

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA**

**Trabajo de Grado
Previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

**Tema:
EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL
AGUA DEL ESTUARIO DEL RÍO GUAYAS**

**Realizado por:
CARLOS DANIEL ZAMBRANO HIDALGO**

**Director:
ING. JOSÉ VÁSCONEZ GAVILANEZ**

**Guayaquil – Ecuador
2010**

TRABAJO DE GRADO

Tema:

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTUARIO DEL RÍO GUAYAS.

**Presentado a la Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil de
la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**

Por:

CARLOS DANIEL ZAMBRANO HIDALGO

**Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar por el
título de:**

INGENIERO CIVIL

Tribunal de sustentación:

**Ing. José Vásconez Gavilánez. M.Sc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TESIS**

**Ing. Miguel Cabrera Santos. M.Sc.
PROFESOR INVITADO**

**Dr. Ing. Walter Mera Ortiz
DECANO DE LA FACULTAD**

**Ing. Lilia Valarezo de Pareja. M.Sc.
DIRECTORA DE LA ESCUELA**

AGRADECIMIENTO

A Dios,

A mi esposa,

A mis padres,

Profesores, y

Mi director de tesis, Ing. José Vásconez Gavilánez.

Gracias....

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Alcance.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Metodología.....	4
1.5.1. Revisión y estudio bibliográfico de calidad de agua del estuario del Río Guayas.....	4
1.5.2. Selección de parámetros de calidad de agua.....	5
1.5.3. Evaluación de resultados.....	5

CAPÍTULO II

CONTAMINACION AMBIENTAL

2.1. Concepto General.....	7
2.1.1. Tipos de Contaminación Ambiental.....	8
2.1.2. Orígenes de la Contaminación Ambiental.....	9
2.1.3. Clases de Contaminación Ambiental.....	10
2.1.4. Efectos de la Contaminación Ambiental.....	11
2.1.5. Prevención de la Contaminación Ambiental.....	12
2.2. Contaminación del Agua.....	13
2.2.1. Algunas Propiedades Físicas del agua y su influencia en la Contaminación.....	14
2.2.2. Mitigación de la Contaminación en las Aguas Negras Doméstica.....	15

2.2.3. Clases de Contaminantes del Agua.....	16
2.2.4. Principales contaminantes de las aguas.....	16
2.2.5. La eutrofización de las aguas.....	17
2.2.5.1. Prácticas para evitar la eutrofización de las aguas.....	17
2.2.6. Contaminación por fitosanitarios.....	19
2.2.6.1. Medidas para evitar la contaminación por fitosanitarios.....	20
2.3. Mares Y Costas.....	21
2.3.1. Costas.....	23
2.3.2. Aguas Libres.....	24
2.4. Sustancias Contaminantes.....	24
2.5. Referencias.....	27

CAPÍTULO III

SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTUARIOS

3.1. Concepto del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Agua en Estuario.....	29
3.1.1. Toma de muestras en el río.....	30
3.2. Clasificación De La Calidad De Las Aguas.....	30
3.2.1. Clasificación para consumo humano.....	31
3.2.2. Clasificación para baño y usos deportivos.....	31
3.3. Síntesis De Principios Básicos En El Tema De Calidad De Agua.....	32
3.3.1. Temperatura.....	32

3.3.2. Salinidad.....	32
3.3.3. Sólidos Suspendidos.....	33
3.3.4. PH.....	33
3.3.5. Oxígeno Disuelto.....	33
3.3.6. Fosfato.....	34
3.3.7. Coliformes.....	35
3.3.8. Turbiedad o turbidez.....	35
3.3.9. Cloruros (CL).....	36
3.3.10. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	36
3.4. Referencias.....	37

CAPÍTULO IV

Análisis de datos de INTERAGUA Y ECAPAG

4.1. Análisis de datos.....	39
------------------------------------	-----------

CAPÍTULO V

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

5.1. Concepto de Índice de Calidad del Agua.....	57
5.2. Índice Simplificado de la Calidad del Agua.....	58
5.3. Desarrollo de Índice Simplificado de la Calidad del Agua.....	58
5.4. Referencias.....	60

CAPÍTULO VI

CÁLCULO DE VALORES DE ISCA PARA RÍO GUAYAS

6.1. Resultados de Valores de ISCA para el Río Guayas	62
--	-----------

CAPÍTULO VII

INTERPRETACIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Interpretación.....	67
7.2. Conclusiones y Recomendaciones.....	68
7.2.1. Conclusiones.....	68
7.2.2. Recomendaciones.....	69

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

8.1. Anexos.....	71
-------------------------	-----------



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



1.1. Antecedentes.

El crecimiento poblacional de la ciudad de Guayaquil determina que cada vez se descarguen aguas residuales que alteran la calidad del agua de su principal cuerpo receptor que es el Río Guayas.

El Río Guayas tiene un enorme caudal de agua dulce y además está sujeto al flujo y reflujo de la marea que le otorgan un gran poder de autoasimilación, sin embargo en los últimos años se nota un deterioro en su calidad, por lo que es necesario analizar la información existente de este cuerpo de agua que se caracteriza por su gran riqueza de flora y fauna acuática, además de tener importantes usos que sustentan la economía de la región.

En este contexto se plantea efectuar una evaluación de la condición del río tanto para estación seca como para estación lluviosa y conocer los índices de contaminación en los actuales momentos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar y analizar la calidad del agua en un tramo del Río Guayas que abarque desde la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo hasta el sector de Las Esclusas, para establecer índices de calidad de agua, y como afecta a los principales usos del agua identificados en el tramo establecido.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Efectuar estudios mediante la sistematización de información de calidad de agua obtenida de ECAPAG.



- Identificar los principales usos del agua del río Guayas, en el tramo que va desde La Puntilla hasta Las Esclusas.
- Establecer los índices de calidad del agua en el tramo seleccionado.
- Formular medidas ambientales para mejorar la calidad del agua del río Guayas, si es del caso.

1.3. Alcance

El trabajo de grado consiste en la evaluación de la calidad del agua del río Guayas, para el efecto ECAPAG proporcionó la información que tiene del programa de monitoreo que ejecuta periódicamente.

- El tramo seleccionado va desde La Puntilla hasta las Esclusas.
- El tiempo de información es de un año calendario.

1.4. Justificación

En el manejo y administración del recurso agua, por su naturaleza de recurso de uso múltiple, es compleja y requiere de la adopción y ejecución de políticas de consumos basadas en los usos actuales y potenciales de los distintos tramos que forman parte de un río o estuario.

Además la gestión de aprovechamiento del agua está incluida en la políticas generales de los recursos naturales renovables y asociado a un desarrollo sostenible que debe permitir el aprovechamiento de los recursos, en este caso del agua, de manera eficiente garantizado su calidad, evitando su degradación con el objeto de no comprometer ni poner en riesgo su disponibilidad futura. Estos principios se aplican en proyectos de ingeniería, arquitectura,



urbanismo y agricultura que esté concebido en el marco de la protección y conservación de los recursos naturales.

Se debe considerar, adicionalmente que el agua es un recurso renovable limitado.

El río Guayas es un estuario que tiene importantes usos cultivo de camarón, preservación de flora y fauna. Además en un tributario importante como el Daule existe la extracción de agua para su potabilización y posterior distribución de la ciudad de Guayaquil y otras poblaciones próximas a la misma.

En este contexto se desarrolla el presente trabajo de grado, que permitió establecer el nivel de calidad del agua en el río Guayas y aportar con recomendaciones que sirvan de sustento para los que toman decisiones sobre la administración y aprovechamiento del río Guayas, en el sector donde se asienta la ciudad de Guayaquil, basado en información facilitada por ECAPAG e INTERAGUA.

1.5. Metodología

La metodología que se aplico para la realización del presente trabajo de tesis se indica a continuación.

1.5.1. Revisión y estudio bibliográfico de calidad de agua del estuario del Río Guayas.

- Se efectuó la recopilación de información de estudios precedentes sobre la calidad del estuario del río Guayas.
 - Se efectuó un análisis teórico del tema, para lo cual se empleo las referencias bibliográficas que son indicadas más adelante, que sirvan para el propósito del presente trabajo de tesis.
-



- Finalmente se obtuvo información de ECAPAG, la misma que sirvió de base para el desarrollo del trabajo de grado.

1.5.2. Selección de parámetros de calidad de agua.

En forma preliminar se proponen evaluar los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Salinidad
- Sólidos Suspendidos
- pH
- Oxígeno Disuelto
- Fosfatos
- Coliformes Fecales
- Turbiedad
- Cloruros (CL)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Conductividad

1.5.3. Evaluación de resultados.

Obtenidos los análisis de agua se procedió a evaluar en forma sistemática tanto para estación seca como para estación lluviosa.

Se procedió a comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles, con la norma de calidad ambiental y los estándares de calidad de agua para los diversos usos establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.



CAPÍTULO II

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



2.1. Concepto General de Contaminación Ambiental.

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El comportamiento social del hombre, que lo condujo a comunicarse por medio del lenguaje, que posteriormente formó la cultura humana, le permitió diferenciarse de los demás seres vivos. Pero mientras ellos se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre adapta y modifica ese mismo medio según sus necesidades.

El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos. Para ello es necesario que proteja los recursos renovables y no renovables y que tome conciencia de que el saneamiento del ambiente es fundamental para la vida sobre el planeta.



La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza.

La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales) o bien debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas) que conforman las actividades de la vida diaria.

Las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico más importantes son: industriales (frigoríficos, mataderos y curtiembres, actividad minera y petrolera), comerciales (envolturas y empaques), agrícolas (agroquímicos), domiciliarias (envases, pañales, restos de jardinería) y fuentes móviles (gases de combustión de vehículos). Como fuente de emisión se entiende el origen físico o geográfico donde se produce una liberación contaminante al ambiente, ya sea al aire, al agua o al suelo. Tradicionalmente el medio ambiente se ha dividido, para su estudio y su interpretación, en esos tres componentes que son: aire, agua y suelo; sin embargo, esta división es meramente teórica, ya que la mayoría de los contaminantes interactúan con más de uno de los elementos del ambiente. (Ref.2)

2.1.1. Tipos de Contaminación Ambiental.

Conforme las emisiones o descargas afectan a los elementos de la naturaleza, se identifican varios tipos de contaminación que se indican a continuación.

- Contaminación del agua: es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, y de otros tipos o aguas



residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

- Contaminación del suelo: es la incorporación al suelo de materias extrañas, como basura, desechos tóxicos, productos químicos, y desechos industriales. La contaminación del suelo produce un desequilibrio físico, químico y biológico que afecta negativamente las plantas, animales y humanos.
- Contaminación del aire: es la adición dañina a la atmósfera de gases tóxicos, CO, u otros que afectan el normal desarrollo de plantas, animales y que afectan negativamente la salud de los humanos.

2.1.2. Orígenes de la Contaminación Ambiental

Por su origen la contaminación ambiental tiene diversas fuentes, las mismas que se indican a continuación:

- Desechos sólidos domésticos.
- Desechos sólidos industriales.
- Exceso de fertilizante y productos químicos.
- Tala de árboles.
- Quema de residuos de campos agrícolas.
- Desechos sólidos.
- Gases de combustión de fuentes fijas (industrias) y móviles (vehículos).
- Desagües de aguas servidas o contaminadas al mar o a los ríos. (Ref. 2)



2.1.3. Clases de Contaminación Ambiental

- **Contaminación química:** refiere a cualquiera de las comentadas en los apartados anteriores, en las que un determinado compuesto químico se introduce en el medio.
- **Contaminación radiactiva:** es aquella derivada de la dispersión de materiales radiactivos, como el uranio enriquecido, usados en instalaciones médicas o de investigación, reactores nucleares de centrales energéticas, munición blindada con metal aleado con uranio, submarinos, satélites artificiales, etc., y que se produce por un accidente (como el accidente de Chernóbil), por el uso ó por la disposición final deliberada de los residuos radiactivos.
- **Contaminación térmica:** refiere a la emisión de fluidos a elevada temperatura; se puede producir en cursos de agua. El incremento de la temperatura del medio disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua.
- **Contaminación acústica:** es la contaminación debida al ruido provocado por las actividades industriales, sociales y del transporte, que puede provocar malestar, irritabilidad, insomnio, sordera parcial, etc.
- **Contaminación electromagnética:** es la producida por las radiaciones del espectro electromagnético que afectan a los equipos electrónicos y a los seres vivos.
- **Contaminación lumínica:** refiere al brillo o resplandor de luz en el cielo nocturno producido por la reflexión y la difusión de la luz artificial en los gases y en las partículas del aire por el uso de luminarias ó excesos de iluminación, así como la



intrusión de luz o de determinadas longitudes de onda del espectro en lugares no deseados.

- **Contaminación visual:** se produce generalmente por instalaciones industriales, edificios e infraestructuras que deterioran la estética del medio. (Ref. 2)

2.1.4. Efectos de la Contaminación Ambiental.

Expertos en salud ambiental y cardiólogos de la Universidad de California del Sur (EE.UU), acaban de demostrar por primera vez lo que hasta ahora era apenas una sospecha: la contaminación ambiental de las grandes ciudades afecta la salud cardiovascular. Se comprobó que existe una relación directa entre el aumento de las partículas contaminantes del aire de la ciudad y el engrosamiento de la pared interna de las arterias (la "íntima media"), que es un indicador comprobado de aterosclerosis.

El efecto persistente de la contaminación del aire respirado, en un proceso silencioso de años, conduce finalmente al desarrollo de afecciones cardiovasculares agudas, como el infarto. Al inspirar partículas ambientales con un diámetro menor de 2,5 micrómetros, ingresan en las vías respiratorias más pequeñas y luego irritan las paredes arteriales. Los investigadores hallaron que por cada aumento de 10 microgramos por metro cúbico de esas partículas, la alteración de la pared íntima media de las arterias aumenta un 5,9 %. El humo del tabaco y el que en general proviene del sistema de escape de los autos producen la misma cantidad de esas partículas. Normas estrictas de aire limpio contribuirían a una mejor salud con efectos en gran escala.

Otro de los efectos es el debilitamiento de la capa de ozono, que protege a los seres vivos de la radiación ultravioleta del Sol, debido a la destrucción del ozono estratosférico por Cl y Br procedentes de la contaminación; o el calentamiento global provocado por el aumento de la



concentración de CO₂ atmosférico que acompaña a la combustión masiva de materiales fósiles.

Lastimosamente los empresarios y sus gobiernos no se consideran parte de la naturaleza ni del ambiente que le rodean, ni toman ninguna conciencia de los daños que hacen al planeta, e indirectamente a sí misma, al mismo ritmo con que los produce; salvo el retirar sus contaminantes de sus regiones.

- Deteriora cada vez más a nuestro planeta.
- Atenta contra la vida de plantas, animales y personas.
- Genera daños físicos en los individuos.
- Convierte en un elemento no consumible al agua.
- En los suelos contaminados no es posible la siembra.

2.1.5. Prevención de la Contaminación Ambiental

A continuación encontraremos algunas formas de prevenir la contaminación ambiental.

- No quemar ni talar plantas.
 - Controlar el uso de fertilizantes y pesticidas.
 - No botar basura en lugares inapropiados.
 - Regular el servicio de aseo urbano.
 - Crear conciencia ciudadana.
 - Crear vías de desagües para las industrias que no lleguen a los mares ni ríos utilizados para el servicio o consumo del hombre ni animales.
 - Controlar los derramamientos accidentales de petróleo.
-



- Controlar los relaves mineros. (Ref. 2)

2.2. Contaminación del Agua.

Se entiende por contaminación del medio hídrico o Contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir materiales, o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales. (Ref. 2)

El agua es un compuesto básico formado por hidrógeno H y oxígeno O, que se encuentra en la naturaleza en su mayoría de forma líquida. Una de las características principales del agua es su capacidad de unión con otros elementos y la capacidad de disolución de ciertos compuestos, haciéndola disolvente universal. Estas capacidades son el resultado de la forma como están unidos los átomos de hidrógeno y de oxígeno.

El agua como tal no es pura, contiene en su constitución química o física otros elementos, los cuales alteran sus propiedades inclusive significativamente. En su mayoría el agua se encuentra conformada por los elementos básicos y adicionalmente iones de sustancias simples o compuestas con características metálicas y no metálicas.

Las sustancias que están en el agua pueden o no degradarla, dependiendo de su composición. Las aguas que poseen grandes concentraciones de iones, en algunos casos no permiten otros procesos químicos normales.

El agua puede tener en suspensión ciertos elementos que dependiendo de su tamaño cambian su aspecto y sus propiedades. Así aguas con concentraciones altas de arcillas y limos



aumentan sus puntos de fusión y no permiten la dilución de otras sustancias, que en estado puro del agua si se disuelven. (Ref. 1)

2.2.1. Algunas Propiedades Físicas del agua y su influencia en la Contaminación.

La detergencia es una propiedad del agua de permitir que el jabón a base de fósforo se disuelva y lleve consigo algunas de las impurezas que la capacidad química del mismo permite unir. El agua dura no permite que el detergente se disuelva y se lleve algunas de estas impurezas, ya que contiene una alta carga de minerales que elimina ese potencial químico.

Por el contrario las aguas lluvias permiten la disolución del mismo, una vez que en la atmósfera generalmente no existen cargas minerales considerables en suspensión.

En los últimos tiempos se ha publicado muchos artículos sobre la contaminación del agua por detergentes, metales pesados, sustancias radioactivas y otros componentes considerados como desechos industriales.

Los jabones y detergentes, contienen en su composición fósforo y dependiendo de su estructura son más o menos complejos para degradarlos. Algunas bacterias tienen la capacidad de utilizar ese fósforo así como otros elementos disponibles en el medio. Las microalgas y las bacterias son en general el alimento de algunos organismos del zooplancton, y cuando están disponibles y las condiciones ambientales son adecuadas se incrementan en grandes cantidades hasta agotar los recursos, y luego mueren. Es realmente la descomposición de los organismos muertos lo que destruye el hábitat.

La eutroficación ha sido atribuida a la presencia de cantidades excesivas de algas, que destruyen con su muerte, la calidad de agua y la dividen en capas horizontales según su



calidad. Lo cierto es que para que descomponer esa gran cantidad de algas muertas se requiere volúmenes altos de oxígeno que muchas veces no está disponible, deteriorando directamente el medio. (Ref. 1)

2.2.2. Mitigación de la Contaminación en las Aguas Negras Domésticas.

La contaminación del agua puede ser mitigada a través de varios procesos, que en el caso del agua que se recoge de los diversos sistemas de utilización en la ciudad se denomina recuperación de aguas domésticas negras.

Estas agua contienen gran cantidad de sustancias orgánicas y metálicas, insolubles o cuyo tiempo de degradación es prolongado. Aquí se aplican procesos mecánicos para remover las partes sólidas grandes y lagunas de sedimentación para extraer las arenas y limos en suspensión. Hasta aquí los microorganismos hicieron su trabajo desde que se utilizó el agua hasta que llegó a la planta.

En el área de sedimentación comienza un proceso que requiere grandes cantidades de oxígeno para llevarse a cabo y que empobrecerían la calidad del agua si se llevasen a cabo en el medio. Esta agua es luego rociada sobre capas de piedras para que las bacterias utilicen el oxígeno atmosférico y de esta manera se recupere su capacidad.

A este punto no se requieren más las bacterias ni los microorganismos, por lo cual debe eliminárselos para que no transmitan más enfermedades o aumenten de manera incontrolable, empleando para ello procesos de cloración. Después de este proceso, se puede verter el agua a los cursos normales sin que se produzcan efectos secundarios de consideración. (Ref. 1)



2.2.3. Clases de Contaminantes del Agua.

Los contaminantes se dividen en 3: Químicos, biológicos y físicos.

- Los químicos son aquellos que alteran la composición del agua y/o reaccionan con ella.
- Los físicos son los que no reaccionan con el agua, pero pueden dañar la vida en el ecosistema.
- Los biológicos son organismos, o microorganismos, que son dañinos o que se encuentran en exceso (plagas, como los lirios acuáticos, de rápida propagación).

2.2.4. Principales contaminantes de las aguas.

- Compuestos orgánicos biodegradables
- Sustancias peligrosas
- Contaminación térmica
- Agentes tensioactivos
- Partículas sólidas
- Nutrientes en exceso: eutrofización
- Gérmenes patógenos
- Sustancias radioactivas
- CO₂ en exceso: Humo Industrial. (Ref. 2)



2.2.5. La eutrofización de las aguas.

La eutrofización es el enriquecimiento excesivo en nutrientes de las aguas, lo que produce un gran crecimiento de algas y otras plantas acuáticas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos, embalses o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora. El crecimiento de algas puede afectar también al uso recreativo de embalses y lagos, a la circulación del agua en ríos y canales y obturar los filtros de estaciones de tratamiento del agua.

Las aguas superficiales reciben cantidades excesivas de nutrientes (nitrógeno y fósforo en forma de NO_2 y P_2O_5), por los vertidos urbanos e industriales y el arrastre de abonos agrícolas. Los aportes de nutrientes son de naturaleza muy diversa. Las aguas residuales domésticas contienen nitrógeno y fósforo procedente, principalmente, de las deyecciones humanas y de los productos de limpieza. La actividad agraria es también una fuente importante, especialmente por los abonos aportados a los cultivos y los residuos originados por la ganadería.

En estudios realizados en una cuenca con agricultura y ganadería muy intensivas de Bretaña, se han observado sobrantes de 228 tm/ha de nitrógeno y de 55 tm/ha de fósforo, debido a un exceso de abonado químico. Estos sobrantes han conducido a multiplicar por 5 a 7 la concentración de nutrientes en el agua durante los últimos veinte años. (Ref. 2)

2.2.5.1. Prácticas para evitar la eutrofización de las aguas.

- **Practicar la agricultura ecológica:** Las técnicas de agricultura ecológica basan la fertilización en los aportes de materia orgánica, los abonos verdes y las rotaciones



de cultivos. Estas técnicas favorecen una buena estructura del suelo, que reduce la erosión, y mantienen niveles bajos de nutrientes libres en el suelo, evitando que puedan ser arrastrados hasta los cursos de agua.

Los fertilizantes orgánicos, como el estiércol, aportan toda la gama de nutrientes que necesitan las plantas, mejoran las propiedades físicas del suelo y favorecen la actividad biológica imprescindible para una correcta fertilidad a la vez que presentan mucha más resistencia al lavado o arrastre de los nutrientes, de esta forma permiten obtener buenas cosechas sin contaminar el agua.

- **Ajustar los aportes de abonos:** El exceso de abonos no conduce a mejores cosechas, es un derroche que le cuesta caro al agricultor y al medio ambiente. Debemos ajustar los aportes de abono a las necesidades del cultivo y las características de la zona.
 - **Evitar la erosión:** La principal causa de que los nutrientes alcancen las aguas superficiales es la erosión y, en nuestras condiciones, la erosión hídrica. Reducirla no sólo significa evitar la eutrofización sino también conservar la fertilidad del suelo. Por ello, es muy importante tomar medidas para reducir los procesos erosivos, especialmente en aquellas parcelas que no están niveladas. Algunas de estas medidas son:
 - Labrar el suelo según las curvas de nivel, nunca en la dirección de la pendiente.
 - Mantener el suelo cubierto de vegetación, la cual fija el suelo y evita el impacto de la lluvia, mediante cubiertas herbáceas en los cultivos leñosos, abonos verdes en los periodos sin cultivo y realizar barbechos semillados.
-



- Cuando el suelo no puede tener vegetación cubrirlo con acolchados, por ejemplo de paja.
- Reducir el laboreo y evitar especialmente aquellas labores que dejan el suelo muy disgregado.
- **Impedir los vertidos orgánicos:** Tanto las granjas como muchas industrias agroalimentarias (almazaras, bodegas, etc.) producen residuos líquidos con una elevada carga orgánica (purines, alpechines, etc.). Estos residuos tienen una gran capacidad contaminante por lo que se deben depurar antes de su vertido. Igualmente se deben almacenar durante el menor tiempo posible y en instalaciones que garanticen que no se producen fugas o infiltraciones.

La mayoría de estos residuos pueden ser empleados como abonos con un mínimo de tratamientos sencillos y económicos, como el compostaje. De esta forma pasan de ser residuos a ser un importante recurso para la agricultura. (Ref. 2)

2.2.6. Contaminación por fitosanitarios.

El uso de plaguicidas desde medios aéreos puede llegar a contaminar las aguas de la zona al ser arrastrados por el viento.

En principio, estos productos son sustancias poco solubles, fácilmente degradables y se absorben fuertemente por el suelo, lo que limita su afección a los acuíferos. Pero sí se da la circunstancia de que alcancen a las aguas subterráneas, los procesos de degradación y retención de los contaminantes se ralentizan notablemente y los efectos pueden ser muy graves.



La presencia de plaguicidas se ha constatado en los acuíferos de todos los países desarrollados. Las técnicas analíticas actuales no permiten detectar algunos fitosanitarios o sus productos de degradación a concentraciones muy bajas, es posible que los estudios realizados sean poco realistas, pues el muestreo representativo de pesticidas es bastante complejo, y los elevados costes de las analíticas han limitado a unas pocas las sustancias rastreadas. En definitiva, no se conoce exactamente la contaminación por fitosanitarios de las aguas subterráneas, pero si se sabe con certeza que estos productos están presentes en los acuíferos de todas las regiones con agricultura intensiva.

También se sabe que los productos más problemáticos son los insecticidas organoclorados y organofosforados y los herbicidas del grupo de las triazinas (atrazina, desmetrina, simazina, terbutrina).

Algunos de los metabolitos, o productos resultantes de la descomposición, de los fitosanitarios son tantos o más tóxicos que la sustancia original. El paraoxon es un metabolito del insecticida paratión que aumenta la inhibición del enzima colinesterasa (sistema nervioso), el diazoxon se produce a partir del insecticida diazinon y tiene los mismos efectos que el paraoxon, diversos metabolitos del herbicida atrazina tienen efectos cancerígenos, el etilen-tio-urea (ETU) formado a partir de EBDC y diversos fungicidas (maneb, mancoceb, zineb) tiene igualmente efecto cancerígeno y el DDE es un disruptor hormonal tan potente o más que el DDT del que procede.

2.2.6.1. Medidas para evitar la contaminación por fitosanitarios.

- Practicar la agricultura ecológica: La agricultura ecológica basa el control de las plagas y enfermedades en conseguir un equilibrio en la parcela que impida la proliferación de los patógenos a niveles que causen daños. Se procura la mayor diversidad posible, se
-



potencia la presencia de enemigos naturales de las plagas, se realizan asociaciones y rotaciones de cultivos y se selecciona las variedades más rústicas y adaptadas a la zona.

Cuando es necesario realizar algún tratamiento se emplean productos naturales que resulten inocuos tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas y se degradan rápidamente en sustancias que no presentan ningún riesgo.

- Emplear métodos de control biológicos físicos y culturales: Actualmente existen en el mercado diversos tipos de trampas con las que capturar las plagas, medida que en algunos casos puede ser suficiente. En otros casos el control de una plaga puede realizarse a través de labores culturales como el laboreo, el riego o la poda.
- Mantener los equipos de tratamiento limpios y en buen estado, ser prudentes durante el transporte, llenado y limpieza de los equipos y extremar las precauciones al tratar cerca de ríos y lagos, pues si hace viento este puede arrastrar parte del producto llevándolo hasta los cauces de agua. (Ref. 2)

2.3. Mares y Costas.

El vertedero final para una gran parte de nuestros desechos es el océano. A él van a parar gran parte de los vertidos urbanos e industriales. No sólo recibe las aguas residuales, sino que en muchas ocasiones, se usa para arrojar las basuras o, incluso, los residuos radiactivos.

El 80% de las sustancias que contaminan el mar tienen su origen en tierra. De las fuentes terrestres la contaminación difusa es la más importante. Incluye pequeños focos como tanques sépticos, coches, camiones, etc. y otros mayores como granjas, tierras de cultivo, bosques, etc.



Los accidentes marítimos son responsables de alrededor de un 5% de los hidrocarburos vertidos en el mar. En cambio, una ciudad de cinco millones de habitantes acaba vertiendo en un año la misma cantidad que derramó el Exxon Valdez en su accidente en Alaska.

Aproximadamente un tercio de la contaminación que llega a los mares empieza siendo contaminación atmosférica pero después acaba cayendo a los océanos.

En los fondos oceánicos hay, en este momento, decenas de miles de barriles con substancias como plutonio, cesio o mercurio, resultado de décadas de uso del océano como vertedero para grandes cantidades de desechos. Por ejemplo, como consecuencia de los accidentes sufridos por diversos barcos de guerra desde 1956 hasta 1989, ocho reactores nucleares completos, con todo su combustible, y 50 armas nucleares, se encuentran en el fondo de diversos mares del globo.

El exceso de aporte de nutrientes causa eutrofización en grandes zonas marítimas. En la desembocadura del Mississippi, por ejemplo, una zona de unas 4000 millas cuadradas, en las costas de Texas y Louisiana, ha perdido gran parte de su fauna como consecuencia del enriquecimiento de nutrientes continuado por el excesivo crecimiento de las algas y del empobrecimiento en oxígeno provocado por la putrefacción de estas algas.

Alrededor del 60% de las especies viven en la franja de 60 Km más próxima a la costa. Todos ellos se ven especialmente afectados por la contaminación que afecta a los mares y océanos, especialmente en la cercanía de las costas, lo que es especialmente importante teniendo en cuenta que, según algunos cálculos, procede de las costas algo más de la mitad de todos los servicios que la naturaleza, en su conjunto, provee a la humanidad (que en un estudio hecho en 1987 se evaluaron en 21.500 miles de millones de dólares)



La capacidad purificadora de las grandes masas de agua marina es muy grande. En ellas se diluyen, dispersan o degradan ingentes cantidades de aguas fecales, hidrocarburos, desechos industriales e, incluso, materiales radiactivos. Por este motivo es muy tentador recurrir al barato sistema de arrojar al mar los residuos de los que queremos deshacernos; pero en muchos lugares, los excesos cometidos han convertido grandes zonas del mar en desiertos de vida o en cloacas malolientes.

2.3.1. Costas.

Las zonas costeras son las que más han sufrido la actividad humana. Una gran parte de la población mundial vive cerca de las costas. Por ejemplo, en Europa, alrededor del 30% de la población vive cerca de las costas. Por ejemplo, en Europa, alrededor del 30% de la población vive a menos de 50 km. de la costa; y en España, 12,5 millones de habitantes - número que aumenta considerablemente en verano-, viven en las ciudades situadas en los algo más de 8 000 km. de costa que tiene el país. Así se entiende que una gran parte de las orillas de los mares del mundo tengan graves problemas de contaminación.

Los vertidos son la principal fuente de contaminación de las costas. En la mayor parte de los países en vías de desarrollo y en muchos lugares de los desarrollados, los vertidos de las ciudades se suelen hacer directamente al mar, sin tratamientos previos de depuración.

Además, las zonas donde la renovación del agua es más lenta (marismas, estuarios, bahías, puertos) son las más maltratadas. En ellas es frecuente encontrar peces con tumores y graves enfermedades, o moluscos y crustáceos cuya pesca y consumo están prohibidos, porque contienen altas dosis de productos tóxicos.



2.3.2. Aguas libres.

Los efectos de los vertidos también se dejan sentir en las aguas libres de mares y océanos. Las grandes cantidades de plástico echadas al mar son las responsables de la muerte de muchas focas, ballenas, delfines, tortugas, y aves marinas, que quedan atrapadas en ellas o se las comen.

En algunos casos el exceso de materia orgánica y de nutrientes que hacen proliferar las algas, genera procesos de putrefacción tan fuertes, que se consume el oxígeno disuelto en el mar y los peces y otros organismos mueren, originándose grandes "zonas sin vida". (Ref. 3)

2.4. Sustancias Contaminantes.

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos:

- **Microorganismos patógenos.-** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la



Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

- **Desechos orgánicos.-** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).
- **Sustancias químicas inorgánicas.-** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
- **Nutrientes vegetales inorgánicos.-** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.
- **Compuestos orgánicos.-** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y



permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

- **Sedimentos y materiales suspendidos.-** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.
- **Sustancias radiactivas.-** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.
- **Contaminación térmica.-** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos. (Ref. 4)



2.5 Referencias

1.-

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/33/S%C3%ADntesis%20de%20principios%20b%C3%A1sicos%20de%20calidad%20de%20agua.doc la contaminación del agua

2.- <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>

3.- [http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=920\](http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=920)

4.- <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=898>



CAPÍTULO III

SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTUARIOS



3.1. Concepto del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Agua en Estuarios.

Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, son sistemas de vigilar la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las agresiones que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información de tipo ambiental, científico y económico sobre los recursos hídricos.

La evaluación de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuales son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua.. El problema reside fundamentalmente en la definición que se haga del concepto "calidad del agua". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O, como la define la Directiva Marco de las Aguas, como aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla unos determinados Objetivos de Calidad que están fijados en los Planes Hidrológicos de Cuenca.

Para saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos y después comparar estos datos con unos parámetros aceptados internacionalmente que nos indicarán la calidad de ese agua para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas, etc.

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se suelen muestrear mensualmente, mientras que el estudio biológico de las riberas y el lecho del río se suele hacer más esporádicamente, por ejemplo, dos veces al año, una en primavera y otra en verano.



3.1.1. Toma de muestras en el río.

Para tomar las muestras y hacer las determinaciones analíticas conviene seguir las indicaciones del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. En estas recomendaciones se dice que hay que hacer la recogida de muestras después de haber lavado el envase varias veces. Hay que dar un pretratamiento a la muestra añadiendo ácido nítrico, sulfúrico o hidróxido sódico, según los casos y trasladarlas rápidamente (8 horas en la situación más desfavorable) al laboratorio en el que se vayan a analizar. Las muestras para los análisis microbiológicos se deben recoger en envases adecuados y estériles.

La toma de invertebrados se suele hacer con redes de mano de tipo Kick, tomando muestras en medio del río, en zonas de corriente, y no en las orillas. Las muestras se lavan y recogen en un frasco con formol al 4%. En el laboratorio se fijan con alcohol al 70%. Se clasifican las muestras al menos hasta el nivel de taxón (especie, género, familia, etc.) exigido por los índices bióticos.

Los peces se capturan con un aparato de pesca eléctrico. Se identifican, se cuentan y se devuelven las especies al río. Lo mismo se hace con los anfibios, cangrejos, etc. (Ref. 5)

3.2. Clasificación de la Calidad de las Aguas.

Hay muchos sistemas de clasificar la calidad de las aguas. En primer lugar se suele distinguir según el uso que se le vaya a dar (abastecimiento humano, recreativo, vida acuática).



3.2.1. Clasificación para consumo humano.

Las aguas se clasifican en cuatro grupos según su calidad para el consumo humano. Para hacer esta clasificación se usan unos 20 parámetros de los que los más importantes son: DQO, DBO 5, NH₄⁺, NTK, conductividad, Cl⁻, CN⁻, recuentos microbiológicos y algunos metales (Fe, Cu, Cr).

Tipo 1.- Aguas potabilizables con un tratamiento simple como filtración rápida y desinfección.

Tipo 2.- Aguas potabilizables con un tratamiento físico - químico normal, como precloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.

Tipo 3.- Potabilizable con un tratamiento adicional a la Tipo 2, con unidades como ozonización o carbón activo.

Tipo 4.- Aguas no utilizables para el suministro de agua potable, salvo casos excepcionales, y con un tratamiento intensivo.

3.2.2. Clasificación para baño y usos deportivos.

De forma similar se determina la aptitud de las aguas para el baño y uso deportivo. En este caso hay que fijarse, sobre todo, en los recuentos microbiológicos, el porcentaje de saturación de oxígeno, y en menor medida, presencia de aceites y grasas y otros caracteres organolépticos (olor, sabor, etc.). Para determinar la aptitud de las aguas para la vida piscícola influye mucho la concentración de nitritos y también el amoníaco no ionizado, que es muy tóxico para los organismos acuáticos, aún a bajas concentraciones; y también, aunque menos, la DBO 5, amonio, hidrocarburos disueltos y metales (Pb, Cu, Zn) presentes. (Ref. 5)



3.3. SÍNTESIS DE PRINCIPIOS BÁSICOS EN EL TEMA DE CALIDAD DE AGUA.

3.3.1. Temperatura.

Es una de las constantes físicas de mayor interés en el estudio de agua de mar. Esta constante sirve para la caracterización de diferentes tipos de agua y está íntimamente relacionada con la salinidad y densidad siendo la de más fácil de determinación.

La temperatura y el pH juegan un rol muy importante en la degradación aeróbica y anaeróbica del agua; afecta a la densidad, viscosidad, solubilidad de los gases y a la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas. En aguas estuarinas se espera mayor mezcla en invierno que en verano.

La temperatura del aire influye notoriamente en la temperatura del agua. En el área del Golfo de Guayaquil, la temperatura del aire varía estacionalmente, registrándose valores que en condiciones normales generalmente oscilan de 26.7°C en invierno (época de lluvias) y 25.1°C en verano (época seca). Las temperaturas promedio en el agua en la estación seca es de 21°C; y en la estación húmeda, la temperatura superficial normalmente varía desde 28°C en el estuario interior hasta 25°C.

3.3.2. Salinidad.

Se conoce como salinidad a la porción de sales disueltas en el agua de mar. Se expresa en cantidad de sales disueltas por Kg. de agua ($^0/_{00}$). La relación entre la cantidad de sales en su totalidad y la de cloro (ion cloruro) se considera prácticamente constante, lo que permite determinar la salinidad calculando su clorinidad.



La salinidad es de suma importancia y se considera que junto con la temperatura contribuye a la identificación y caracterización de las diferentes masa de agua. Estas propiedades contribuyen a la determinación de la densidad y explican las variaciones de equilibrio así como los desplazamientos del agua marina.

3.3.3. Sólidos Suspendidos.

Conocidos también como residuos, son determinados por la materia sólida suspendida o disuelta en el agua. Estos residuos pueden afectar adversamente a la calidad de agua, disminuyendo la incidencia de luz solar, y repercuten en la producción primaria.

3.3.4. PH.

Se considera uno de los factores físico - químicos más importantes en la caracterización de la masa de agua. Existen ciertas dependencias entre el equilibrio de determinadas sustancias y el pH del medio. Ejemplo el aumento en salinidad y temperatura y el aumento de la acidez.

Es posible que debido al proceso foto sintetizador dé como resultado el aumento del pH. El pH disminuye en aguas profundas, por lo que la observación de áreas de bajo valor de pH en la superficie puede contribuir a detectar zonas de afloramientos de aguas profundas (Villalba 1989). El agua de mar por la cantidad de sales tiene una característica buffer donde el pH tiende a ser 8.

3.3.5. Oxígeno Disuelto.

Todos los organismos vivos dependen de una u otra forma del oxígeno en los procesos metabólicos que producen energía para crecimiento y reproducción. Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en diferente grado dependiendo directamente de su presión



parcial; el nitrógeno y el oxígeno son considerados con una solubilidad pobre, siendo menor en agua con mayor salinidad y temperatura. En aguas contaminadas los valores de saturación del OD son menores que en aguas limpias, considerándose como aceptables aquellas con un contenido mínimo del 75 %.

En aguas naturales, el oxígeno disuelto es el factor que determina los cambios biológicos realizados por organismos aeróbicos y anaerobios, ellos utilizan el oxígeno libre para la oxidación de las materias orgánicas e inorgánicas produciéndose productos finales inocuos.

3.3.6. Fosfato.

La determinación de fosfatos tiene una vital importancia en el crecimiento en la práctica de ingeniería ambiental, por su importancia decisiva para la vida en los océanos dado el papel que el fósforo desempeña como nutriente limitante en la formación de la materia viva. El Fósforo inorgánico tiene mayor consideración en comparación al fósforo orgánico.

El contenido de fósforos en los océanos es mínimo en superficie (por el consumo) y máximo a los 1000 m; a partir de esta profundidad decrece ligeramente, con más o menos regularidad, o bien permanece casi constante.

Polifosfatos son usados en algunos servicios públicos de aguas como medios de control de corrosión, también se lo utiliza en algunas aguas blandas para la estabilización del carbonato de calcio para eliminar la necesidad de recarbonización. Además, el fosfato es un fertilizante que influye grandemente en el crecimiento de organismos fitoplanctónicos.

Los residuos domésticos contienen alrededor del 12% de fósforos y sobre el 50 % de polifosfatos. Los organismos envueltos en procesos biológicos en el tratamiento de aguas



residuales requieren fósforos para la reproducción y síntesis de nuevas células, las aguas residuales industriales no contiene suficientes cantidades de fósforos para optimizar el crecimiento de los organismos útiles en el tratamiento.

3.3.7. Coliformes.

Los coliformes es un microorganismo indicador cuya presencia es evidencia que el agua ha sido contaminada por heces fecales de humanos u otros animales. La bacteria Coliforme típica es la Escherichia coli, y Streptococci fecal, que residen en el tracto intestinal humano y son excretados en grandes números (alrededor de 50 millones de coliformes por gramo), las aguas residuales domésticas contienen alrededor de 3 millones de coliformes en 100 ml. Consecuentemente, aguas contaminadas por residuos fecales es identificada por la presencia de bacterias coliformes.

La calidad microbiológica del Río así como la del Estero ha sido de preocupación, por la acción combinada de las descargas de aguas residuales industriales y las aguas servidas domésticas. Exhibiendo un deterioro entre 1980 y 1994 con valores que van desde los 12×10^4 NMP/100 ml a 460.000×10^4 NMP/100 ml. de coliformes totales y de $2,42 \times 10^4$ NMP/100 ml a 240.000×10^4 NMP/100 ml de coliformes fecales (CAAM 1996). (Ref. 1)

3.3.8. Turbiedad o turbidez

Es el efecto óptico que se origina al dispersarse o interferirse el paso de los rayos de luz que atraviesan una muestra de agua, a causa de las partículas minerales u orgánicas que el líquido puede contener en forma de suspensión; tales como micro organismos, arcilla, precipitaciones de óxidos diversos, carbonato de calcio precipitado, compuestos de aluminio, etc.



Consideramos este parámetro como muy significativo para la constitución del Índice de Contaminación en agua de uso común, debido a que influye notablemente en la aceptación o no del líquido por parte del usuario, también porque es un indicador de contaminación potencial; y porque un alto nivel de turbidez en el agua puede dificultar y/o encarecer su proceso de tratamiento, tanto doméstico como general del líquido. Una turbidez mayor de 5 ppm (5 partes por millón) es indeseable; y lo ideal es que sea igual o inferior a 1 ppm. (Ref. 6)

3.3.9. Cloruros (Cl).

Los compuestos que resultan de la combinación del cloro con una sustancia simple o compuesta (excepto hidrógeno u oxígeno) se llaman cloruros. El cloruro más conocido es el de sodio (sal común). Este y otros cloruros son altamente solubles, por lo que contaminan fácilmente el agua al pasar por minas de evaporitas, por intrusión salina en pozos, por efecto de la pleamar, en estuarios, etc. El exceso de sales, más de 500-1000 mg/L puede producir o facilitar enfermedades, por lo que su concentración en el agua es considerado en nuestro modelo, un importante parámetro definitorio del Índice de Contaminación Hídrica. (Ref. 6)

3.3.10. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Es el parámetro que se maneja para tener una medida de la materia orgánica biodegradable. Se define como la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición biológica aeróbica de la materia orgánica biodegradable de un agua. Se calcula midiendo la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua después de incubar una muestra durante 5 días a 20°C. La reacción se lleva a cabo en la oscuridad, para evitar la producción de oxígeno por las algas, a dilución adecuada, y manteniendo el pH entre 7-7,5. Las aguas industriales deben sembrarse con microorganismos. En estas condiciones de reacción en 5 días se degrada un



60-70% de la materia orgánica carbonada, la nitrificación del amoníaco producido por las proteínas comienza entre los 6 y 10 días.

Unos valores elevados de DBO_5 indican una alta concentración de materia orgánica biodegradables:

- Aguas muy puras $DBO_5 < 3$ ppm O_2
- Pureza intermedia DBO_5 3-5 ppm O_2
- Agua contaminada $DBO_5 > 8$ ppm O_2
- Residuales urbanas DBO_5 100-400 ppm O_2
- Industria alimentaria o semejante DBO_5 hasta 10000 ppm O_2 . (Ref. 7)

3.4 Referencias

5.- <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=917>

6.- <http://www.ambiente-ecologico.com/067-02-2000/juannicolasfania67.htm>

7.- <http://www.analizacalidad.com/paragua.htm>



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS DE INTERAGUA Y ECAPAG



4.1. Análisis de Datos.

Tabla 4.1. DBO

ECAPAP

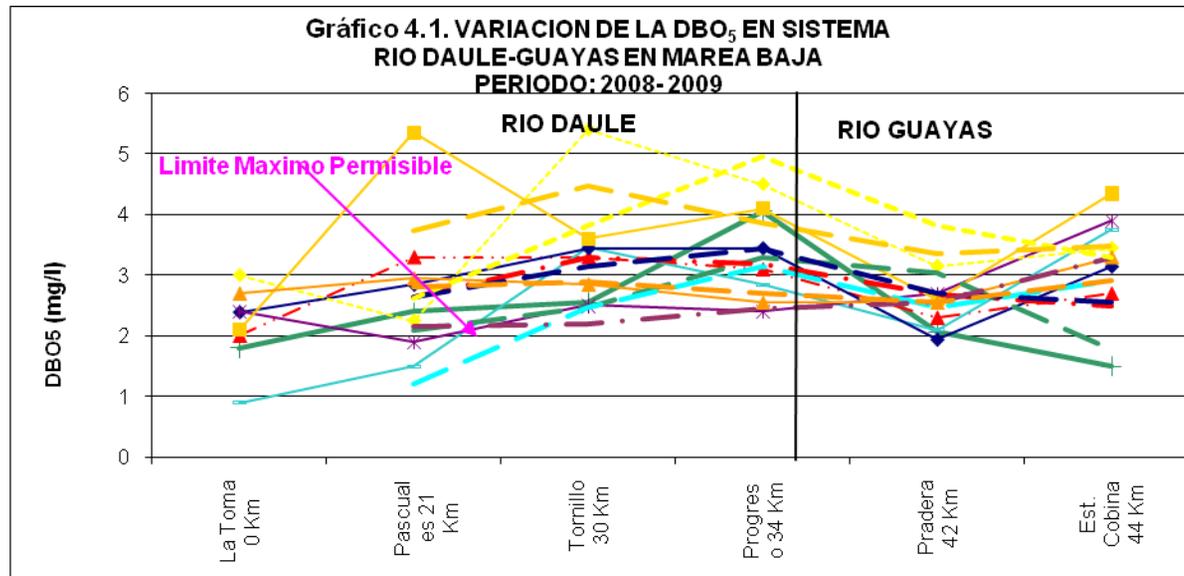
Km	Feb-08	Aug-08	Oct-08	Nov-08	Mar-09	Apr-09	Jun-09	Aug-09
La Toma 0 Km	1.8	2	0.9	2.4	2.4	3	2.1	2.7
Pascuales 21 Km	2.4	3.3	1.5	2.85	1.9	2.25	5.35	2.95
Tornillo 30 Km	2.55	3.3	3.45	3.45	2.5	5.4	3.6	2.85
Progreso 34 Km	4.05	3.1	2.85	3.45	2.4	4.5	4.1	2.55
Pradera 42 Km	2.06	2.3	2.1	1.95	2.7	3.15	2.6	2.55
Est. Cobina 44 Km	1.5	2.7	3.75	3.15	3.9	3.45	4.35	3.3

Tabla 4.2. DBO

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	1.8	2	2	2	2
2000 m. Aguas abajo de la Toma	2	2	3	3	3
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	1.3	2	3	3	2
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	1.4	3	3	5	2
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	3	2	2	3	3
	3.2	2	2	3	4
Sector de Camaroneras	4.6	2	3	4	4
	3.3	1	3	5	2

Limite Maximo Permisible
2





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTUARIO DEL RÍO GUAYAS”
TRABAJO DE GRADO 2010

Tabla 4.3. Sólidos Suspendidos

ECAPAP

Km	Feb-08	Aug-08	Oct-08	Dec-08	Mar-09	Apr-09	Jun-09	Aug-09
La Toma 0 Km	94.1	106.25	76	103.33	400	132	73.53	100
Pascuales 21 Km	111.1	112	64	105	366.67	132	120	104
Tornillo 30 Km	241.7	438.1	240	390	326.67	250	204.17	875
Progreso 34 Km	392.3	530.9	581.82	420	206.67	305	441.18	1110
Pradera 42 Km	223.1	909.09	158.82	500	100	96	472.22	250
Est. Cobina 44 Km	423.1	277.2	293.33	950	160	196	900	673.33

Tabla 4.4. Sólidos Suspendidos

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	534	37	52	60	100
2000 m. Aguas abajo de la Toma	516	33	38	66	99
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	372	398	1140	142	1099
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	176	641	668	99	619
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	342	442	244	58	359
	242	446	241	40	306
Sector de Camaroneras	280	389	206	111	190
	184	228	255	113	114

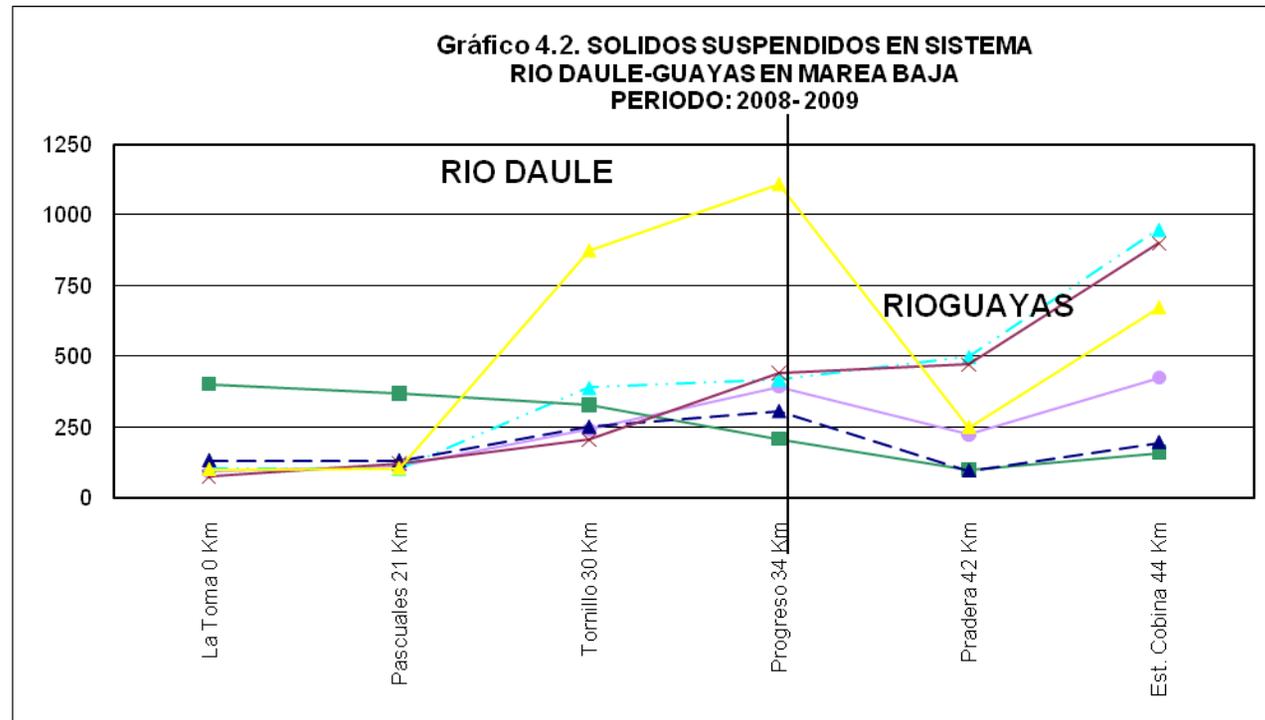




Tabla 4.5. Cloruros

ECAPAP

Km	Monitoreo 1998	Septi 04	Dic-04	Ene-05
La Toma 0 Km	48.9	7.1	3.45	4.4
Pascuales 21 Km	195.6	7.5	4.8	4.75
Tornillo 30 Km	195.6	100.97	16.89	689.79
Progreso 34 Km	562.5	202.34	52.18	599.81
Pradera 42 Km	1418.7	3498.92	2249.3	575.32
Est. Cobina 44 Km	1785.6	3137.03	2817.5	1426.56

Tabla 4.6. Cloruros

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	4	2	5	5	6
2000 m. Aguas abajo de la Toma	4	7	7	6	6
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	4	14	86	6	268
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	5	18	365	7	1486
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	6	102	1016	23	2833
	4	89	1721	8	2879
Sector de Camaroneras	7	321	2062	91	4598
	6	254	1868	31	4365

Limite Maximo Permissible
250

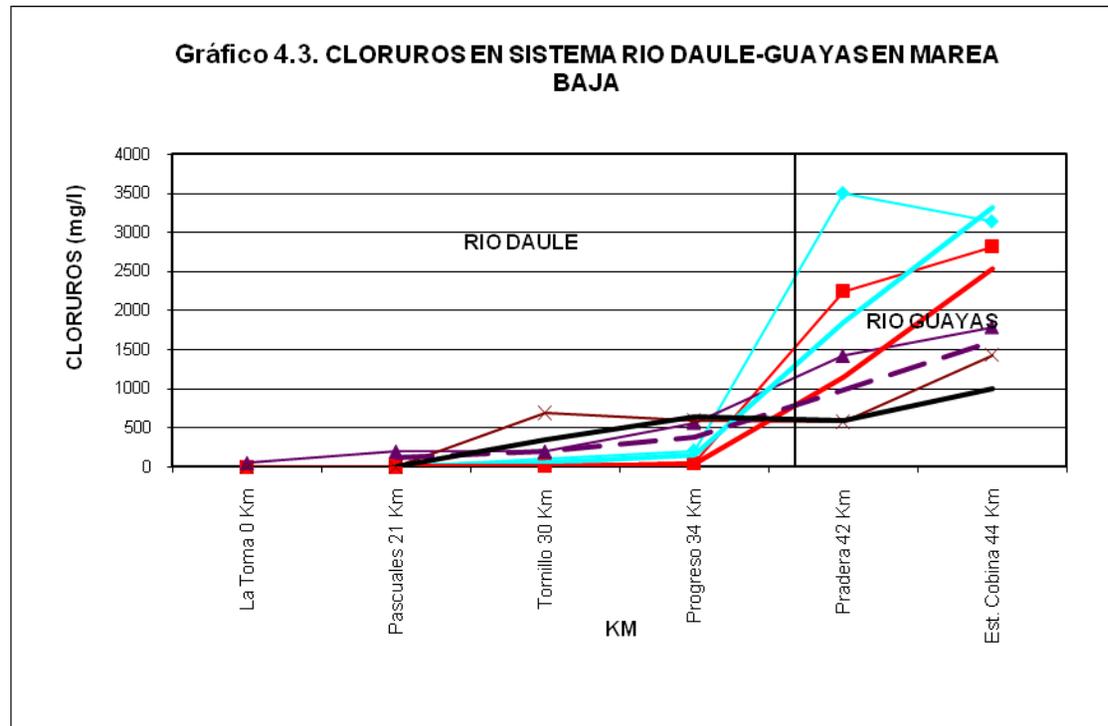




Tabla 4.7. Coliformes Fecales

ECAPAP

Km	Feb-08	Aug-08	Oct-08	Dec-08	Mar-09	Apr-09	Jun-09	Aug-09
La Toma 0 Km	1300	27000	11000	1000	1.10E+04	2.00E+03	3.00E+03	1.00E+03
Pascuales 21 Km	15000	200000	30000	10000	4.00E+04	1.00E+04	1.00E+04	1.00E+04
Tornillo 30 Km	63000	370000	40000	60000	3.20E+05	3.10E+05	8.00E+04	1.60E+05
Progreso 34 Km	22000	420000	170000	80000	3.00E+04	1.20E+05	1.50E+05	1.10E+05
Pradera 42 Km	89000	330000	30000	40000	2.30E+05	1.30E+05	9.00E+04	2.00E+04
Est. Cobina 44 Km	39000	130000	70000	160000	1.20E+05	1.40E+05	1.90E+05	2.00E+05

Tabla 4.8. Coliformes Fecales

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	3000	13000	2300	11000	2200
2000 m. Aguas abajo de la Toma	3000	2000	2700	2000	6000
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	5000	11000	24000	4000	13000
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	17000	2000	8000	200	8000
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	30000	30000	17000	17000	2000
	1700	2000	5000	800	3000
Sector de Camaroneras	3000	30000	17000	800	8000
	5000	2000	7000	2300	3000

Limite Maximo Permissible
600

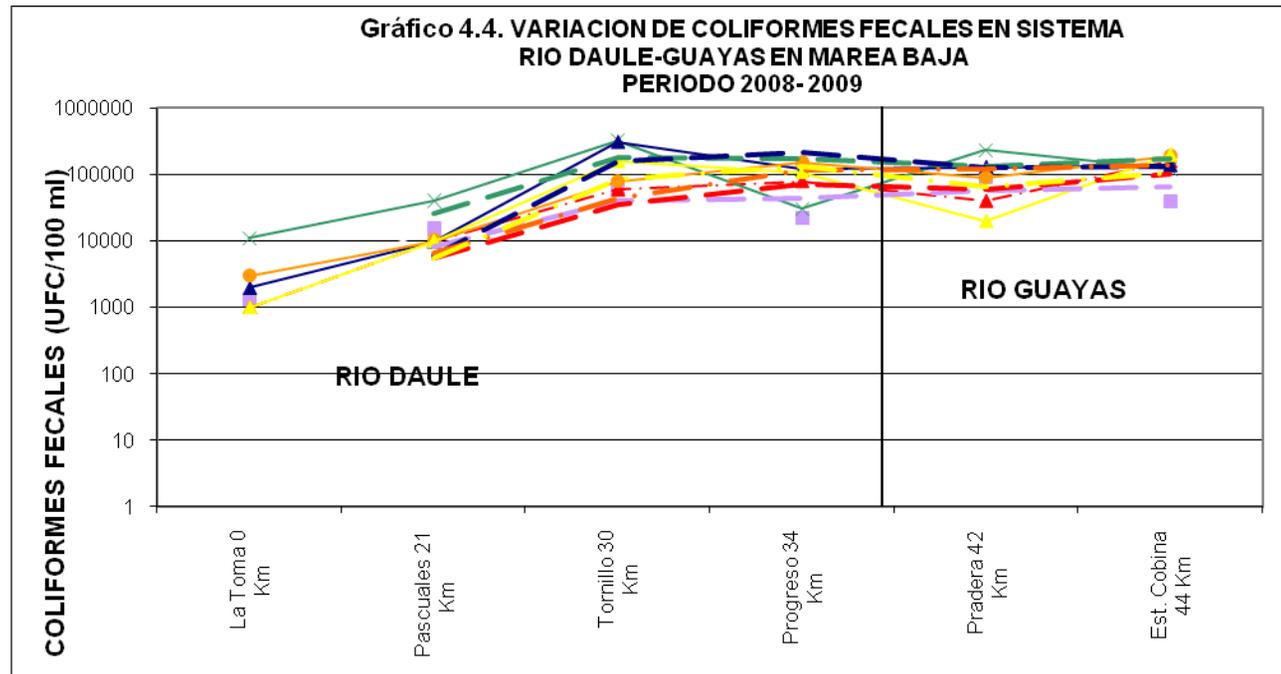




Tabla 4.9. Oxígeno Disuelto

ECAPAP

Km	Feb-08	Aug-08	Oct-08	Dec-08	Mar-09	Apr-09	Jun-09	Aug-09
La Toma 0 Km	6.5	6.9	6.4	5.9	4.6	5.3	7	8.9
Pascuales 21 Km	6.5	6.7	5.5	6.6	5.1	5.5	6.4	7.4
Tornillo 30 Km	4.1	5.2	4.5	6	5.3	5.5	5.6	5.9
Progreso 34 Km	4.2	5	4.4	6.1	5.4	5.5	6.1	6.1
Pradera 42 Km	4.3	5.9	6.2	6	5.1	5.7	4.7	6
Est. Cobina 44 Km	4.6	5.3	4.5	6	5	5.1	5	5.6

Tabla 4.10. Oxígeno Disuelto

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	5	5.3	6	5.8	8.4
2000 m. Aguas abajo de la Toma	4.4	6.6	7	6.7	8.4
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	4	5.4	5.1	6.6	4
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	5.2	4.7	5.1	5.5	4.5
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	4,70	5	5.4	5.6	4.3
	5.2	4.6	4.5	6.2	4.9
Sector de Camaroneras	5.1	6.3	5.7	6	4.8
	4.8	6.3	5.3	6.1	6

Limite Maximo Permissible
No menor a 6 mg/L

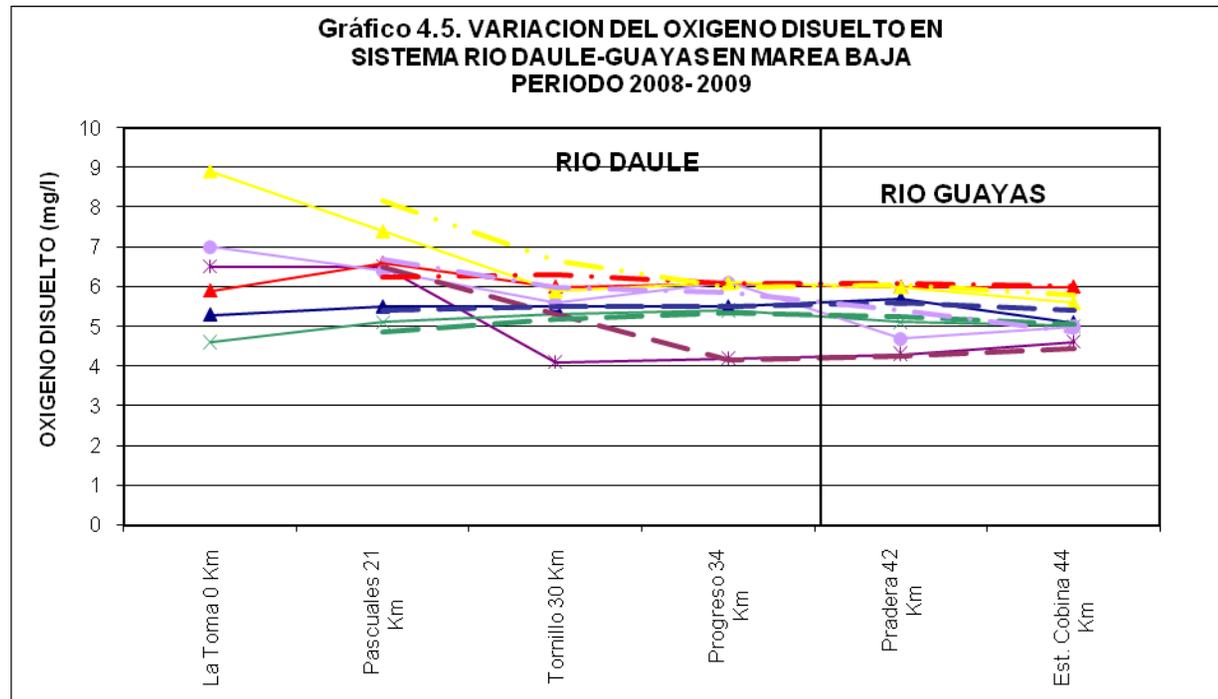




Tabla 4.11. Turbidez

INTERAGUA

Km	Jul-08	Oct-08	Limite Maximo Permissible
500 m. Aguas arriba de la Toma	24.8	34.93	
2000 m. Aguas abajo de la Toma	26.4	49.77	
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	239	110	
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	316.1	837	
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	264.5	241.5	
	350.4	260.5	
Sector de Camaroneras	238.2	155.9	
	153	192.1	

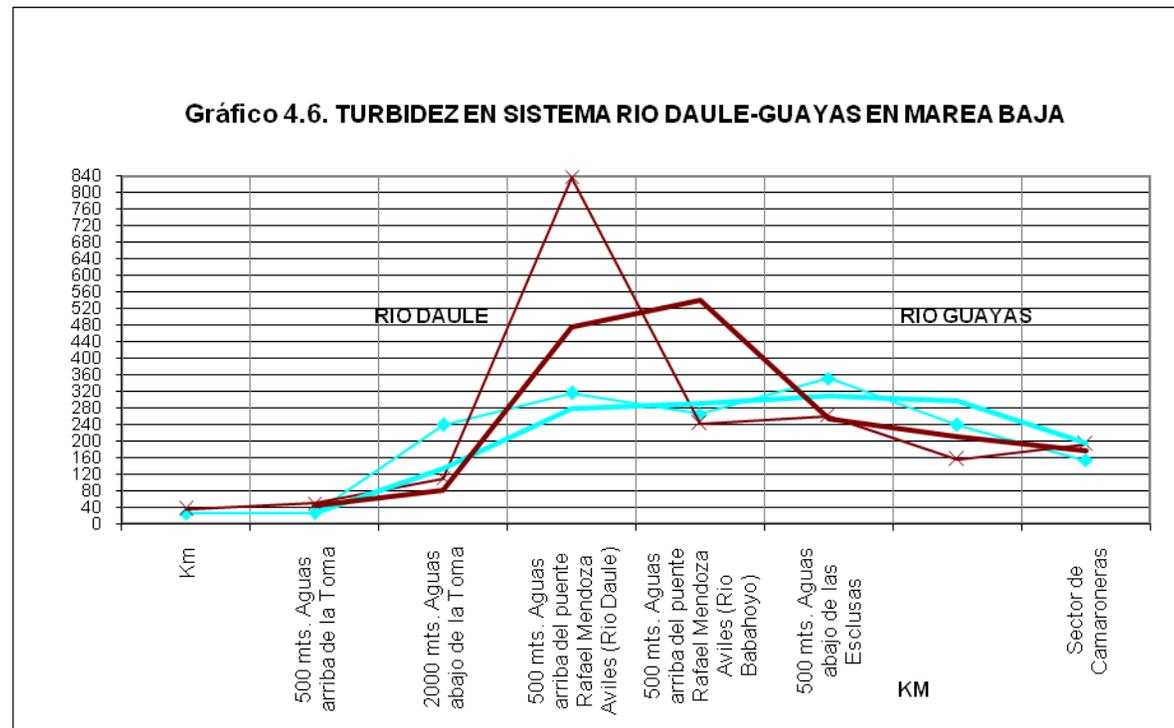




Tabla 4.12. Conductividad

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	326	178	128	165	183
2000 m. Aguas abajo de la Toma	300	178	189	163	189
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	299	209	431	190	1125
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	198	208	1394	157	5070
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	194	532	3840	235	9210
	173	456	4740	163	9530
Sector de Camaroneras	249	1325	6900	489	14003
	170	1079	6280	256	13760

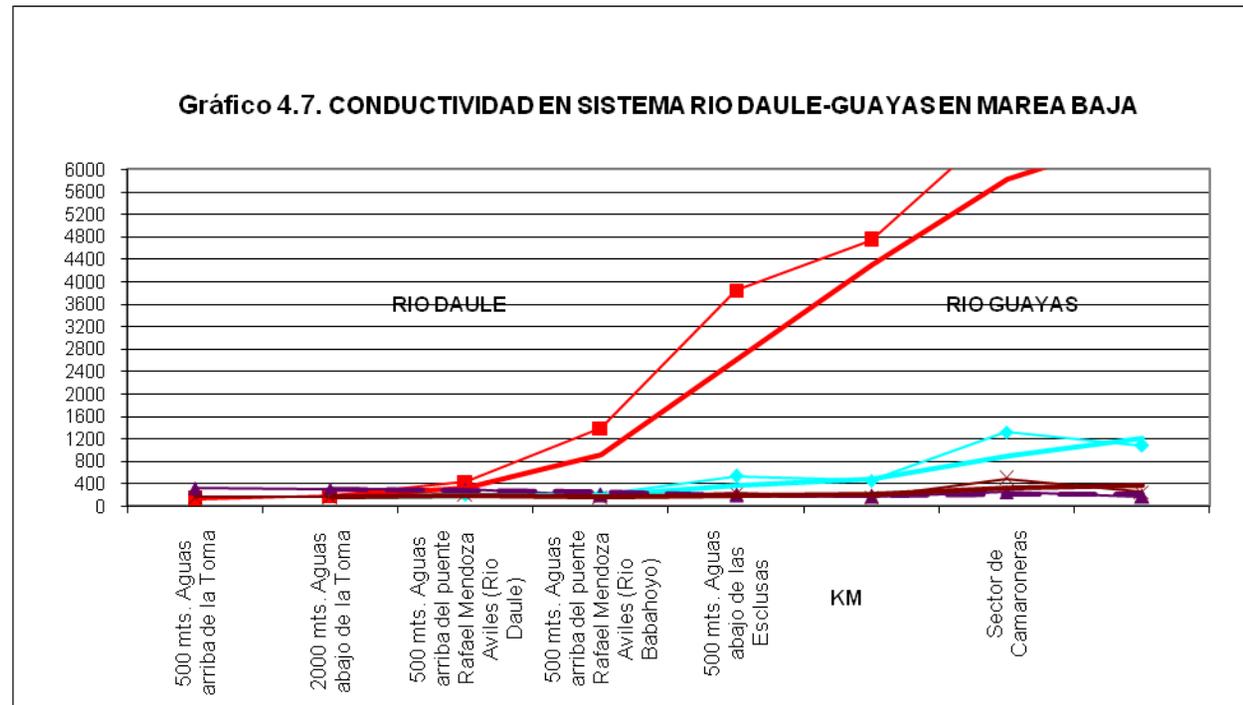




Tabla 4.13. Salinidad

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	100	100	100	100	0.1
2000 m. Aguas abajo de la Toma	100	100	100	100	0.1
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	100	100	200	100	195
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	100	100	700	100	2.7
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	100	300	2000	100	5.2
	100	200	2500	100	5.3
Sector de Camaroneras	100	700	3800	200	8.1
	100	500	3400	100	7.9

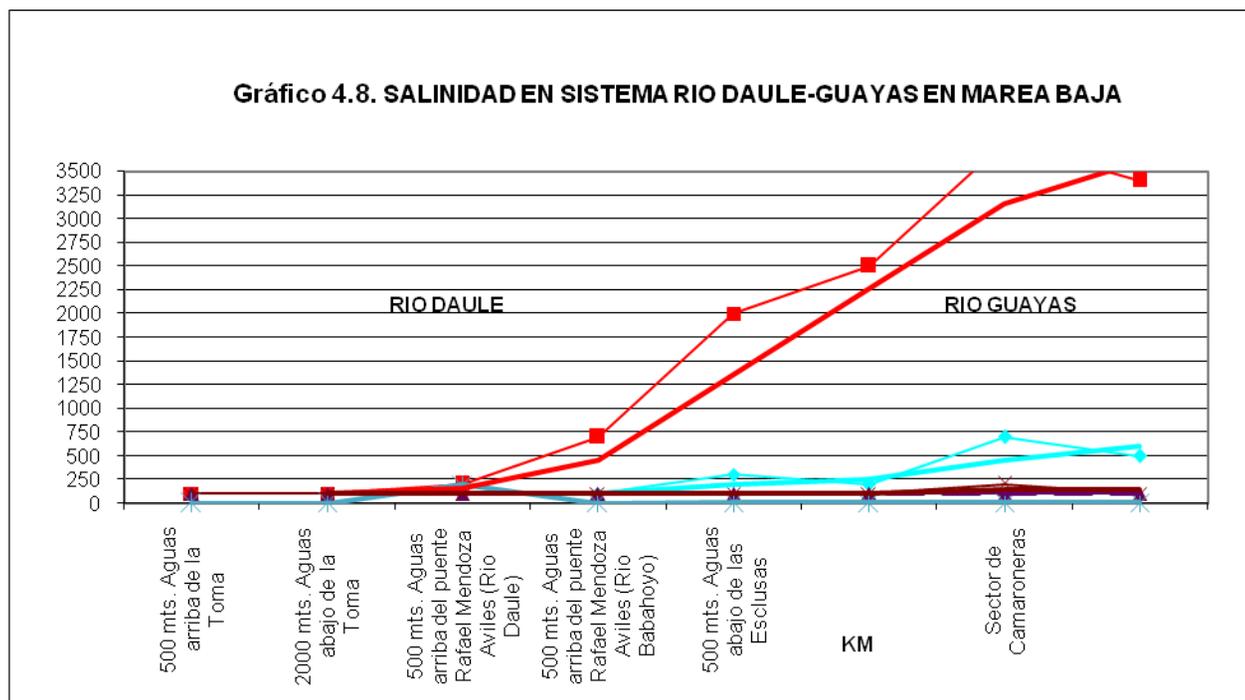




Tabla 4.14. Temperatura

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09	Limite Maximo Permissible Condiciones nat.+3 Maxima 32
500 m. Aguas arriba de la Toma	28.2	26	26.2	28	29	
2000 m. Aguas abajo de la Toma	28.2	26.5	26.1	29	29	
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	29	25.2	25.8	28.3	28.5	
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	29.2	25.3	25.2	28.4	28	
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	28.2	25.5	25.4	28.1	27.5	
	28.4	25.5	25.3	28.1	27.5	
Sector de Camaroneras	28.4	25.6	25.2	27.8	28	
	28.9	25.2	25.1	27	28	

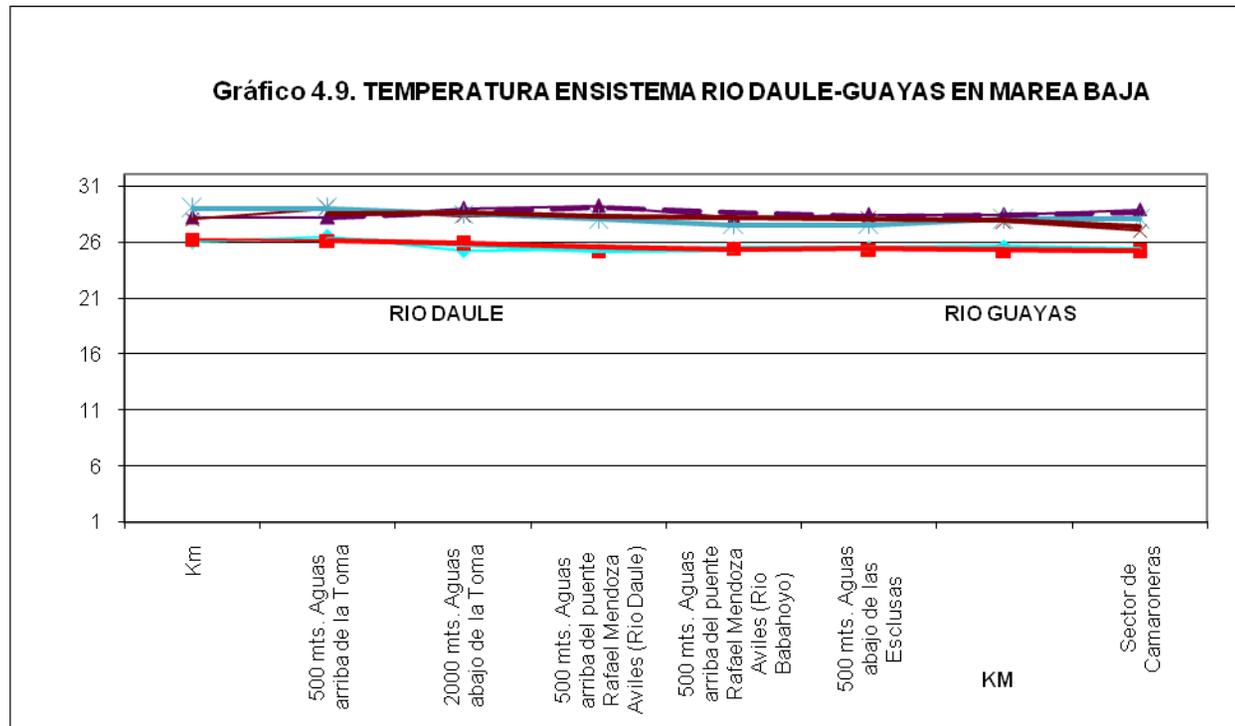




Tabla 4.15. pH

ECAPAP

Km	Monit 1998	Sep-04	Dec-04	Jan-05
La Toma 0 Km	8	7.01	6.84	7.66
Pascuales 21 Km	7.8	7.11	6.56	7.48
Tornillo 30 Km	7.5	7.52	7.75	7.66
Progreso 34 Km	7.3	7.58	7.94	7.47
Pradera 42 Km	7.4	7.13	7.76	7.39
Est. Cobina 44 Km	7.4	7.56	7.8	7.28

Limite Maximo Permisible
6--9

Tabla 4.16. ph

INTERAGUA

Km	Abr-08	Jul-08	Oct-08	Abr-09	Oct-09
500 m. Aguas arriba de la Toma	7.3	7.7	6.16	7.4	7
2000 m. Aguas abajo de la Toma	7.3	7.7	6.18	7.3	7
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)	7.4	7.6	7.08	7.7	7
500 m. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)	7.5	7.6	7.05	7.7	7
500 m. Aguas abajo de las Esclusas	7.3	7.4	6.2	7.6	7
	7.3	7.6	8.55	7.8	7
Sector de Camaroneras	7.6	7.5	6.1	7.4	7
	7.4	7.3	6.15	7.6	7

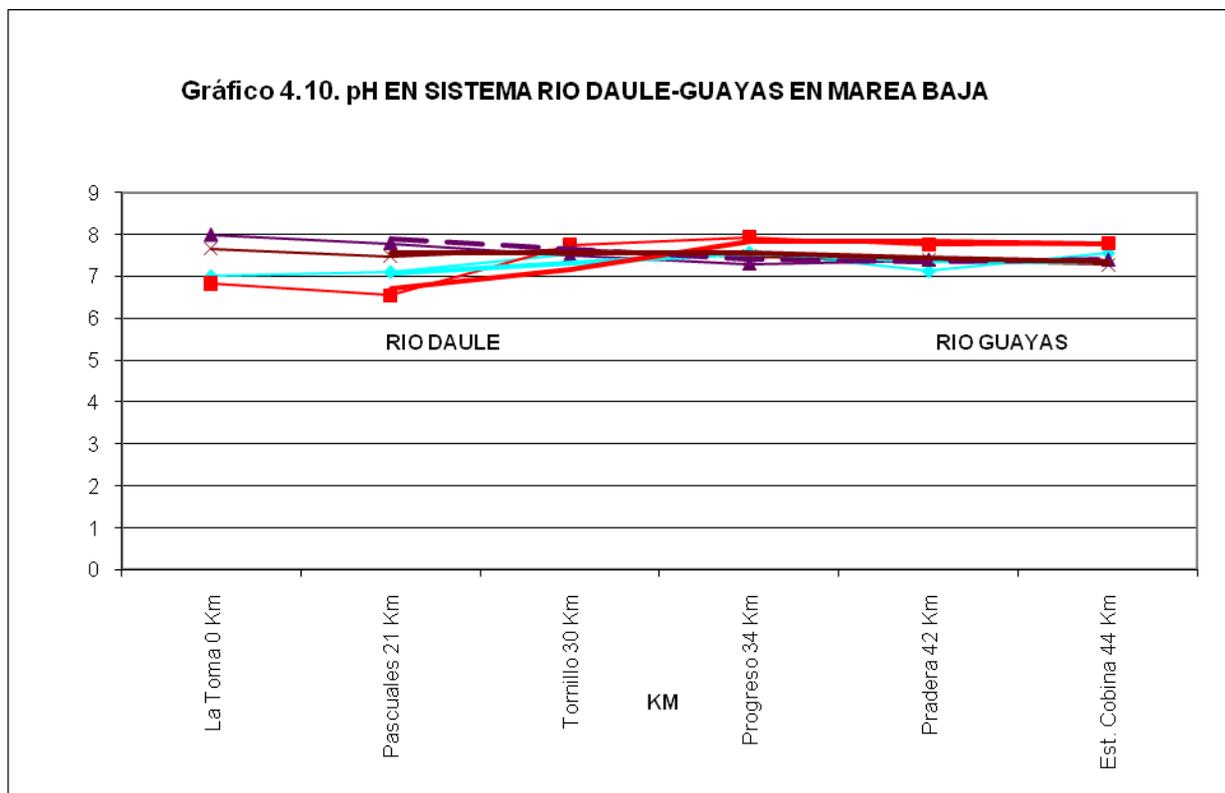


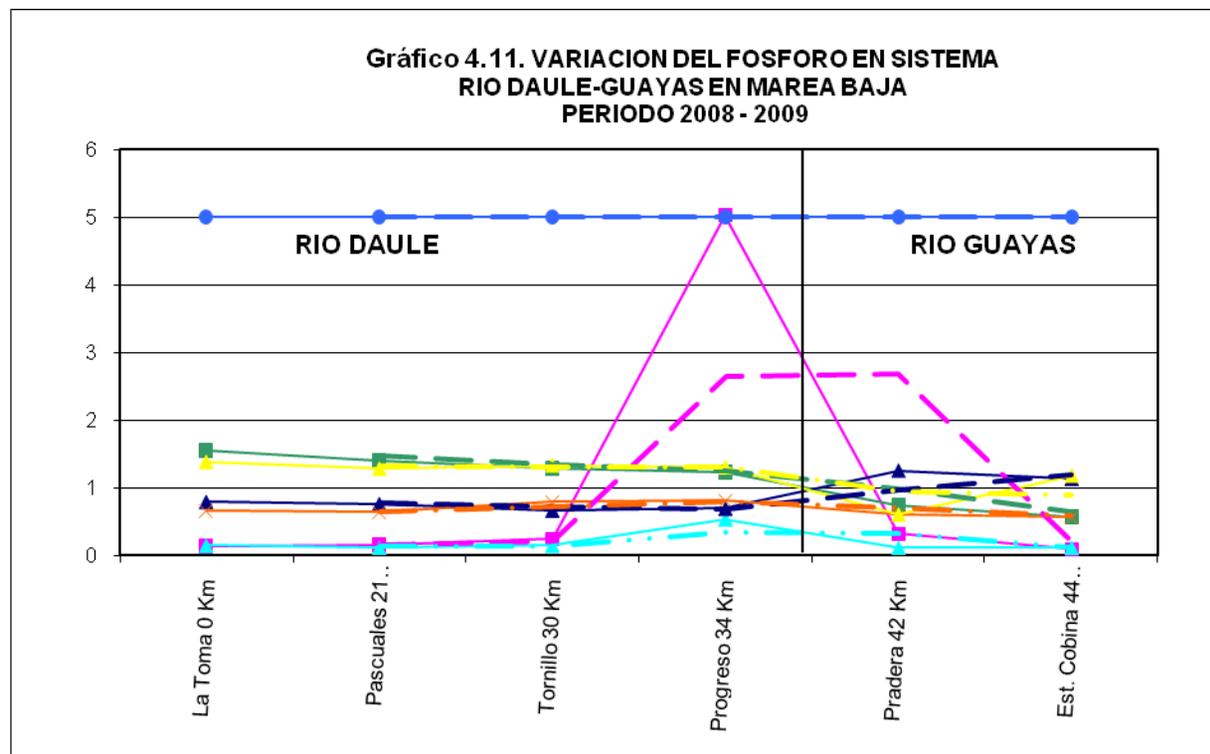


Tabla 4.17. Fósforo

ECAPAG

Km	Feb-08	Aug-08	Oct-08	Dec-08	Mar-09	Apr-09	Jun-09	Aug-09
La Toma 0 Km	0.14	0.64	0.98	0.15	1.55	0.79	0.66	1.38
Pascuales 21 Km	0.16	0.66	1.08	0.12	1.4	0.76	0.64	1.28
Tornillo 30 Km	0.25	1.78	1.25	0.15	1.28	0.66	0.79	1.33
Progreso 34 Km	5.03	2.93	1.15	0.54	1.23	0.69	0.81	1.3
Pradera 42 Km	0.32	0.69	1.25	0.12	0.74	1.25	0.61	0.61
Est. Cobina 44 Km	0.1	0.25	1.18	0.12	0.57	1.13	0.57	1.18

Limite Maximo Permissible	5
---------------------------	---





CAPÍTULO V

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA



5.1. Concepto de Índice de Calidad del Agua.

El aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, debido a las diferencias de interpretación entre los encargados de tomar decisiones, los expertos en el tema y del público en general, existe un esfuerzo creciente para desarrollar un sistema indicador que agrupe los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco de referencia unificado.

El Índice de Calidad del Agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros, indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias. (Ref. 8)

Los Índices de Calidad de Agua tienen la ventaja de ser fáciles de usar y proporcionan una idea rápida e intuitiva de la calidad, pero son arbitrarios y pueden inducir a error debido a su reduccionismo.

Si se utilizan otros índices complementarios se tiene una idea más adecuada y completa de la calidad.

Los índices de calidad más utilizados son:

- Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISCA)
- Índices Biológicos



5.2. Índice Simplificado de la Calidad del Agua.

Los Índices de Calidad de Agua permiten asignar un valor a la calidad utilizando un número limitado de parámetros.

Tienen la ventaja de ser fáciles de usar y proporcionan una idea rápida e intuitiva de la calidad, pero son arbitrarios y pueden inducir a error debido a su reduccionismo.

Si se utilizan otros índices complementarios se tiene una idea más adecuada y completa de la calidad

El ISCA utiliza cinco parámetros físico-químicos:

- Temperatura
- Materia orgánica (DBO)
- Materias en suspensión
- Oxígeno disuelto
- Conductividad

5.3. Desarrollo de Índice Simplificado de la Calidad del Agua.

El ISCA se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ISCA} = T (A+ B+ C+ D)$$

El ISCA puede oscilar entre los valores **0 (calidad mínima)** y **100 (calidad máxima)**.

T se deduce de la **temperatura (t)** en ° C del agua del río.

Puede adquirir valores de 1 a 0,8.



- Si $t < 25^\circ \text{C}$, entonces $T = 1$
- Si $t > 25^\circ \text{C}$, entonces $T = 1 - (t - 25) 0,0125$

A se deduce de la **DBO (a)** expresada en mg/l.

Puede adquirir valores de 0 a 35.

- Si $a < 10$, entonces $A = 35 - a$
- Si $70 > a > 10$, entonces $A = 35 - (0,5a)$
- Si $a > 70$, entonces $A = 0$

B se deduce a partir de los **sólidos suspendidos (MES)**, en mg/l.

Puede adquirir valores de 0 a 25.

- Si $MES < 100$, entonces $B = 25 - (0,15MES)$
- Si $250 > MES > 100$, entonces $B = 17 - (0,07MES)$
- Si $MES > 250$, entonces $B = 0$

C se deduce a partir del **oxígeno disuelto (O₂)** en mg/l.

Puede adquirir valores de 0 a 25.

- Si $OD_{dis} < 2,5$, entonces $C = 0$
- Si $2,5 < OD_{dis} < 10$, entonces $C = 2,5OD_{dis}$
- Si $OD_{dis} > 10$, entonces $C = 25$



D se deduce de la **conductividad (c)** expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$ a **18° C**. Si la conductividad se ha medido a 25° C, para convertirla a 18° C se debe multiplicar por **0,86**.

Puede adquirir valores de 0 a 15.

- Si $c < 15000$, entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$
- Si $c > 15000$, entonces $D = 0$

5.4. Referencias

8.- <http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>



CAPÍTULO VI

VALORES DE ISCA PARA RÍO GUAYAS



6.1. Resultados de Valores de ISCA para el Río Guayas.

Los resultados de los cálculos de ISCA por tramos y fechas, para el río Guayas se indican a continuación en la Tabla No. 6.1.1.

Tabla No. 6.1.1. Valores de ISCA para el Río Guayas

ESTACIÓN	AÑO 2008			AÑO 2009	
	ABRIL	JULIO	OCTUBRE	ABRIL	OCTUBRE
500 m aguas arriba La Toma	50.48	72.71	72.54	68.87	68.29
2000 m aguas abajo La Toma	49.07	76.03	76.08	68.8	67.91
500 m aguas arriba Puente R. Mendoza, río Daule	47.95	54.05	51.28	61.25	45.95
500 m aguas arriba Puente R. Mendoza, río Babahoyo	55.66	51.74	49.84	60.83	45.19
500 m aguas debajo de las Esclusas	50.54	51.02	47.74	69.84	44.06
Sector camaroneras	50.55	53.68	49.28	61.05	51.48

Gráfico No. 6.1.1. Valores de ISCA, Río Guayas, Abril 2008

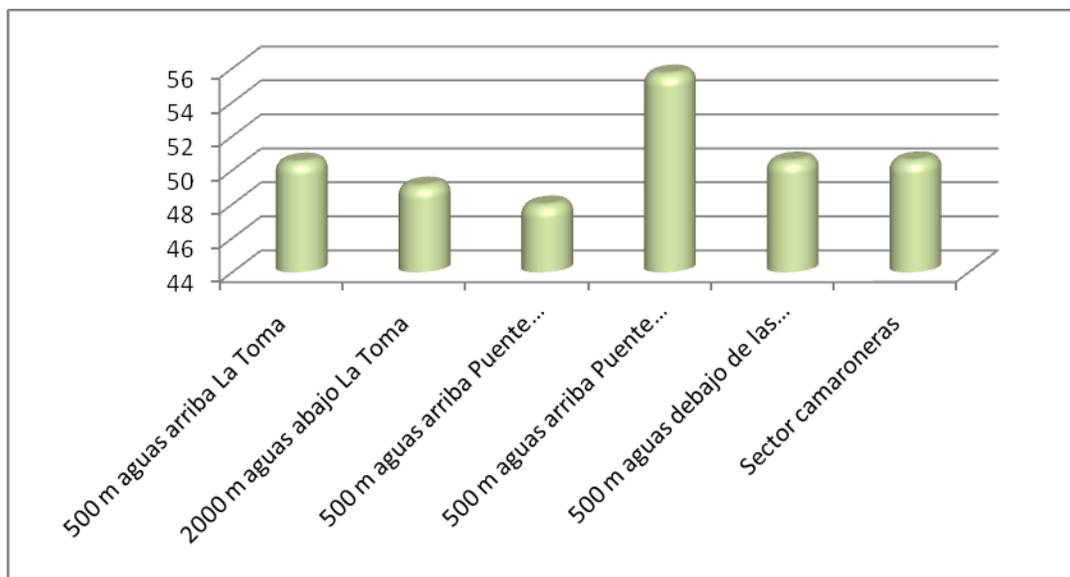




Gráfico No. 6.1.2. Valores de ISCA, Río Guayas, Julio 2008

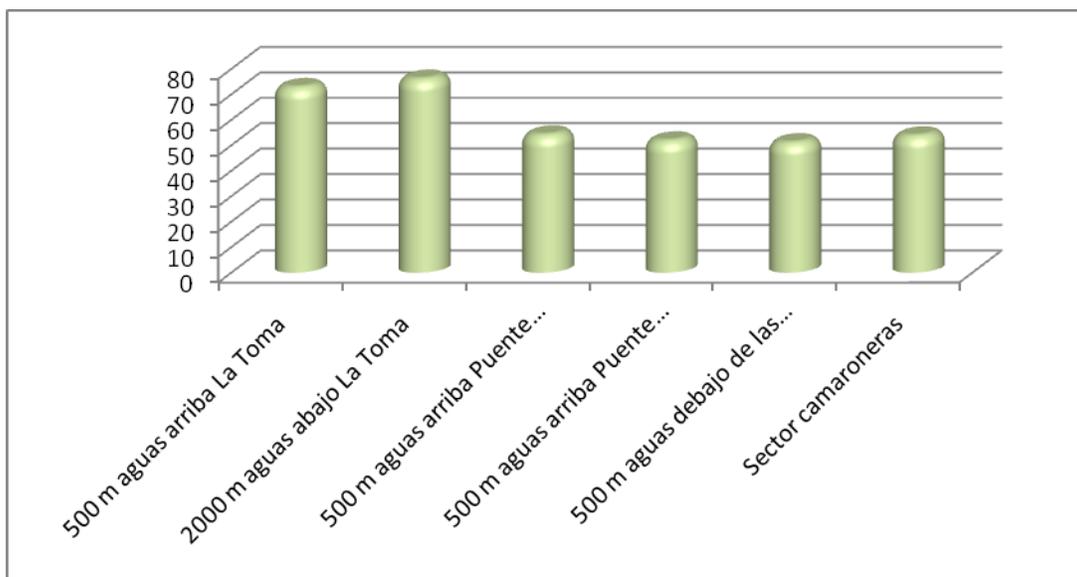


Gráfico No. 6.1.3. Valores de ISCA, Río Guayas, Octubre 2008

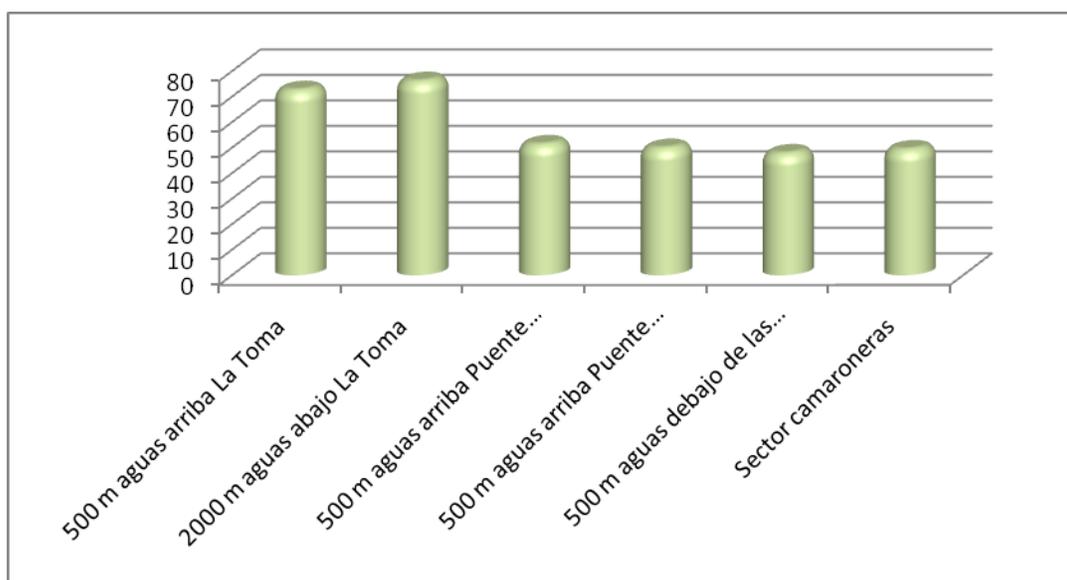




Gráfico No. 6.1.4. Valores de ISCA, Río Guayas, Abril 2009

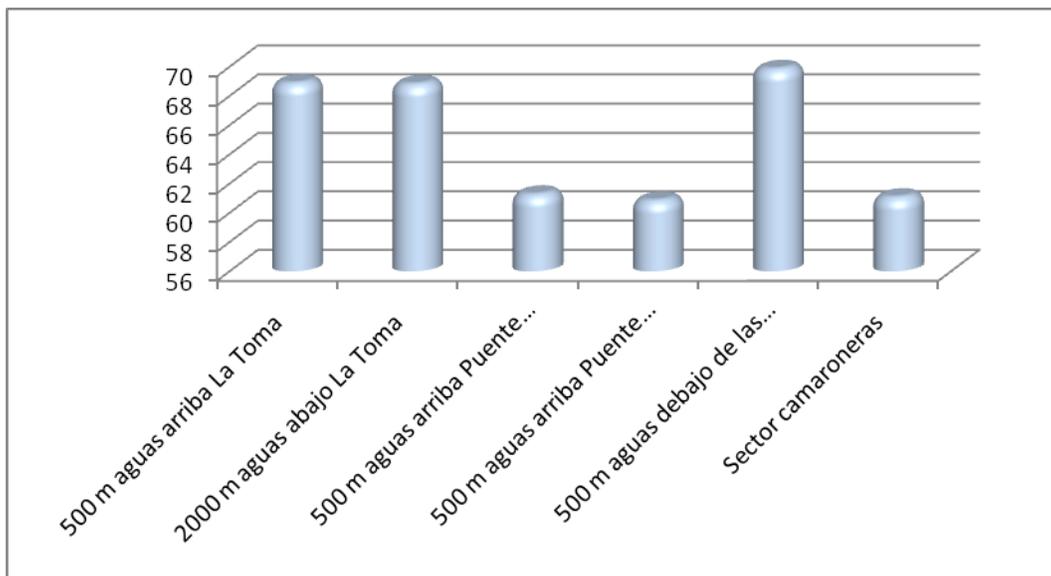
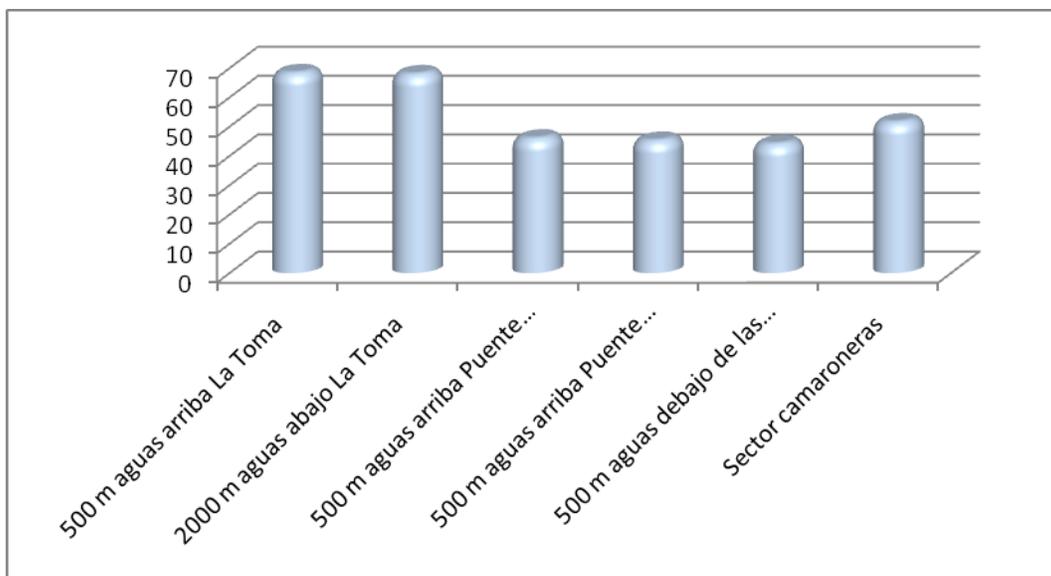


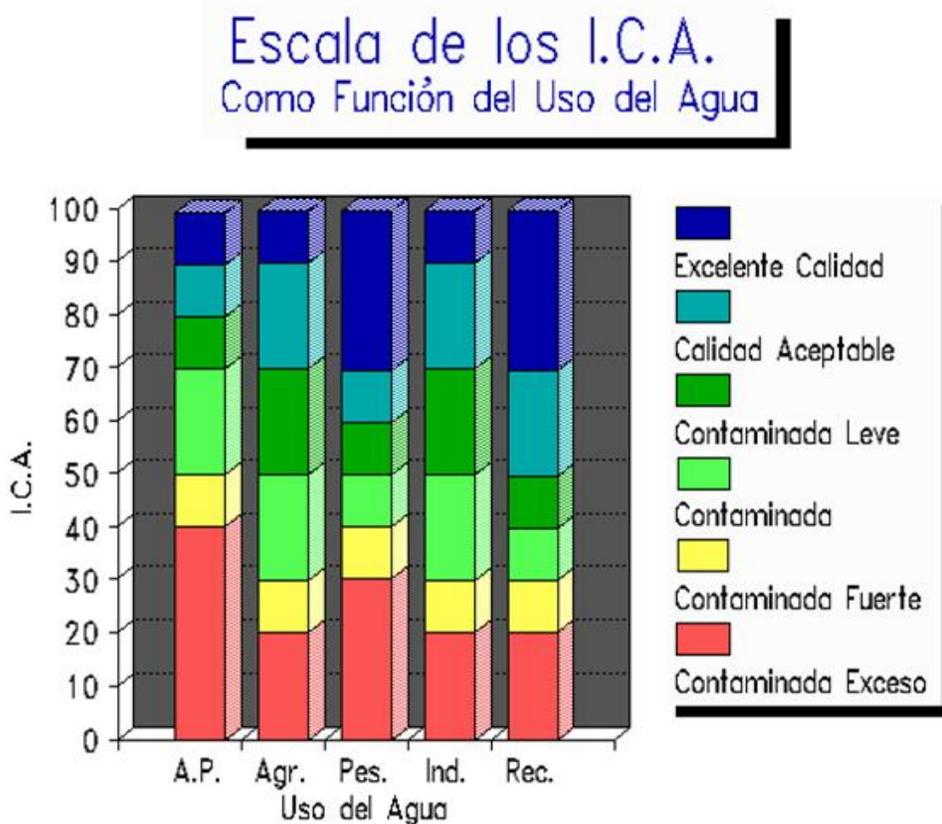
Gráfico No. 6.1.5. Valores de ISCA, Río Guayas, Octubre 2009





En función de los usos del agua en los tramos que se analizan, se tienen dos: agua potable e industrial. Debido a que el uso más restrictivo es el agua potable, entonces se adopta como el referente para interpretar los resultados obtenidos. El gráfico se incluye a continuación:

Gráfico No. 6.2.6. Escala de los I.C.A.



Fuente: Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala / Luis F. León Vizcaíno / Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Los colores indican el estado del agua de manera global, al integrar los cinco parámetros establecidos para el análisis de los resultados.



CAPÍTULO VII

INTERPRETACIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



7.1. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

De los datos obtenidos y procesados se obtienen los siguientes criterios de interpretación, conforme al uso de Agua Potable:

Para el mes de Abril del 2008 la calidad del agua se clasifica como Contaminada, puesto que los datos están entre un rango de 47,95 a 55,66. El agua aún es susceptible de ser potabilizada, estos valores se deben a la estación lluviosa e influencia de las descargas de agua residuales de la ciudad de Guayaquil.

En los meses de Julio y Octubre del 2008 los valores de ISCA calculados siguen una tendencia similar, es decir, en las estaciones cercanas a la planta potabilizadora de agua de La Toma el valor está en un rango de 72,54 a 76,08, es decir corresponde al nivel de Contaminada Leve. Aguas abajo la calidad del agua desmejora, con toda seguridad debido a las descargas de aguas residuales industriales y aguas servidas domésticas.

En los meses de Abril y Octubre del 2009 en las dos estaciones próximas a la planta de La Toma los valores fluctúan entre 67,91 y 68,87, que ubican a estos datos de ISCA en el rango de Contaminada. La calidad del agua en las estaciones siguientes hasta el sector de las camaroneras decae, por las razones antes expuestas.



7.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.2.1. CONCLUSIONES

- Los datos del río Daule en las estaciones próximas a la planta potabilizadora de La Toma presentan resultados que en el tiempo varían de Calidad Contaminada Leve a Contaminada, según la clasificación establecida para la utilización del Índice de Calidad del Agua (ISCA), adoptado en el presente Trabajo de Tesis. El agua por consiguiente sirve para el uso asignado, es decir para potabilización y posterior consumo humano.
- Los datos más críticos se presentan en la estación lluviosa del 2008, debido a que el río Daule arrastra grandes cantidades de sedimentos de la cuenca aportante y al efecto de la marea que permite que las aguas residuales de Guayaquil suban hasta la proximidad de La Toma.
- Las estaciones aguas abajo del Puente Rafael Mendoza Avilés presentan valores de ISCA que fluctúan entre niveles de Calidad de Agua Contaminada Fuerte a Contaminada Leve.
- En estos tramos del río Guayas el agua no sirve para ser potabilizada por su pobre calidad.



7.2.2. RECOMENDACIONES

- Se debe efectuar una vigilancia más continua de la calidad del agua en las proximidades de la planta de La Toma, para asegurar la calidad de la fuente.
- En vista de que las condiciones de calidad del agua tenderán a deteriorarse debido al desarrollo urbano y poblacional de la ciudad de Guayaquil, las empresas encargadas de su vigilancia y control deben presentar alternativas que disminuyan las concentraciones de las descargas de aguas residuales, de esta forma se rehabilitará la calidad de este importante cuerpo de agua.
- Se deben cumplir con las normas de calidad de agua establecidas en el Texto Unificado de Legislación Ambiental vigente a nivel nacional, para el caso de fuente de agua para su potabilización.



CAPÍTULO VIII

ANEXOS



8.1. Anexos

Cálculo de Valores de ISCA para Rio Guayas.

ABRIL 2008

500 mts. Aguas arriba de la Toma

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = \quad 28.2$$

$$T = \quad 0.96$$

MATERIA ORGANICA

Si $a \leq 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = \quad 1.8$$

$$A = \quad 34.1$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = \quad 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 5 \quad OD \text{ dis} = \quad 5$$

$$C = \quad 12.5$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = \quad 5.99 \quad c = \quad 326$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.89 (25.4+0+13+5.99)$$

$$ISCA = \quad 50.48$$



ABRIL 2008

2000 mts. Aguas abajo de la Toma

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$		$t =$	28.2
$T =$	0.96		

MATERIA ORGANICA			
Si $a \leq 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$		$a =$	2
$A =$	34		

SOLIDOS SUSPENDIDOS	
Si $MES > 250$ $B = 0$	
$B =$	0

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 4.4$		$OD \text{ dis} =$	4.4
$C =$	11		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.12	$c =$	300

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.90 (28+0+11+6.12)$	
ISCA =	49.07



ABRIL 2008

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)

TEMPERATURA	
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t = 29$
$T = 0.95$	

MATERIA ORGANICA	
Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$	
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a = 1.3$
$A = 34.35$	

SOLIDOS SUSPENDIDOS	
Si $MES > 250$ $B = 0$	
$B = 0$	

OXIGENO DISUELTO	
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$	
$C = 2,5 * 4$	$OD \text{ dis} = 4$
$C = 10$	

CONDUCTIVIDAD	
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$	
$D = 6.12$	$c = 299$

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.89 (28.7+0+10+6.12)$	
ISCA =	47.95



ABRIL 2008

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$		$t =$	29.2
$T =$	0.95		

MATERIA ORGANICA			
Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$		$a =$	1.4
$A =$	34.3		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $250 > \text{MES} > 100$ entonces $B = 17 - (0,07\text{MES})$			
$B =$	4.68	$\text{MES} =$	176

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < \text{OD dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * \text{OD dis}$			
$C = 2,5 * 5.2$		$\text{OD dis} =$	5.2
$C =$	13		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.77	$c =$	198

CALCULO DEL ISCA	
$\text{ISCA} = T (A+B+C+D)$	
$\text{ISCA} = 0.89 (28.6+4.68+13+6.77)$	
ISCA =	55.66



ABRIL 2008

500 mts. Aguas abajo de las Esclusas

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = \quad 28.3$$

$$T = \quad 0.96$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = \quad 3.1$$

$$A = \quad 33.45$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = \quad 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 4.95 \quad OD \text{ dis} = \quad 4.95$$

$$C = \quad 12.38$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = \quad 6.88 \quad c = \quad 183.5$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.90 (26.9+0+1312.38+6.88)$$

$$ISCA = \quad 50.54$$



ABRIL 2008

Sector de Camaroneras

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = \quad 28.65$$

$$T = \quad 0.95$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = \quad 3.95$$

$$A = \quad 33.025$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $250 > \text{MES} > 100$ entonces $B = 17 - (0,07\text{MES})$

$$B = \quad 0.76 \quad \text{MES} = \quad 232$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < \text{OD dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * \text{OD dis}$

$$C = 2,5 * 5 \quad \text{OD dis} = \quad 5$$

$$C = \quad 12.5$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = \quad 6.68 \quad c = \quad 209.5$$

CALCULO DEL ISCA

$$\text{ISCA} = T (A+B+C+D)$$

$$\text{ISCA} = 0.89 (26.05+0.76+12.5+6.68)$$

$$\text{ISCA} = \quad 50.55$$



JULIO 2008

500 mts. Aguas arriba de la Toma

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$		$t =$	26
$T =$	0.99		

MATERIA ORGANICA			
Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$		$a =$	2
$A =$	34		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $MES \leq 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$			
$B =$	19.45	$MES =$	37

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 5.3$		$OD \text{ dis} =$	5.3
$C =$	13.25		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.93	$c =$	178

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.93 (28+19.45+13.25+6.93)$	
ISCA =	72.71



JULIO 2008

2000 mts. Aguas abajo de la Toma

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = \quad 26.5$$

$$T = \quad 0.98$$

MATERIA ORGANICA

Si $a <= 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = \quad 2$$

$$A = \quad 34$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES <= 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$

$$B = \quad 20.05 \quad MES = \quad 33$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 6.6 \quad OD \text{ dis} = \quad 6.6$$

$$C = \quad 16.5$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = \quad 6.93 \quad c = \quad 178$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.92 (28+20.05+16.5+6.93)$$

$$ISCA = \quad 76.03$$



JULIO 2008

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$		$t =$	25.2
$T =$	1.00		

MATERIA ORGANICA			
Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$		$a =$	2
$A =$	34		

SOLIDOS SUSPENDIDOS	
Si $MES > 250$ $B = 0$	
$B =$	0

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 5.4$		$OD \text{ dis} =$	5.4
$C =$	13.5		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.68	$c =$	209

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.94 (28+0+13.5+6.68)$	
ISCA =	54.05



JULIO 2008

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 25.3$$

$$T = 1.00$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 3$$

$$A = 33.5$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 4.7 \quad OD \text{ dis} = 4.7$$

$$C = 11.75$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 6.69 \quad c = 208$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.93 (27+0+11.75+6.69)$$

$$ISCA = 51.74$$



JULIO 2008

500 mts. Aguas abajo de las Esclusas

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 25.5$$

$$T = 0.99$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 2$$

$$A = 34$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 4.8 \quad OD \text{ dis} = 4.8$$

$$C = 12$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 5.34 \quad c = 494$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.93 (28+0+12+5.34)$$

$$ISCA = 51.02$$



JULIO 2008

Sector de Camaroneras

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = \quad 25.4$$

$$T = \quad 1.00$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = \quad 1.5$$

$$A = \quad 34.25$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = \quad 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 6.3 \quad OD \text{ dis} = \quad 6.3$$

$$C = \quad 15.75$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = \quad 3.95 \quad c = \quad 1202$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.93 (28.5+0+15.75+3.95)$$

$$ISCA = \quad 53.68$$



OCTUBRE 2008

500 mts. Aguas arriba de la Toma

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = \quad 26.2$$

$$T = \quad 0.99$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = \quad 2$$

$$A = \quad 34$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES \leq 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$

$$B = \quad 17.2 \quad MES = \quad 52$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 6 \quad OD \text{ dis} = \quad 6$$

$$C = \quad 15$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = \quad 7.45 \quad c = \quad 128$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.92 (28+17.2+15+7.45)$$

$$ISCA = \quad 72.54$$



OCTUBRE 2008

2000 mts. Aguas abajo de la Toma

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t =$		26.1
$T =$	0.99		

MATERIA ORGANICA			
Si $a <= 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a =$		3
$A =$	33.5		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $MES <= 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$			
$B =$	19.3	$MES =$	38

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 7$	$OD \text{ dis} =$		7
$C =$	17.5		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.84	$c =$	189

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.92 (27+19.3+17.5+6.84)$	
ISCA =	76.08



OCTUBRE 2008

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 25.8$$

$$T = 0.99$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 3$$

$$A = 33.5$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 5.1 \quad OD \text{ dis} = 5.1$$

$$C = 12.75$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 5.55 \quad c = 431$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.93 (27+0+12.75+5.55)$$

$$ISCA = 51.28$$



OCTUBRE 2008

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)

TEMPERATURA	
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t = 25.2$
$T =$	1.00

MATERIA ORGANICA	
Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$	
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a = 3$
$A =$	33.5

SOLIDOS SUSPENDIDOS	
Si $MES > 250$ $B = 0$	
$B =$	0

OXIGENO DISUELTO	
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$	
$C = 2,5 * 5.1$	$OD \text{ dis} = 5.1$
$C =$	12.75

CONDUCTIVIDAD	
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$	
$D =$	3.71 $c = 1394$

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.94 (27+0+12.75+3.71)$	
ISCA =	49.84



OCTUBRE 2008

500 mts. Aguas abajo de las Esclusas

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 25.4$$

$$T = 1.00$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 2$$

$$A = 34$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $250 > \text{MES} > 100$ entonces $B = 17 - (0,07\text{MES})$

$$B = 0.025 \quad \text{MES} = 242.5$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < \text{OD dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * \text{OD dis}$

$$C = 2,5 * 4.8 \quad \text{OD dis} = 4.8$$

$$C = 12$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 1.96 \quad c = 4290$$

CALCULO DEL ISCA

$$\text{ISCA} = T (A+B+C+D)$$

$$\text{ISCA} = 0.93 (28+0.025+12+1.96)$$

$$\text{ISCA} = 47.74$$



OCTUBRE 2008

Sector de Camaroneras

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 25.2$$

$$T = 1.00$$

MATERIA ORGANICA

Si $a \leq 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 3$$

$$A = 33.5$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $250 > \text{MES} > 100$ entonces $B = 17 - (0,07\text{MES})$

$$B = 0.86 \quad \text{MES} = 230.5$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < \text{OD dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * \text{OD dis}$

$$C = 2,5 * 5.5 \quad \text{OD dis} = 5.5$$

$$C = 13.75$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 1.29 \quad c = 6590$$

CALCULO DEL ISCA

$$\text{ISCA} = T (A+B+C+D)$$

$$\text{ISCA} = 0.94 (27+0.86+13.75+1.29)$$

$$\text{ISCA} = 49.28$$



ABRIL 2009

500 mts. Aguas arriba de la Toma

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t =$		28
$T =$	0.96		

MATERIA ORGANICA			
Si $a <= 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a =$		2
$A =$	34		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $MES <= 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$			
$B =$	16	$MES =$	60

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 5.8$	$OD \text{ dis} =$		5.8
$C =$	14.5		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	7.05	$c =$	165

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.90 (28+16+14.5+7.05)$	
ISCA =	68.87



ABRIL 2009

2000 mts. Aguas abajo de la Toma

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 29$$

$$T = 0.95$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 3$$

$$A = 33.5$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES \leq 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$

$$B = 15.1 \quad MES = 66$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 6.7 \quad OD \text{ dis} = 6.7$$

$$C = 16.75$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 7.07 \quad c = 163$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.89 (27+15.1+16.75+7.07)$$

$$ISCA = 68.80$$



ABRIL 2009

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t =$		28.3
$T =$	0.96		

MATERIA ORGANICA			
Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a =$		3
$A =$	33.5		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $250 > \text{MES} > 100$ entonces $B = 17 - (0,07\text{MES})$			
$B =$	7.06	$\text{MES} =$	142

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < \text{OD dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * \text{OD dis}$			
$C = 2,5 * 6.6$	$\text{OD dis} =$		6.6
$C =$	16.5		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.83	$c =$	190

CALCULO DEL ISCA	
$\text{ISCA} = T (A+B+C+D)$	
$\text{ISCA} = 0.90 (27+7.06+16.5+6.83)$	
ISCA =	61.25



ABRIL 2009

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t =$		28.4
$T =$	0.96		

MATERIA ORGANICA			
Si $a <= 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a =$		5
$A =$	32.5		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $MES <= 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$			
$B =$	10.15	$MES =$	99

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 5.5$	$OD \text{ dis} =$		5.5
$C =$	13.75		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	7.13	$c =$	157

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.90 (25+10.15+13.75+7.13)$	
ISCA =	60.83



ABRIL 2009

500 mts. Aguas abajo de las Esclusas

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t =$		28.1
$T =$	0.96		

MATERIA ORGANICA			
Si $a <= 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a =$		3
$A =$	33.5		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $MES <= 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$			
$B =$	17.65	$MES =$	49

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 5.9$	$OD \text{ dis} =$		5.9
$C =$	14.75		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.76	$c =$	199

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.90 (27+17.65+14.75+6.76)$	
ISCA =	69.84



ABRIL 2009

Sector de Camaroneras

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = \quad 27.4$$

$$T = \quad 0.97$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = \quad 4.5$$

$$A = \quad 32.75$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $250 > \text{MES} > 100$ entonces $B = 17 - (0,07\text{MES})$

$$B = \quad 9.16 \quad \text{MES} = \quad 112$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < \text{OD dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * \text{OD dis}$

$$C = 2,5 * 6.1 \quad \text{OD dis} = \quad 6.1$$

$$C = \quad 15.25$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = \quad 5.78 \quad c = \quad 372.5$$

CALCULO DEL ISCA

$$\text{ISCA} = T (A+B+C+D)$$

$$\text{ISCA} = 0.91 (25.5+9.16+15.25+5.78)$$

$$\text{ISCA} = \quad 61.05$$



OCTUBRE 2009

500 mts. Aguas arriba de la Toma

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 29$$

$$T = 0.95$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 2$$

$$A = 34$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES \leq 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$

$$B = 10 \quad MES = 100$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 8.4 \quad OD \text{ dis} = 8.4$$

$$C = 21$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 6.89 \quad c = 183$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.89 (28+10+21+6.89)$$

$$ISCA = 68.29$$



OCTUBRE 2009

2000 mts. Aguas abajo de la Toma

TEMPERATURA			
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$		$t =$	29
$T =$	0.95		

MATERIA ORGANICA			
Si $a <= 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$			
$A = 35 - (0,5 * a)$		$a =$	3
$A =$	33.5		

SOLIDOS SUSPENDIDOS			
Si $MES <= 100$ entonces $B = 25 - (0.15 * MES)$			
$B =$	10.15	$MES =$	99

OXIGENO DISUELTO			
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$			
$C = 2,5 * 8.4$		$OD \text{ dis} =$	8.4
$C =$	21		

CONDUCTIVIDAD			
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$			
$D =$	6.84	$c =$	189

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.89 (27+10.15+21+6.84)$	
ISCA =	67.91



OCTUBRE 2009

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Daule)

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 28.5$$

$$T = 0.96$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 2$$

$$A = 34$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 4 \quad OD \text{ dis} = 4$$

$$C = 10$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 4.05 \quad c = 1125$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.89 (28+0+10+4.05)$$

$$ISCA = 45.95$$



OCTUBRE 2009

500 mts. Aguas arriba del puente Rafael Mendoza Aviles (Rio Babahoyo)

TEMPERATURA	
$T = 1 - (t - 25) * 0,0125$	$t = 28$
$T = 0.96$	

MATERIA ORGANICA	
Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$	
$A = 35 - (0,5 * a)$	$a = 2$
$A = 34$	

SOLIDOS SUSPENDIDOS	
Si $MES > 250$ $B = 0$	
$B = 0$	

OXIGENO DISUELTO	
Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$	
$C = 2,5 * 4.5$	$OD \text{ dis} = 4.5$
$C = 11.25$	

CONDUCTIVIDAD	
Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$	
$D = 1.70$	$c = 5070$

CALCULO DEL ISCA	
$ISCA = T (A+B+C+D)$	
$ISCA = 0.90 (28+0+11.25+1.70)$	
ISCA =	45.19



OCTUBRE 2009

500 mts. Aguas abajo de las Esclusas

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 27.5$$

$$T = 0.97$$

MATERIA ORGANICA

Si $a < 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 3.5$$

$$A = 33.25$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $MES > 250$ $B = 0$

$$B = 0$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < OD \text{ dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * OD \text{ dis}$

$$C = 2,5 * 4.6 \quad OD \text{ dis} = 4.6$$

$$C = 11.5$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 0.74 \quad c = 9370$$

CALCULO DEL ISCA

$$ISCA = T (A+B+C+D)$$

$$ISCA = 0.91 (26.5+0+11.5+0.74)$$

$$ISCA = 44.06$$



OCTUBRE 2009

Sector de Camaroneras

TEMPERATURA

$$T = 1 - (t - 25) * 0,0125 \quad t = 28$$

$$T = 0.96$$

MATERIA ORGANICA

Si $a \leq 10$ entonces $A = 35 - (0,5 * a)$

$$A = 35 - (0,5 * a) \quad a = 3$$

$$A = 33.5$$

SOLIDOS SUSPENDIDOS

Si $250 > \text{MES} > 100$ entonces $B = 17 - (0,07\text{MES})$

$$B = 6.36 \quad \text{MES} = 152$$

OXIGENO DISUELTO

Si $2,5 < \text{OD dis} < 10$ entonces $C = 2,5 * \text{OD dis}$

$$C = 2,5 * 5.4 \quad \text{OD dis} = 5.4$$

$$C = 13.5$$

CONDUCTIVIDAD

Si $c < 15000$ entonces $D = (4,176 - \log c) * 3,6$

$$D = 0.12 \quad c = 13881.5$$

CALCULO DEL ISCA

$$\text{ISCA} = T (A+B+C+D)$$

$$\text{ISCA} = 0.90 (27+6.36+13.5+ 0.12)$$

$$\text{ISCA} = 51.48$$



BIBLIOGRAFÍA

- INTERAGUA, valores de parámetros de Temperatura, Salinidad, Sólidos Suspendidos, pH, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Turbiedad, Cloruros (CL), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- ECAPAG, valores de parámetros de Sólidos Suspendidos, pH, Oxígeno Disuelto, Fosfatos, Coliformes Fecales, Cloruros (CL), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- Depuración de Aguas Residuales

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

- (1) www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/33/S%C3%ADntesis%20de%20principios%20b%C3%A1sicos%20de%20calidad%20de%20agua.doc la contaminación del agua
- (2) <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>
- (3) <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=920>
- (4) <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=898>
- (5) <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=917>
- (6) <http://www.ambiente-ecologico.com/067-02-2000/juannicolafania67.htm>
- (7) <http://www.analizacalidad.com/paragua.htm>
- (8) <http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>