

K2': Constante de reaeración corregido: 0.1685 (1/día)

DBOw: Demanda Bioquímica última del efluente: 81.075 mg/l

DBOr: Demanda Bioquímica última del río: 50.1649 mg/l

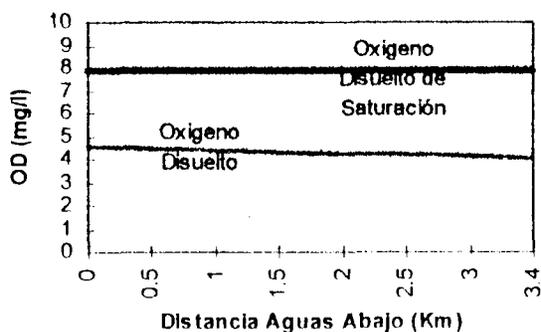
Lo: Carga del DBO en el río por el efluente: 50.1656 mg/l

Déficit de Oxígeno en la siguiente estación (E2) : 3.786191 mg/l**Oxígeno Disuelto en la siguiente estación (E2) : 4.0238085 mg/l****Disminución del DBO en (E2) : 49.69675 mg/l**

En la figura 3.5.a, se presenta la curva de Agotamiento del Oxígeno Disuelto, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera automáticamente. En él los valores de Oxígeno Disuelto se calculan cada 500 metros.

FIGURA 3.4.a

AGOTAMIENTO DEL OD

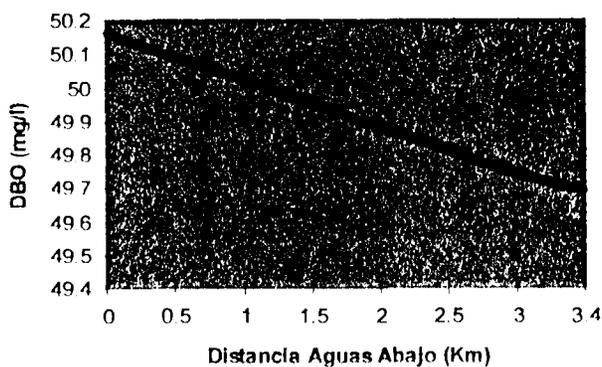


Elaborado por: Suárez-Zambrano 1997

En la figura 3.5.b, se presenta la curva de Disminución del DBO, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera automáticamente. En él los valores de DBO se calculan cada 500 metros.

FIGURA 3.4.b

VARIACION DEL DBO



Elaborado por: Suárez-Zambrano 1997

MODELAJE TRAMO:DESDE LA ESTACION 2 HASTA LAS ESCLUSAS

DISTANCIA: 3.5 Kilómetros

DATOS DE ENTRADA DEL RIO ANTES DE LA ESTACION 2 (superposición):

- Caudal: 5538.37 m³/sg
- Velocidad del Río: 1.85 m/sg
- Altura Específica del Río: 12.1 m
- Oxígeno Disuelto: 4.0238 mg/l
- DBO: 49.6968 mg/l
- Temperatura: 28 °C

DATOS DE ENTRADA DE LA DESCARGA ESTACION 2 CODIGO 5:

- Caudal: 0.2286 m³/sg
- Oxígeno Disuelto: 2.6780 mg/l
- DBO: 428.32 mg/l
- Temperatura: 33 °C

Constante de Oxigenación del Río: 0.2855 (1/día)

Difusividad del Río: 0.000176 (m²/día)

Distancia entre la Estación 2 y la Esclusas: 3.5 Km.

RESULTADOS :

Odm: Oxígeno disuelto de la mezcla: 4.4799 mg/l

Tm: Temperatura de la mezcla: 28 °C

Odsat: Oxígeno disuelto de Saturación: 7.8099 mg/l

Do: Déficit de Oxígeno disuelto inicial: 3.786 mg/l

K1': Coeficiente de oxigenación corregido: 0.4414 (1/día)

K2': Constante de reaeración corregido: 0.1685 (1/día)

DBOw: Demanda Bioquímica última del efluente: 563.51 mg/l

DBOr: Demanda Bioquímica última del río: 49.696 mg/l

Lo: Carga del DBO en el río por el efluente: 49.718 mg/l

Déficit de Oxígeno en la siguiente estación (E2) : 4.24947 mg/l

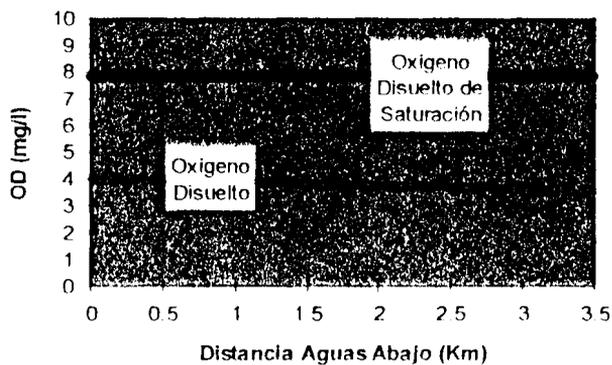
Oxígeno Disuelto en la siguiente estación (E2): 3.5602 mg/l

Disminución del DBO en (E2): 49.2396 mg/l

En la figura 3.6.a , se presenta la curva de Agotamiento del Oxígeno Disuelto, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera, de igual forma automáticamente. En él los valores de Oxígeno Disuelto se calculan cada 500 metros.

FIGURA 3.5.a

AGOTAMIENTO DEL OD

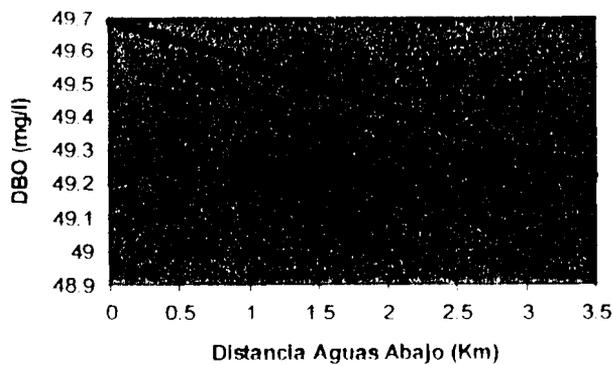


Elaborado por: Suárez-Zambrano 1997

En la figura 3.6.b ,se presenta la curva de Disminución del DBO, que el programa del Modelo de Calidad de Agua genera, de igual forma automáticamente. En él los valores de DBO se calculan cada 500 metros.

FIGURA 3.5.b

VARIACION DEL DBO



Elaborado por: Suárez-Zambrano 1997

De las figuras anteriores, y empleando el principio de superposición, se obtienen los valores de concentración de Oxígeno Disuelto y los valores de DBO que se utilizan para implementación del SIG, en la grilla de modelaje en el Río Guayas, desde Multicomercio hasta las Esclusas, en la distancia de 7 Kilómetros, que el programa también grafica.

TABLA 3.2
Resultados del Modelaje

DISTANCIA Km	OXIGENO DISUELTO mg/l	DISMINUCION DE LA DBO mg/l
0	4.48	50.16
0.5	4.41	50.09
1.0	4.34	50.02
1.5	4.27	49.95
2.0	4.21	49.88
2.5	4.14	49.81
3.0	4.07	49.74
3.4	4.02	49.69
4.0	3.95	49.63
4.5	3.89	49.56
5.0	3.82	49.49
5.5	3.75	49.42
6.0	3.69	49.35
6.5	3.62	49.28
7.0	3.56	49.23

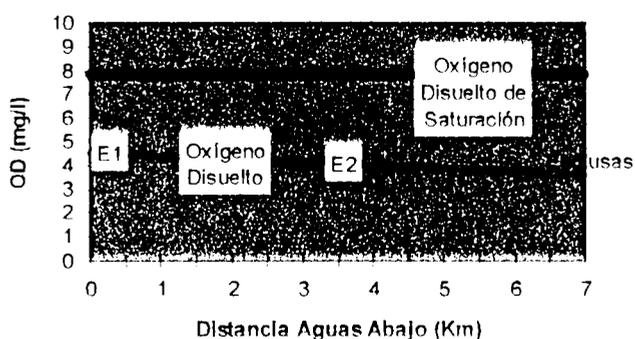
Elaborado por Suárez - Zambrano, 1.997



En la figura 3.7.a , se presentan los resultados del Agotamiento del Oxígeno Disuelto, en toda el área de estudio. Distancia 7 Km.

FIGURA 3.6.a

AGOTAMIENTO DEL OD

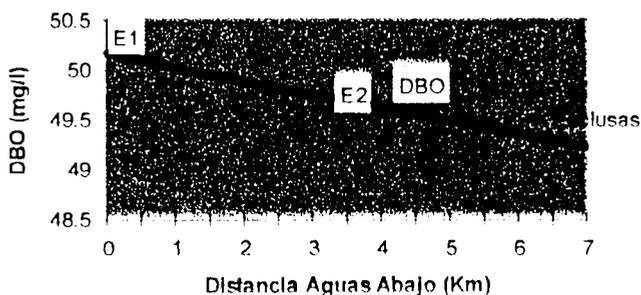


Elaborado por: Suárez-Zambrano 1997

En la figura 3.7.b , se presentan los resultados de la Disminución del DBO, en el área de estudio en 7 Km.

FIGURA 3.6.b

VARIACION DEL DBO



Elaborado por: Suárez-Zambrano 1997

- **GRAFICO DE OD y DBO EN EL AREA DE ESTUDIO EMPLEANDO EL SIG.**

En la figura 3.7, 3.8 se presentan los resultados de OD y DBO respectivamente, empleando el sistema de información geográfico. El sistema consta de 5 capas georeferenciadas, que son: hidrografía, amanzanamiento de la ciudad en la ribera del área de estudio, los límites del parque industrial Río Guayas Sur (de amarillo), la ubicación de las descargas industriales y las isofletas de OD y DBO obtenidas como resultados del modelaje y el uso del Winsurf.

La figura 3.7, muestran valores de OD, entre 4.40 mg/l al norte y 3.80 mg/l al sur del área del proyecto, teniendo un repunte a la altura de las Esclusas con un valor de 5.2 mg/l, este valor se produce por efecto de la turbulencia en la unión del Guayas con el Estero Cobina (considerando las condiciones iniciales del modelo).

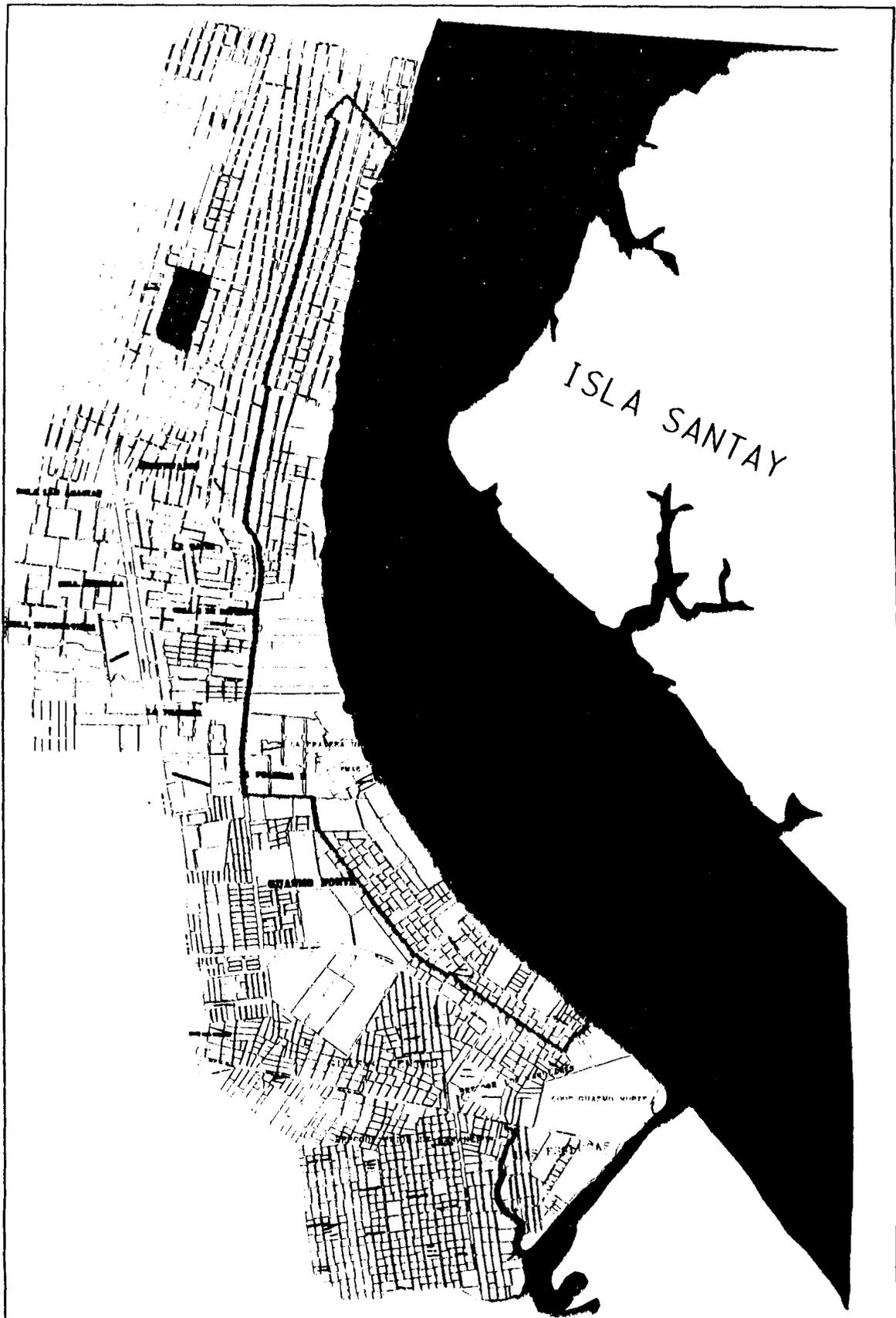
La figura 3.8, muestra valores de DBO, entre 50.10 mg/l al norte y 49.25 mg/l al sur del área de estudio, y representan el efecto de los efluentes considerados sobre el río, en la margen cercana a la orilla.

- **LA MORTALIDAD BACTERIANA EN EL MODELO**

En el Modelo Elemental de Calidad de Agua, se puede incluir la medición de Mortalidad Bacteriana, pues la velocidad de desaparición de organismos patógenos debido a su muerte sigue aproximadamente un proceso cinética de primer orden. La constante que rige el proceso, K_B depende del tipo de patógeno (1/unidad de Tiempo), y es particular para cada río y se lo halla en base a una serie de mediciones. Por lo que realizando un número apropiado de ensayos se puede calcular el K_B , e implementar la mortalidad bacteriana en el modelo

- **APLICABILIDAD DEL MODELO ELEMENTAL DE CALIDAD DE AGUA EN RÍOS Y VERTIENTES DE LA REGIÓN INTERANDINA.**

Para el caso de ríos y vertientes, que posean condiciones hidráulicas más estables, como por ejemplo los ríos de la Región Interandina, la aplicación del Modelo que se presenta es adecuada, ya que se puede trabajar en cualquier tiempo y condición. Inclusive se puede obtener más exactitud con un control estadístico de profundidades tomando en cuenta la variación los periodos de retorno (frecuencias de máximas precipitaciones que ocasionen crecidas en los ríos).



DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

FIGURA No. 3.8

1:40.000



OXIGENO DISUELTO

FIGURA No. 3.7

1:40.000

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. En base a la investigación Bibliográfica, realizada se concluye que en el Río Daule, y en el Río Guayas, existen demasiadas descargas sin tratar, y otras con poco tratamiento, que sumados a una serie de factores como el deficiente sistema de alcantarillado, y la gran proyección de crecimiento poblacional, podrían generar en poco tiempo un colapso ambiental en la ciudad de Guayaquil.

2. De acuerdo a la tabla 2.11 de resultados de los ensayos, los valores de DBO, DQO y OD de las descargas y del río (que son las referencias más claras de contaminación), se encuentran muy por encima de los rangos ambientales admisibles; de acuerdo a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de Contaminación Ambiental del Recurso Agua, Apéndice F, lo que indica que no existe control sobre las descargas industriales terrestres en el Río Guayas.

TABLA 4.1

Tabla comparativa de valores de parámetros de calidad de agua en las descargas industriales

Parámetros de calidad de aguas	Valores críticos obtenidos de la (Tabla 2.11)	Valores mínimos permisibles de acuerdo a la ley para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas
DBO (mg/l)	428.32	20
DQO (mg/l)	712	40 aproximadamente

TABLA 4.2
Tabla comparativa de valores de parámetros
de calidad de agua en el río Guayas

Parámetros de calidad de aguas	Valores críticos obtenidos de la (Tabla 2.11)	Valores mínimos permisibles de acuerdo a la ley para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas
DBO (mg/l)	50.4	2.00
OD (mg/l)	4.11	6.00
DQO (mg/l)	90.62	no se menciona
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	120.000	4.000

3. Si bien es cierto que en el área de estudio el OD, no se ve afectado drásticamente por la descarga de AASS, la gran presencia de coliformes fecales es evidente como se demuestra en los ensayos realizados (Tabla 2.11), ya que ciertos organismos patógenos se desarrollan mejor en aguas que tienen un OD por sobre los 4 mg/l, que son valores que se pueden apreciar en el mapa de isofletas de Oxígeno Disuelto de la grilla analizada, figura 3.7 (Metcalf & Eddy 1996).

4. El gráfico típico del Agotamiento de Oxígeno Disuelto en un Río al recibir el impacto de un efluente contaminado, se representa en la figura 3.2, donde se observa que de inmediato, se produce la disminución de Oxígeno hasta el Déficit Crítico. En el Río Guayas, esto no ocurre, pues la disminución de oxígeno es lenta, como se aprecia en la figura 3.6.a; asumiendo que no existen contribuciones de ninguna clase al río, el

Déficit Crítico se ubicaría a 67 Km. Por lo que se demuestra que el Guayas tiene un gran potencial dinámico de disolución.

5. Se comparó la grilla propuesta, entre el gráfico de las isoletas de OD resultado del presente estudio, con las características de OD establecidas en el Río en la misma área en estudios anteriores con las mismas condiciones, y se verificó que los iso líneas son similares.

RECOMENDACIONES

1. Se debe acelerar la ejecución de los proyectos de solución integral de Alcantarillado de la ciudad de Guayaquil. Así como la readecuación y optimización de las plantas de tratamiento de Aguas Residuales.
2. Es necesario buscar los mecanismos para hacer cumplir la legislación ambiental de contaminación del recurso agua. Uno de estos mecanismos es dotar de una tecnología adecuada a las instituciones que realizan el control, así como la preparación y actualización del personal técnico y de supervisores. Solo así se evitara diagnósticos como el de Fundación Natura: **“El poco cumplimiento del Reglamento es atribuido a las limitaciones de las instituciones responsables, a una falta de conscientización de la ciudadanía, y aun a sobornos abiertamente realizados...”** (Fundación Natura 1993)
3. Se debería realizar un inventario expedito sobre las descargas clandestinas de aguas servidas en el sistema de aguas lluvias. Realizando esto y mejorando las plantas de tratamiento de aguas residuales, sin duda disminuirá la presencia de coliformes fecales en el Guayas.
- 4.. Si bien es cierto la dilución mantiene el nivel de Oxígeno disuelto y disminuye el DBO, la tendencia mundial recomienda que la dilución no es la solución contra la contaminación.
5. Se debe implementar el uso de Modelos, y de otro tipo de herramientas de computación similares al tratado en la grilla analizada, que permitan la reducción del costo que involucra los estudios in situ, una vez que se ha verificado que el modelo arroja resultados similares como en el presente caso.

APENDICES

APENDICE A

CALCULOS

1. Cálculo De Caudales

2. Cálculo Del Coeficiente De Oxigenación

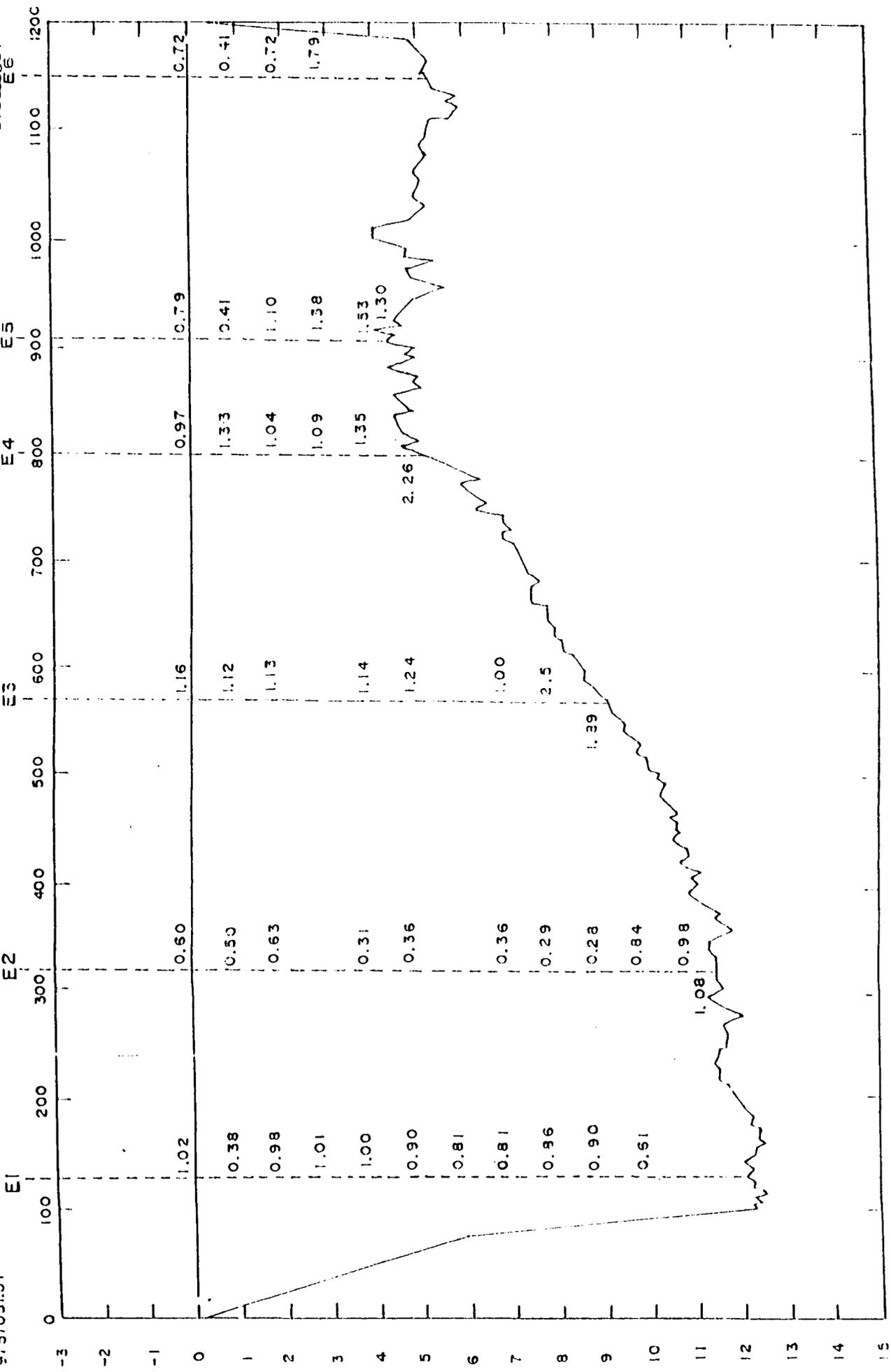
624518 OX
9757057.OY

Lineas: 2 MIL0853.56 (3 of 8)

Long: 1201

Asimut: 113

575853.56
EG



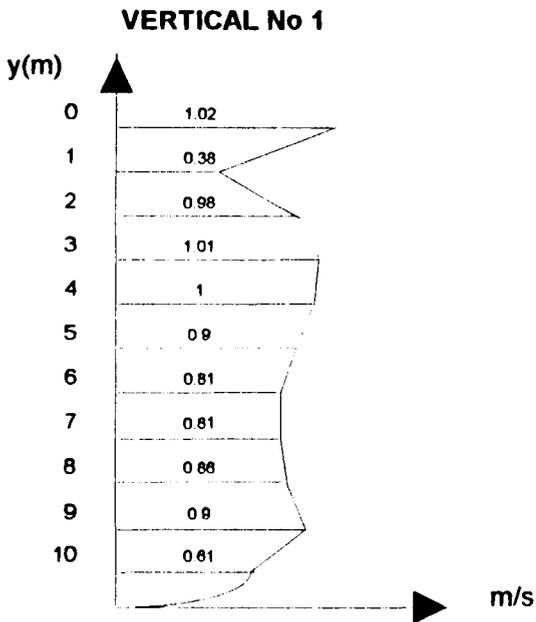
OLMEDO - REDUCIDO AL MSL

2 MIL0853.56

SECCIONES DE CORRIENTES (m/s)

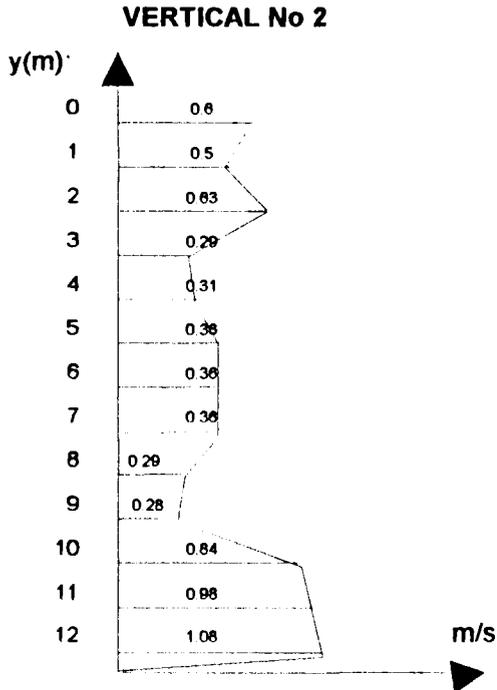
FIGURA A.2

PERFILES DE VELOCIDADES PARA EL CALCULO DEL CAUDAL DEL RIO



Puntos	Velocidades
DA1	0.700
DA2	0.680
DA3	0.995
DA4	1.000
DA5	0.950
DA6	0.855
DA7	0.810
DA8	0.835
DA9	0.880
DA10	0.755
SUMA	8.460

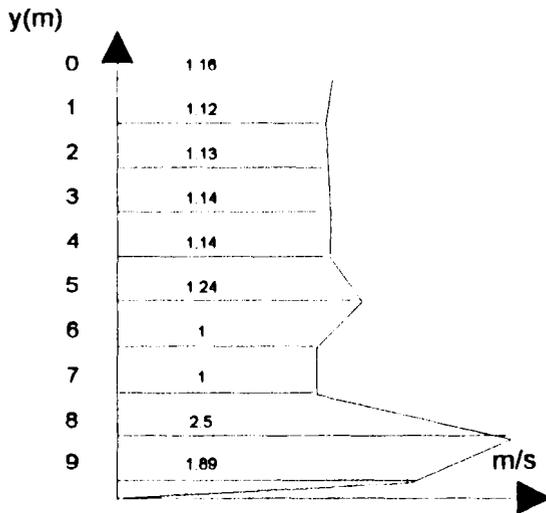
Vm1 (m/sg) =	0.846
---------------------	--------------



Puntos	Velocidades
DA1	0.550
DA2	0.565
DA3	0.940
DA4	0.110
DA5	0.130
DA6	0.325
DA7	0.084
DA8	0.560
DA9	0.910
DA10	1.030
SUMA	5.204

Vm2 m/sg) =	0.434
--------------------	--------------

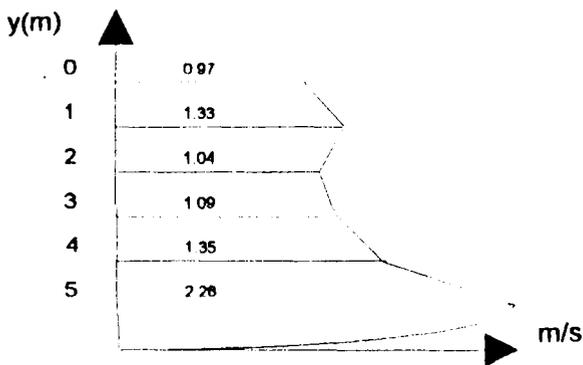
VERTICAL No 3



Puntos	Velocidades
DA1	1.290
DA2	1.250
DA3	1.280
DA4	1.190
DA5	2.240
DA6	1.750
DA7	2.190
SUMA	11.190

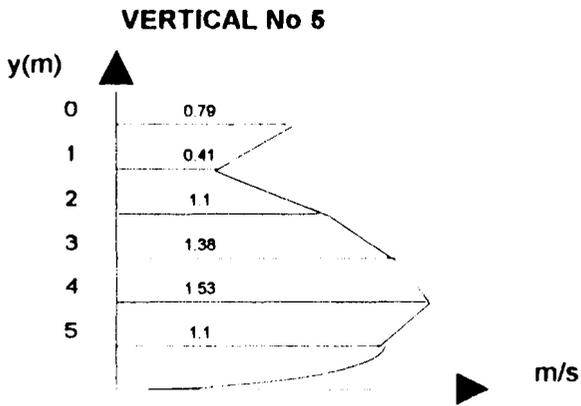
Vm3(m/s) =	0.243
-------------------	--------------

VERTICAL No 4



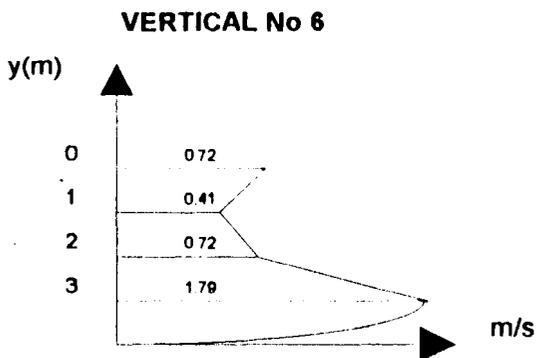
Puntos	Velocidades
DA1	1.150
DA2	1.185
DA3	1.065
DA4	1.220
DA5	1.800
SUMA	6.420

Vm4(m/s) =	1.284
-------------------	--------------



Puntos	Velocidades
DA1	0.580
DA2	0.755
DA3	1.240
DA4	1.455
DA5	1.415
SUMA	5.445

Vm5(m/s) =	1.089
-------------------	--------------



Puntos	Velocidades
DA1	0.565
DA2	0.565
DA3	1.255
SUMA	2.385

Vm 6 (m/s) =	0.795
---------------------	--------------

CALCULO DE K

Tabla A.1

CALCULO DE LAS CONSTANTES DEL DBO EMPLEANDO EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS Y FUJIMOTO

Tiempo dias	DBO (Y) mg/l
2	20.97
3	26.69
4	34.31
5	38.13
6	40.25
7	42.73

TABLA DE CALCULOS

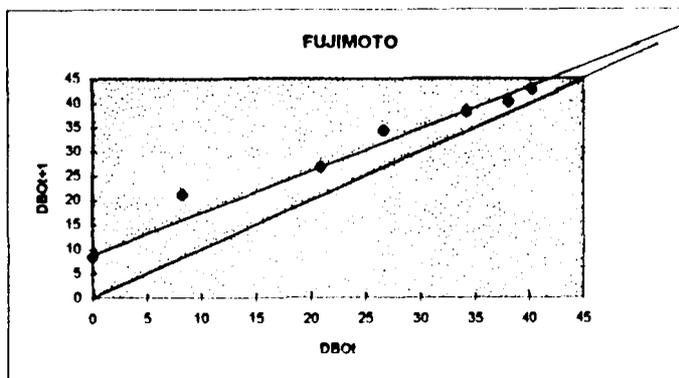
Tiempo (día)	Y	Y ²	Y1	YY1
1	8.320	69.222		
2	20.970	439.741	9.185	192.609
3	26.690	712.356	6.670	178.022
4	34.310	1177.176	5.720	196.253
5	38.130	1453.897	2.970	113.246
6	40.250	1620.063	2.300	92.575
7	42.730	1825.853		

Tiempo (día)	Y	Y ²	Y1	YY1
2	20.970	439.741	9.180	192.600
3	26.690	712.356	6.670	178.022
4	34.310	1177.176	5.720	196.253
5	38.130	1453.897	2.970	113.246
6	40.250	1620.063	2.300	92.570
TOTAL =				
	160.350	5403.233	26.840	772.692

a= -16.2
b= 0.33

k=b=0.33 (base e)
L= 16.20/0.33 49.0909091 mg/l

DBOt	DBOt+1
0	8.32
8.32	20.97
20.97	26.69
26.69	34.31
34.31	38.13
38.13	40.25
40.25	42.73



$$Y_6 = L - L_6 = L * (1 - e^{-6K'})$$

$$40.25 = L - L_6 = 49.1 * (1 - e^{-6K'})$$

$$0.8127 = (1 - e^{-6K'})$$

$$1.71 = -6K'$$

$$K' = 0.2855 \frac{1}{\text{día}}$$

Otro Modelo De Calidad De Aguas

Modelo Wasp

WASP: Water Quality Analysis Simulation Program: Es una herramienta para modelaje de rango de contaminación, y transporte en aguas superficiales. Se basa en un modelo flexible, puede ser aplicado en una, dos, o tres dimensiones y es diseñado para permitir la fácil sustitución pudiendo incorporarse nuevas rutinas a las estructuras del programa.

Los problemas estudiados usando el WASP, incluyen DBO, Oxígeno Disuelto, dinámica de los nutrientes y eutroficación, contaminación bacteriana, y contaminación por metales pesados.

Se proveen dos modelos del WASP:

- *TOX15* que combina la estructura cinética con la estructura de transporte del WASP, y los algoritmos de balance de sedimentación simple, para predecir la contaminación simple de las predicciones en el lecho sobre las capa de agua, de oxígeno disuelto.
- Eutroficación. *EUTRO5* combina la estructura cinética con la estructura de transporte del WASP5 para predecir el oxígeno disuelto y la dinámica que afecta al fitoplankton por nutrientes y materia orgánica.

La flexibilidad ofrecida por el programa de simulación de análisis de calidad de aguas (WASP) es única. El WASP, permite modelar la estructura en una, dos, y tres dimensiones como ya se indicó teniendo la facilidad de manejar los desechos con varias variables, que hacen al programa flexible y de gran versatilidad.

Este programa, se encuentra disponible en la siguiente dirección electrónica:

E-Mail : <http://www.cee.ODU.EDU>.

Equipos Usados

- **Peachímetro**

Marca Hach, calibrado con buffer 7 con rango 6.9-7, en base a las referencias de la Standar Reference Buffer NIST.

- **Flujómetro**

Marca Gun Guard permite la medida de flujo, (caudal) de descargas en un rango de entre 0 a 25 pies/sg

- **Medidor de corrientes**

Marca Interoccean Modelo S4. Es un equipo autocontenido de registro continuo que mide magnitud y dirección real de corrientes horizontales en cualquier medio acuático, sobre los 1000 metros de profundidad.

- **Teodolito**

Marca Wild modelo T2, de características geodésicas, permite medir ángulos en grados, minutos y segundos.

- **Distanciómetro**

Marca Decca, equipo electrónico empleado para Hidrografía, tiene un rango operación de entre 50 metros a 10000 metros.

- **Termómetros**

Marca Bayer tiene un rango de temperatura de -10 C a 120 C.

- **Bureta Digital**

Empleado en la titulación de las soluciones, marca Munich rango entre 0 a 1200 ml

APENDICE **B**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

FLUJOGRAMA

DATOS DEL RIO
 CAUDAL Q_r
 VELOCIDAD V_r
 ALTURA H_r
 TEMPERATURA T_r
 DBOS r
 OXIG. DISUELTO OD_r

DISTANCIA DE E1 - E2
 X , cada 500 m

DATOS DE DESCARGA
 CAUDAL Q_w
 VELOCIDAD V_r
 TEMPERATURA T_r
 DBOS r
 OXIG. DISUELTO OD_r

DATOS
 PARAMETROS FISICOS: CARACTERISTICAS DEL RIO
 COEFICIENTE DE OXIGENACION K^1
 DIFUSIVIDAD OXIGENO AGUA DL

CALCULOS
 OXIGENO DISUELTO DE LA MEZCLA
 $ODM = \frac{Q_r \times OD_r + Q_w \times OD_w}{Q_r + Q_w}$
 TEMPERATURA DE LA MEZCLA
 $TM = \frac{Q_r \times T_r + Q_w \times T_w}{Q_r + Q_w}$

DATOS DE TABLA
 DEFICIT INICIAL Do
 OXIGENO DISUELTO SATURACION $OD\ sat$
 $T_r + 1$ (ingresa valor) $OD\ sat + 1$
 $T_r - 1$ (ingresa valor) $OD\ sat - 1$
 Interpolación $OD\ sat$ a T_m
 Hallar $OD\ sat$
 $Do = OD\ sat - ODM$

$K^1 = K^1 \times (1,056)^{TM-20}$
 $K^2 = \left[\frac{(DL \times V_r)^{1/2}}{4^{3/2}} \right] \times (1,047)^{TM-20}$

$L_0 =$ CARGA INICIAL DBO
 $L_0 = \frac{DBO_r \times Q_r + Q_w \times DBO_w}{Q_r + Q_w}$

CALCULO DEL DEFICIT DEL OXIGENO DISUELTO
 HASTA LA DISTANCIA X , CADA 500 m
 $D_c = \frac{K^1 \times L_0}{K^2 - K^1} \times (e^{-(K^1 t)} - e^{-(K^2 t)}) + Do \times e^{-(K^2 t)}$

CALCULO DE LA VARIACION DE
 DE LA DBO
 $L = L_0 \times e^{-(K^1 \times X / V_r)}$

FIN

Manual De Empleo Del Programa Del Modelo Elemental De Calidad De Aguas.

Como se indicó el programa se encuentra elaborado en Visual Basic 4.0.

- **REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA:**

El sistema deberá ser instalado en el disco duro del computador y sus requerimientos son:

- Espacio en disco mínimo de 3 Mb para los archivos del sistema
- Se requiere ambiente Windows 95 o superior
- Microsoft Access versión 2.0 o superior.

- **INSTALACION:**

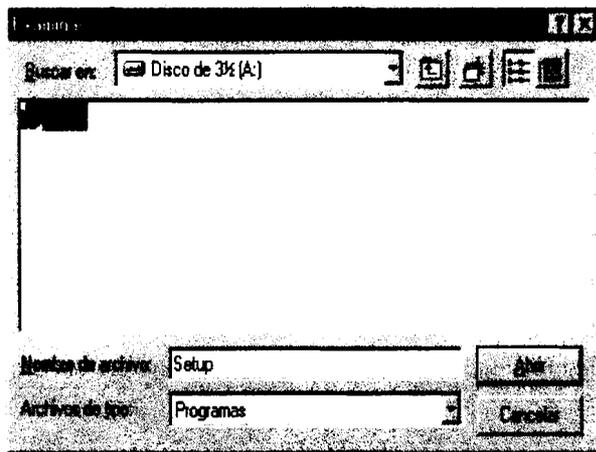
Para su instalación se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Encender la computadora, asegurese de que no se estén ejecutando aplicaciones de windows.
2. Haga clic en el botón de inicio

3. Haga clic en el botón de inicio en EJECUTAR (RUN)
4. Introduzca el Disco de instalación # 1 en la unidad de disco de la computadora.
5. Escriba en el cuadro línea de comando la unidad del disco de la computadora (por ejemplo A:/) seguida de SETUP:EXE. Haga clic en Aceptar o presione ENTER (ver el gráfico de E.1)

FIGURA E.1

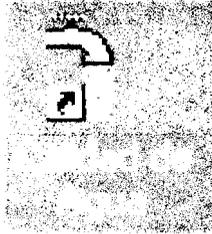
Instalación



6. Cuando la ventana de instalación de TESTPOL se presenta haga clic en aceptar para continuar la instalación.
7. Cuando la instalación termina de copiar los archivos, aparecerá un mensaje de aceptar, haga clic en este mensaje y finaliza la instalación.

Inmediatamente aparecerá una ventana con el ícono para ejecutar el sistema y correrlo en ese momento si desea.

FIGURA E.2
ICONO DE LLAMADO



- **CORRIDA DEL PROGRAMA**

Aplicando dos clicks al ratón aparece la pantalla de inicio:

FIGURA E.3
PANTALLA DE INICIO



En la primera pantalla se tiene:

FIGURA E.4

DATOS DE ENTRADA ESTACION 1

Medio Ambiente de Calidad del Agua

Datos del Río en la Estación Uno

Caudal: m³/seg Velocidad: m/seg
 Altura: m DBO₅: mg/l
 Oxígeno Disuelto: mg/l Temperatura: C

Datos de Descarga Estación Uno

Caudal: m³/seg Temperatura: C
 Oxígeno Disuelto: mg/l DBO₅: mg/l

Parámetros Físicos Característicos del Río

Coefficiente de Oxigenación: d⁻¹ Divisividad de Oxígeno del Agua del Río: m²/d
 Distancia de la próxima estación: Km

Resultados Siguiente Gráfico Salir

Las unidades en que deben ser introducidos los parámetros, se presentan en la pantalla interactiva. En la parte inferior de la pantalla, se presentan ventanas, que al accionarse se detallan a continuación:

FIGURA E.5

RESULTADOS ESTACION 1 A ESTACION 2

Medio Ambiente de Calidad del Agua

Resultados para la Estación Uno

Variables	Valores	Significado
ODm:	4.4799564 mg/l	Oxígeno disuelto de la mezcla
Tm:	29.0001872 C	Temperatura de la mezcla
ODsat:	7.8099999 mg/l	Oxígeno disuelto de saturación
Do:	3.3300436 mg/l	Deficit de oxígeno disuelto inicial
K1:	.441491 d ⁻¹	Coefficiente de oxigenación (Arrhenius)
K2:	.168521 d ⁻¹	Constante reaeración (Arrhenius)
DBOw:	81.0757035 d ⁻¹	Demanda Bioquímica a 5 días efluente
DBOr:	50.1649748 d ⁻¹	Demanda Bioquímica a 5 días del río
Lo:	50.1656557 mg/l	Carga del DBO en el río por efluente

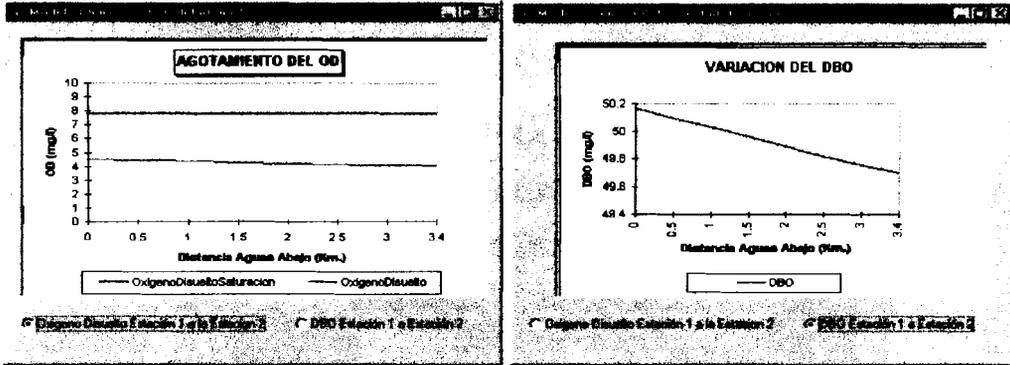
Deficit de Oxígeno en la siguiente Estación: 3.7861914mg/l

Oxígeno Disuelto en la siguiente Estación: 4.8238886mg/l

Disminución del DBO: 49.6867514mg/l

Resultados Siguiente Gráfico Salir

FIGURA E.6
GRAFICOS ESTACION 1 A ESTACION 2



Al accionar la ventana “SIGUIENTE →”, aparece la pantalla de ingreso de datos para es siguiente tramo:

FIGURA E.7
DATOS DE ENTRADA ESTACION 2

The screenshot shows a data entry form with the following fields and values:

Datos del Río Estación Dos	
Caudal:	5.538.3700 m ³ /sg
Velocidad:	1.6500 m/sg
Altura:	12.1000 m
DBO:	49.6900 mg/l
Oxígeno Disuelto:	4.4000 mg/l
Temperatura:	29.000 C
Datos de Descarga Estación Dos	
Caudal:	0.2266 m ³ /sg
Temperatura:	33.0000 C
Oxígeno Disuelto:	2.6780 mg/l
DBO ₅ :	428.3200 mg/l
Parámetros Físico-Químicos del Río	
Coefficiente de Dispersión:	0.2655 d
Difusividad de Oxígeno del Agua del Río:	0.0001760 m ² /d
Distancia de la próxima estación:	3.5000 Km

At the bottom of the form are four buttons: "Pantallas", "Gráficos", "Totales", and "Salir".

Las unidades en que deben ser introducidos los parámetros, se presentan en la pantalla interactiva. En la parte inferior de la pantalla, se presentan ventanas, que al accionarse se detallan a continuación:

FIGURA E.8
RESULTADOS ESTACION 2 A ESCLUSAS

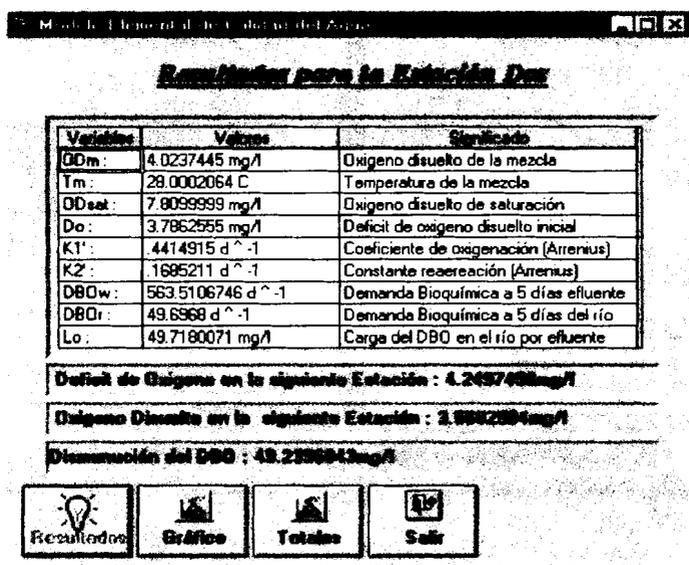


FIGURA E.9
GRAFICOS ESTACION 2 A ESCLUSAS

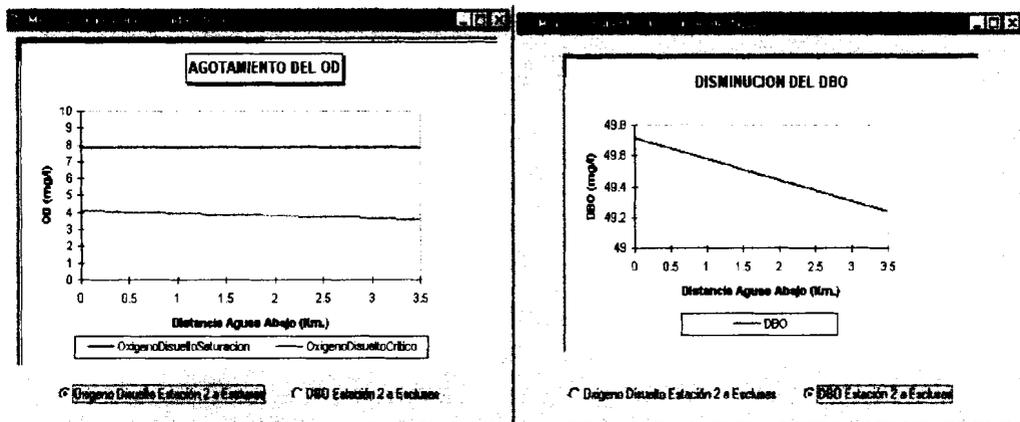
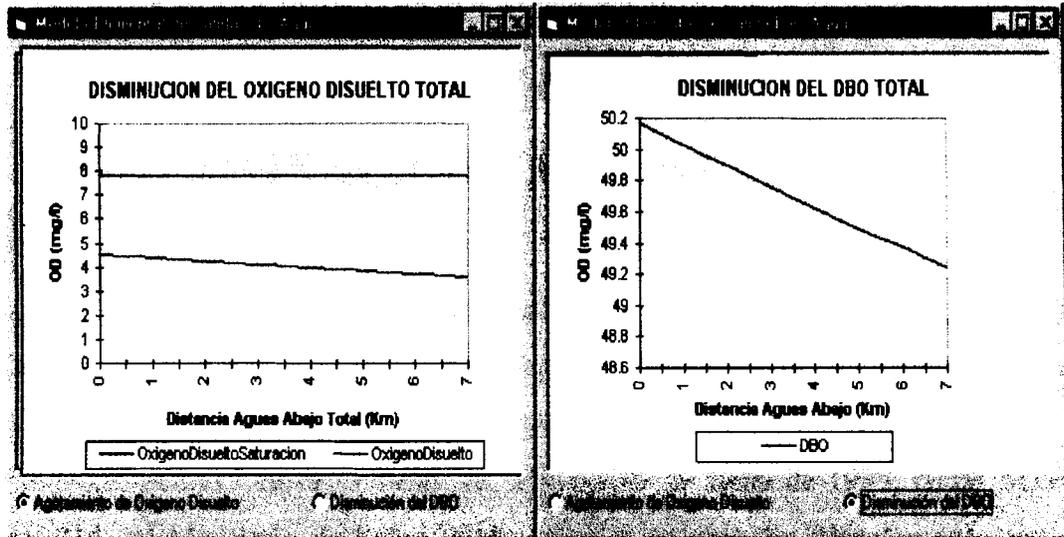


FIGURA E.10
GRAFICOS TOTALES DE LA GRILLA DEL RIO GUAYAS MODELADA



LEGISLACION EXISTENTE SOBRE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL DEL AGUA

Luego de varios años, en que la principal respuesta de las autoridades de gobierno nacionales, fue el establecimiento de comentarios sobre la no contaminación. En el año 1989, se promulgan normas de control específico, esta nueva regulación fue promulgada en el Registro Oficial No. 204 del 05 de Junio de 1989, como Acuerdo No. 214 del Ministerio de Salud Pública bajo el nombre de: **“Reglamento para la Prevención y Control de Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua”**. Este Reglamento es el Marco Legal que en la actualidad rige la contaminación del agua.

La Comisión Técnica establecida en el Reglamento, está representada por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INHERI), y la Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral (DIGMER). Esta Comisión, le corresponde asesorar al Comité Interinstitucional de Protección del Ambiente en materia de aplicación del Reglamento en cuestión y proponer reformas a los criterios de calidad y normas de descarga. El IEOS, el INERHI y la DIGMER, están facultados también para realizar inspecciones periódicas, y establecer multas y sanciones.

En orden de prioridad, en el Reglamento se tendrá en cuenta los siguientes usos del agua, en que también se explican que se entiende por cada uno de ellos.

- Consumo humano y doméstico
- Preservación de flora y fauna
- Agrícola
- Pecuario
- Recreativo
- Industrial
- Transporte, y
- Estético

De igual manera en el Reglamento se establecen los criterios de calidad de las aguas en función de su uso. A partir del año 1994, de las Instituciones miembros de la Comisión técnica, solamente la DIGMER se mantenía como tal, pues el IEOS pasó a formar parte de la en la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental en el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, mientras que el INERHH, es hoy el Consejo Nacional de Recursos Hidráulicos.

Luego de estos cambios, la Subsecretaría de Salud Zona II, organizó la Comisión Técnica, para su jurisdicción, y es como opera en la actualidad y lo conforman:

La Dirección General de la Marina Mercante
La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental
El Consejo Nacional de Recursos Hidráulicos
La Municipalidad de Guayaquil, y
La Dirección Provincial de Salud del Guayas.

Fenómeno “El Niño” o “Eventos Enso”

“Una de las mayores manifestaciones en el sistema oceano-atmósfera es la Oscilación del Sur a través de la región Indo-Pacífico, y relacionado con ella, el fenómeno El Niño frente a la costa Sudamericana. En la actualidad, la comunidad científica mundial agrupa a estos dos eventos bajo un solo término: evento ENSO (el acrónimo ENSO proviene del inglés El Niño-Southern Oscillation); mientras que la prensa y público en general comúnmente se refieren a estos eventos como el fenómeno El Niño, o simplemente El Niño.

Los eventos ENSO describen a una anomalía océano atmosférica de gran escala generada remotamente en el Pacífico Tropical Occidental y caracterizada fundamentalmente por el influjo no periódico de aguas extremadamente cálidas (28-30°C) en el Pacífico Tropical Oriental, particularmente frente a Ecuador y Perú. Estas invasiones de agua anormalmente cálida producen dramáticos cambios en los regímenes meteorológicos, oceánicos y biológicos.

Durante los eventos ENSO, la acumulación de agua cálida a lo largo de la costa ecuatoriana es excesiva; los stocks de peces pelágicos prácticamente desaparecen reduciendo drásticamente las capturas de la flota pesquera y muchas aves marinas dependientes de los peces para su alimentación, mueren en grandes cantidades. Además, el litoral ecuatoriano sufre fuertes precipitaciones debido principalmente a un normal desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical de vientos (ZCIT); estos produce severos daños a los cultivos de la región como consecuencia de las desastrosas inundaciones (Cucalón, 1986)”. (CAAM 1996)

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, Standar Methods.** (New York, 1992)
- 2. APOLO IVAN, Notas y Prácticas sobre Sistema de Información Geográfica,** (New Orleans, Guayaquil 1995-1997)
- 3. CENTRO DE ESTUDIOS DEL MEDIO AMBIENTE DE LA ESPOL :** Proyecto ESPOL - UNO: Estudio de Factibilidad Técnica del Sistema de Alcantarillado Sanitario de Guayaquil, (Guayaquil, 1995), Volumen 1, 3 y 7.
- 4. COMISION ASESORA AMBIENTAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA,** Sistemas Biofisicos y Pesquerías en el Golfo de Guayaquil, (Quito, 1996), pp. 25-38, 59-62, 77-80.
- 5. COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL GUAYAS,** Documento: Seminario de Tecnologías Apropriadas en Saneamiento Básico, (Guayaquil, 1997), pp. 3-10.
- 6. COMISION ASESORA AMBIENTAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA,** Desarrollo y Problemática Ambiental del Area del Golfo de Guayaquil, (Quito, 1996), pp. 118-130, 298-300.
- 7. COMISION DE ESTUDIOS DE DESARROLLO DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS,** Apuntes de la Cuenca del Río Guayas, (Guayaquil, 1994).

8. **DIARIO “EL UNIVERSO”**, Artículos publicados, (Guayaquil, 1997), 5 Agosto, 4 Septiembre, 14 Septiembre, 15 Septiembre, 21 Septiembre, 11 Octubre.
9. **<http://gis.uscsc.edu/>**, GIS (Santa Cruz California, 1997)
10. **HUXHOLD WILLIAM**, Geographic Information System, (New York, 1991), pp. 25-60.
11. **INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA**, Actas Oceanográficas, Datos de Campo (Guayaquil, 1990-1997).
12. **INEC**, Ecuador: Proyecciones de Población por provincias, Cantones, Areas, *Sexo y Grupos de Edad*, (Guayaquil 1994), pp. 27-30.
13. **MATAMOROS DAVID**, Notas de Ingeniería Ambiental (Guayaquil 1996).
14. **METCALF & EDDY, INC**, Ingeniería De Aguas Residuales, (Madrid, 1996), pp. 53-120, 1353-1833.
15. **MONTOYA ANGEL**, Notas de Hidrología (Guayaquil 1995).
16. **REGISTRO OFICIAL No. 2144**, Reglamento para Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, (Quito, 1989), pp. 7-21.
17. **VEN TE CHOW**, Hidráulica de Canales Abiertos, (Colombia 1994), pp. 19-40.
18. **VIESSMAN-HAMMER**, Water Supply and Pollution Control, (New York 1993), pp. 815.