



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales

“Caracterización físico-química del recurso hídrico del río Daule, comprendido entre el cantón Santa Lucía y el sector de Puente Lucía y perspectivas de conservación y uso”

PROYECTO INTEGRADOR

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presentado por:

GABRIEL ARTURO MONTEROS JALCA

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

2016





ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS

INGENIERIA QUÍMICA

INFORME DE LA PROFESORA DE LA MATERIA INTEGRADORA

Habiendo sido nombrado PROFESORA DE LA MATERIA INTEGRADORA

GABRIEL ARTURO MONTEROS JALCA

Con el tema de proyecto integrador **“Caracterización Físicoquímica del recurso hídrico del río Daule, comprendido entre los sectores de Santa Lucía y Puente Lucía y perspectivas de conservación y uso”** previo a la obtención del título de INGENIERO QUÍMICO, me permito informar que he leído el contenido y he revisado el formato del proyecto integrador, luego de lo cual indico, que este documento ha sido desarrollado conforme a los lineamientos de la Unidad de Titulación Especial de la ESPOL.

Guayaquil, 11 de mayo de 2016


PhD. Olga González S
Directora de la Materia Integradora



AGRADECIMIENTOS

A todos y cada una de mis compañeros del DCQA, de cada uno de ellos aprendo día a día.

Agradezco a la PhD. Olga González, por permitirme trabajar en su equipo de investigación y guiarme como su alumno.

Al Ecuador, por contribuir grandemente a mi formación.

Agradezco a mis amigos Ronny Aroca, Daniel Guamán, Jorge Redwood, Dalton Carlosama, Richard Rivera, Camilo Ramírez, Tyrone Alcívar, por siempre acolitar.

GABRIEL A. MONTEROS. J.

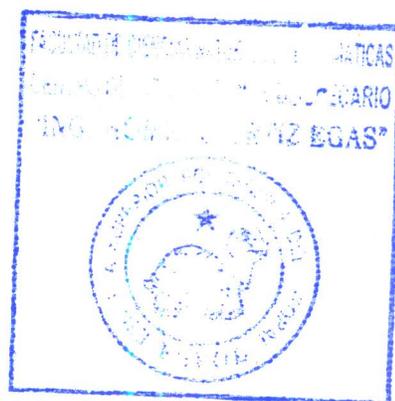
DEDICATORIA

AL DIOS COSMICO Y UNIVERSAL.

A mi padre, madre y hermana.

A Karen Guarco, por hacer que todo esto sea posible.

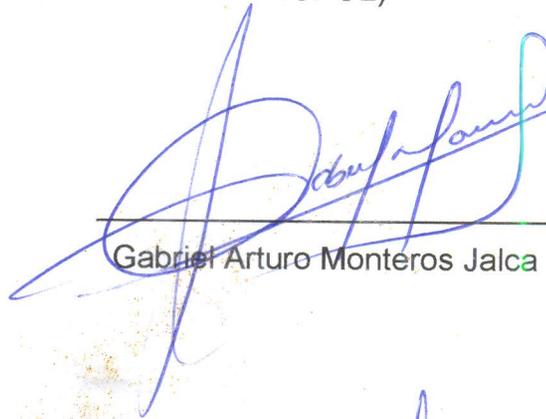
GABRIEL A. MONTEROS. J.



DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto Integrador, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Gabriel Arturo Monteros Jalca



PhD. Olga Gonzales
Directora

RESUMEN

La conservación de los recursos hídricos es un tema de investigación contemporáneo que día a día incrementa la necesidad de generación de información útil y precisa en beneficio de toda una comunidad.

El presente trabajo expone sobre "La caracterización fisicoquímica del recurso hídrico del río Daule, comprendido entre el sector del cantón Santa Lucía y el sector de Puente Lucía" con la finalidad de obtener y desarrollar información que sirva como herramienta para la determinación de las fuentes de polución del sistema acuático del río Daule.

En el presente trabajo se ha empleado la sistemática de muestreo y conservación de acuerdo a los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA-WPCF, en el cual se han considerado 35 ensayos de muestreo puntual, caracterizando fisicoquímicamente el agua con datos In-situ, además de la toma de muestras para ensayos en Laboratorio.

La importancia del presente trabajo consiste en la generación de datos confiables que permitan determinar el grado de polución del recurso hídrico del río Daule, además que la información generada sea de utilidad para la conservación de los recursos hídricos de la región a través de la implantación de políticas públicas adecuadas.

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
pH	Potencial de Hidrógeno
MO	Materia Orgánica
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Ambiental del Ecuador
LMP	Límite Máximo Permisible
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GCSC	Guía de calidad de sedimentos marinos de Canadá
UTM	Universal Transversal de Mercator



SIMBOLOGIA

%	Porcentaje
μ S	Microsiemens
Kg	Kilogramo
mg	Miligramos
L	Litro
cm	Centímetro
M	Molar
ml	Mililitro
G	Gramo



INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS-----	I
DEDICATORIA-----	III
TRIBUNAL -----	III
DECLARACIÓN EXPRESA -----	IV
RESUMEN -----	V
ABREVIATURAS-----	VI
SIMBOLOGIA -----	VII
INDICE GENERAL-----	VIII
INDICE DE TABLAS -----	XI
INDICE DE FIGURAS-----	XI
INDICE DE GRÁFICOS-----	XI
INTRODUCCIÓN -----	4

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	1
1.1 Sistemas acuáticos y su importancia ambiental -----	2
1.2. Eje de estudio: río Daule -----	2
1.3. Población relacionada al río Daule -----	3
1.4. Objetivos -----	4
1.4.1. Objetivo General -----	4
1.4.2. Objetivos Específicos -----	4

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA DEL DISEÑO -----	5
2.1. Cuenca del río Daule y los efectos antropogénicos -----	5
2.2. Métodos de Análisis de Aguas -----	8
2.2.1. Caracterización de parámetros físico-químicos in-situ -----	8
2.2.2. Caracterización físico-química en laboratorio -----	9
2.2.3. Caracterización de iones metálicos mayoritarios -----	9
2.3. Hidroquímica -----	10
2.4. Indicadores de calidad sanitaria del agua -----	13
2.5. Legislación aplicable al recurso hídrico del río Daule -----	14

CAPÍTULO 3

RESULTADOS -----	16
3.1. Resultados de Parámetros físico-químicos en campo -----	16
3.1.1. Temperatura-----	16
3.1.2. Potencial de hidrógeno-----	17
3.1.3. Conductividad-----	17
3.1.4. Oxígeno disuelto-----	17
3.1.5. Turbidez-----	19
3.3. Parámetros físico-químicos obtenidos en laboratorio -----	20
3.3.1. Demanda Química de oxígeno-----	20
3.3.2. Sólidos Suspendidos, disueltos y totales-----	21
3.3.3. Iones metálicos mayoritarios-----	22

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	24
4.1. CONCLUSIONES -----	24
4.2. RECOMENDACIONES -----	25
ANEXOS -----	27
BIBLIOGRAFÍA -----	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo.....	6
Tabla 2. Parámetros determinados in- situ.....	8
Tabla 3. Parámetros determinados en laboratorio.....	9

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del área seleccionada para el muestreo.....	6
---------------------------------------------------------------------	---

INDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1 Variación de pH con respecto a la trayectoria de muestreo.....	17
Grafico 2 Variación de la Conductividad con respecto a la trayectoria de muestreo.....	18
Grafico 3 Variación de el Oxígeno disuelto con respecto a la trayectoria de muestreo.....	19
Grafico 4 Variación de la Turbidez con respecto a la trayectoria de muestreo.....	19
Grafico 5 Variación de D.Q.O con respecto a la trayectoria de muestreo.....	21
Grafico 6 Variación de los sólidos suspendidos con respecto a la trayectoria de muestreo.....	22
Grafico 7 Variación de sólidos totales con respecto a la trayectoria de muestreo.....	22
Grafico 8 Variación de la concentración de iones metálicos mayoritarios con respecto a la trayectoria de muestreo.....	23

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos, son una de las fuentes más valiosas para la conservación de la vida en nuestro planeta, aproximadamente el 71% de la superficie del globo terráqueo está ocupada por agua y de este porcentaje apenas el 2,5% del total corresponde a agua dulce.

Es claro que uno de los problemas más importantes a nivel de polución es el mal manejo de los recursos hídricos, adicional, se debe tener en cuenta que esta escasa cantidad de agua no se encuentra distribuida uniformemente por todas la regiones de la tierra, junto a los problemas de mal uso, desperdicio o contaminación.

El Ecuador se posiciona estratégicamente en este sentido, pese a ser territorialmente pequeño, posee una elevada cantidad de recursos hídricos con múltiples aplicaciones tales como: agricultura, generación de energía hidroeléctrica, uso doméstico, transporte, entre otros.

Los recursos hídricos son una parte muy importante de todo ecosistema y su afectación tanto en cantidad o calidad conlleva efectos muy negativos lo que puede ocasionar la pérdida de biodiversidad, problemas de salubridad, escases de alimentos, propagación de enfermedades

Es por esta razón que se ha focalizado el presente trabajo en la caracterización del recurso hídrico del río Daule, tomando como eje central las poblaciones cercanas de mayor concentración poblacional y que mayor afectación provocan, para así determinar el grado o nivel de polución de las aguas del río Daule.



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Sistemas acuáticos y su importancia ambiental

Está claro que el agua dulce disponible a nivel mundial es bastante escasa en relación a la cantidad total del agua en el planeta, a lo que hay que agregar esta no se encuentra uniformemente distribuida por el planeta, se desperdicia, está contaminada y se gestiona de forma insostenible, existen sitios con más agua, y otros con muy poca o casi nada de agua como en el medio Oriente y el Norte de África y algunos países de Asia, sin duda que el agua va a representar un gran problema, por lo que es necesario realizar la gestión del recurso, para poder evitar situaciones conflictivas debidas a escasez, sobreexplotación y contaminación del agua [1].

Sin duda que el recurso agua es el más valioso para la vida en nuestro planeta, aproximadamente el 71% de la superficie de la tierra está cubierta por agua. El volumen total aproximado de agua en la Tierra es de 1,4 mil millones de km^3 , de los cuales 35 millones km^3 un 2,5% del total corresponden a agua dulce, de esta cantidad de agua dulce, unos 24 millones de km^3 o el 69,6% se encuentra en forma de hielo y de nieve permanente en los polos antártico y ártico y en regiones montañosas, alrededor del 30% del agua dulce del mundo se almacena bajo tierra en forma de aguas subterráneas, los lagos y ríos de agua dulce contienen un estimado de 105.000 km^3 o alrededor de 0,3% del agua dulce del mundo y la atmósfera de la Tierra contiene aproximadamente 13.000 km^3 de agua [2].

1.2. Eje de estudio: río Daule.

Para abordar el tema del sitio de estudio, que en el presente caso es el río Daule en el cual se estudia el tramo comprendido entre el cantón Santa Lucía hasta el sitio denominado Puente Lucía, lugar donde la ciudad de Guayaquil capta las aguas de este río para la producción de agua potable. El río Daule es parte de la Cuenca del río Guayas, que es el más grande sistema hidrográfico del Ecuador que drena a la costa del Pacífico y tiene influencia directa en las provincias de Guayas, Manabí, y Santa Elena [3].

Las condiciones climáticas de la cuenca del Guayas, se ven determinadas por su orografía, la que de manera directa influye sobre la variabilidad espacial de los parámetros meteorológicos tales como temperatura y precipitación, que determinan los diferentes tipos de clima [4].

El río Daule nace en el nudo de Sandomo, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, muy cerca de San Miguel o Peripa [5], su longitud aproximada es de 260 km., y forma la subcuenca del río Daule, y es la más grande de las subcuencas de la Cuenca del Guayas, abarca una extensión territorial de 11.567,15 km² que representa aproximadamente el 5% del territorio nacional, y el 36% de toda la Cuenca del Río Guayas, que se ilustra en la figura No 5, se encuentra ubicada en zona occidental superior de la Cuenca del Río Guayas, es una de las zonas de mayor concentración de producción agrícola. Dentro de su influencia se encuentran las provincias de: Guayas, Manabí, Santa Elena, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, dentro de su área de influencia esta una población de 4 millones de personas [6].

Las siete subcuencas que dan forma a la Cuenca del Río Guayas, hacia el río Daule confluyen los ríos Peripa, Puca, Pula, Pedro Carbo y otros arroyos, su caudal promedio máximo esta aproximadamente por los 1000 m³/s y el

promedio mínimo sobre los 100 m³/s. El río es de leve pendiente, del orden del 0,2% al 0,05%, por lo que la influencia de la marea llega a unos 70 km. aguas arriba de Guayaquil hasta el sitio conocido como la Capilla. En época de lluvias la corriente del río se dirige hacia el río Guayas, pero en estación seca en la cual algunos tributarios prácticamente tienen cero de aportación al río Daule, la corriente se invierte en marea alta[3].

1.3. Población relacionada al río Daule

El río Daule es un recurso muy importante la región que comprende la cuenca del río Guayas, el país, y para las ciudades que se encuentran en sus márgenes: Pichincha, Balzar, Colimes, Daule, Palestina, Santa Lucía, Daule, Nobol, y para la ciudad de Guayaquil, como para otros centros urbanos más pequeños. La población total de los cantones indicados supera los 376.949 habitantes que se indica en la tabla No 6, sin considerar la ciudad de Guayaquil que tiene una población de 2.350.915 habitantes (INEC), que de manera directa dependen de la cantidad y calidad de sus aguas que representa el recurso hídrico de la Cuenca del Guayas, que en total dan una población aproximada del 30% del Ecuador [3].

Algunas de las poblaciones antes indicadas que se encuentran en las riberas del Daule, utilizan el recurso agua de varias formas, para consumo humano (directo sin potabilización) y uso doméstico, como recreación, para uso agrícola, pecuario y transporte, impactando la calidad de éste recurso hídrico, en la legislación del Ecuador están establecidos los requisitos de calidad para cada uno de estos [7].

1.4. Objetivos.

1.4.1 Objetivo General

El objetivo principal del presente trabajo es la generación de información válida para la toma de decisiones, referente al manejo del recurso hídrico del río Daule, este reviste de especial importancia debido a que es el más importante aporte de agua potable para la ciudad de Guayaquil, y caracterizar adecuadamente y saber el estado de polución en el que se encuentra es de vital importancia para toda la población de Guayaquil y sus alrededores

1.4.2 Objetivos Específicos

Caracterización fisicoquímica del recurso hídrico del río Daule in-situ

Caracterización fisicoquímica de los parámetros del recurso hídrico del río Daule en laboratorio.

Determinar las principales causas del estado de polución del recurso hídrico del río Daule



CAPITULO 2

2.1 METODOLOGÍA DEL DISEÑO

Algunos ríos de Ecuador se encuentran contaminados, las causas de la contaminación son diversas como: actividad minera, explotación hidrocarburífera, utilización de variados productos agroquímicos en la agricultura, desechos industriales, por aguas residuales urbanas e industriales no tratadas siendo esta una de las principales fuentes, otra fuente resulta la inadecuada disposición de residuos sólidos, y de los lixiviados en los botaderos de basura[8].

Para el presente estudio de los recursos hídricos del río Daule, se ha planteado la metodología de trabajo de campo tomando muestras compuestas del río Daule en 35 puntos comprendidos entre el cantón Santa Lucía y el sector de Puente Lucía, la jornada de muestreo se efectuó el día 16 de Diciembre del 2016, registrando los parámetros de arranque y muestreo en el cantón Santa Lucía y recorriendo aguas abajo hasta el sector de Puente Lucía en un recorrido aproximado de 75 Km, luego de esto se procedió al análisis de los parámetros que se describen posteriormente en el laboratorio de Espectrometría del Departamento de Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.





Imagen 1. Esquema del área de estudio y monitoreo [3]

PUNTO N°	COORDENADAS UTM (Zona: 17, Hemisferio: Sur)	
	Oeste (X)	Sur (Y)
46	612419	9810700
47	613089	9809657
48	611847	9808680
49	610422	9807225
50	608854	9807350
51	608721	9805726
52	610312	9805047
53	608821	9804283
54	609550	9802816

55	608752	9802031
56	608630	9800682
57	609805	9801623
58	609864	9800580
59	610298	9800266
60	611637	9799730
61	611222	9797843
62	612148	9796667
63	610757	9795790
64	610944	9794604
65	612737	9794911
66	612839	9793970
67	610987	9793461
68	611083	9792126
69	611682	9790252
70	610976	9789146
71	612416	9789157
72	610564	9788268
73	611050	9787309
74	610502	9785811
75	610880	9784723
76	611422	9782858
77	610574	9781905
78	611758	9782104
79	612784	9782550
80	612883	9780862

Tabla 1. Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo

2.2 Métodos de Análisis de Aguas

La realización de los análisis fisicoquímicos se llevó a efecto en dos sesiones distintas, en primer lugar la caracterización de parámetros in-situ, tales como: temperatura, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto. Y aquellos ensayos que requieren de otros equipos y preparación, fueron ejecutados en el Laboratorio de espectrometría de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

2.2.1. Caracterización de parámetros físico-químicos in-situ

Los parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, fueron determinados in situ, para que los valores determinados sean un referente adecuado de la muestra. Para la determinación de los parámetros in situ se utilizó la sonda multiparamétrica Orión 5 Star de la marca Thermo Scientific, la cual se introdujo a un metro de profundidad aproximadamente y determina de manera simultánea los parámetros: temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad, después de las determinaciones la sonda es lavada con agua destilada. Previo a la determinación de los parámetros indicados fue necesario que el equipo este calibrado de acuerdo al procedimiento interno de calibración. En la tabla No 2, se indican los parámetros determinados

Parámetro	Equipo
Temperatura	Orión 5 Star
pH	Orión 5 Star
Oxígeno disuelto	Orión 5 Star
Conductividad	Orión 5 Star

Tabla 2. Parámetros determinados in situ.

2.2.2. caracterización físico-química en laboratorio

Los parámetros de caracterización físico-química de las muestras de agua de las diferentes puntos de monitoreo fueron determinados mediante la aplicación de los Métodos Normalizados APHA-AWWA-WPCF que se describen en la Tabla No 3.

Parámetro	Unidad	Método Analítico
Turbiedad	UNT	APHA 2130-B
Sólidos Disueltos	mg/L	APHA 2540-C
Sólidos Totales	mg/L	APHA 2540-B
Sólidos Suspendidos	mg/L	APHA 2540-B-D

Tabla 3. Métodos normalizados aplicados en la determinación de parámetros físico-químicos

2.2.3. Caracterización de iones metálicos mayoritarios.

La composición de la mayoría de las aguas superficiales, es producto de la interacción del agua con las rocas que se encuentran en la superficie terrestre. El origen de los constituyentes mayoritarios metálicos disueltos en el agua, está controlado por numerosas variables: químicas geológicas, climáticas y biológicas y puede verse alterada por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales, principalmente.

Entre los cationes mayoritarios determinados están: calcio, magnesio, sodio y potasio, la presencia de estos iones fue determinada mediante absorción atómica a la llama, cuyo procedimiento consta en el Anexo.

2.3. Hidroquímica

Las aguas superficiales y entre ellas las aguas de los ríos, son sistemas dinámicos, complejos y frágiles que fluyen a lo largo de centenares de kilómetros, como es el caso del río Daule cuya longitud es de aproximadamente 260 km. La calidad de las aguas superficiales pueden variar de forma espacial y temporal en función de procesos interrelacionados como: morfológicos, hidrológicos, físico-químicos, biogeoquímicos y sedimentológicos naturales [9], así como del clima y las precipitaciones, que determinan las condiciones químicas de sus aguas y son fuente de variedad de materiales disueltos y partículas. Adicionalmente a los factores antes indicados hay que considerar la actividad antropogénica [10] que es capaz de aportar grandes cantidades de compuestos químicos contaminantes a través de actividades como, minería, deforestación, urbanización, desarrollo agrícola, uso de pesticidas, construcción de carreteras, obras hidroeléctricas, drenaje del suelo, vertidos domésticos e industriales, los cuales modifican de manera sustancial la química natural del agua.

Temperatura

Los sistemas hídricos superficiales presentan diariamente fluctuaciones de la temperatura debido a factores como: profundidad del cauce, caudal, temperatura del ambiente, hora del día y también fluctuaciones anuales relacionadas a las época seca o de lluvias [11] La temperatura en las aguas es un parámetro importante por su efecto en otras propiedades tanto físicas como químicas, ya que un incremento de ella acelera las reacciones químicas, incrementa la solubilidad de algunas sustancias lo que dará lugar al incremento de sólidos disueltos, reduciendo la solubilidad de los gases, y la actividad biológica también se ve incrementada.

Potencial de hidrógeno

Uno de los parámetros que determinan la calidad química del agua es el pH, las aguas naturales contienen una serie de ácidos y bases débiles que controlan la actividad del ion hidrógeno el mismo que se expresa como pH. Las especies más abundante son el carbonato y bicarbonato, iones que se originan principalmente de la disolución de rocas carbonatadas, cambio atmosférico de CO₂, y de la respiración de los organismos acuáticos [12], el pH determina la concentración relativa de las especies de los sistemas ácido-base, tales como amoníaco-amonio y de carbono-bicarbonato-carbonato y dióxido carbónico [13]. El pH es un importante parámetro del cual dependen gran número de procesos que tienen lugar en las aguas naturales y es probablemente el único parámetro químico que de manera significativa puede influir en la especiación de metales, el pH permite a los organismos vivos crecer y multiplicarse cuando se mantiene constante. Valores altos o bajos de pH pueden romper el balance de los químicos del agua y movilizar los contaminantes. Bajos niveles de pH incrementan la solubilidad de metales como: hierro, cobre, zinc níquel, plomo y cadmio, mientras que el vanadio y el mercurio tienden a ser más solubles en condiciones menos ácidas.

Conductividad.

La conductividad eléctrica es una propiedad que nos indica la calidad del agua [14] y un importante parámetro de la línea base de los estudios de aguas de ríos, lagos y lagunas. La conductividad está relacionada con la concentración de las sales en disolución, y los iones comúnmente cuantificados como Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, constituyen esencialmente la salinidad iónica total de la mayoría de las aguas dulces [15].

Oxígeno disuelto.

Es un indicador de cuan contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal, El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno del aire que se encuentra disuelto en el agua, cuyas concentraciones típicamente están en el intervalo de 5 a 15 mg.L-1, su concentración también está influenciada por el movimiento de las aguas del río, temperatura, y factores como la salinidad, altura. La concentración de oxígeno en el agua refleja la disolución atmosférica, así como los procesos de autótrofos y heterótrofos que producen y consumen oxígeno, respectivamente [16]. Bajos niveles de oxígeno disuelto se dan por efectos de vertidos con carga orgánica, como de depuradoras, materia animal y vegetal muerta, ya que las bacterias requieren oxígeno para descomponer la materia orgánica y por lo tanto disminuyen el oxígeno del agua.

Sólidos suspendidos

Es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que produce en el agua la turbidez y pueden durar décadas en sedimentarse ya que contienen arcillas las cuales son de carga negativa y se pueden enlazar con diversos cationes que pueden cambiar las características del agua entre ellas las bacteriológicas.

Sólidos totales

El contenido total de materia sólida contenida en el agua constituye los sólidos totales, comprendiendo los sólidos tanto orgánicos como inorgánicos; su valor queda definido por toda la materia que permanece como residuo de evaporación a 105°C, y corresponden a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina a 103–105°C.

Turbidez

La turbiedad es una medida de la carencia de claridad o transparencia del agua y es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra) finamente dividida, y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. En los sistemas acuáticos las partículas suspendidas disminuyen la actividad fotosintética debido a la dispersión de la luz y absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua.

No hay valores referenciales de turbidez de basados en efectos sobre la salud, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 NTU para que la desinfección sea eficaz, [17], ya que las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias.

2.4. Indicadores de calidad sanitaria del agua

La calidad del agua, ya sea que se utilice para fines potable, industrial, de riego o de recreación, es importante para la salud en los países del mundo en desarrollo y desarrollados. La calidad del agua puede tener un impacto importante en la salud, reconociendo esto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha desarrollado una serie de normativas "directrices" que presentan una evaluación fundamentada de los riesgos para la salud asociados con la exposición a riesgos para la salud a través del agua [18]. Según la UNICEF a nivel mundial, cada año se dan unos 4.000 millones de casos de diarrea y 1,8 millones de personas mueren a causa de esta enfermedad, y en el 90 por ciento de los casos son niños menores de 5 años [19], por esta razón en países con alto índice de desarrollo existen estrictas regulaciones, así en Los Países bajos, las regulaciones relacionadas al agua

potable son estrictas, uno de ellos para que el agua potable sea microbiológicamente segura, se fija en menos de una infección por cada 10.000 personas por año [20], en América Latina debido a las deficiencias de los sistemas de provisión de agua, varias son las enfermedades que se transmiten, uno de ellos es el síndrome diarreico agudo que es una causa importante de morbilidad y mortalidad en niños, estimándose una incidencia en América Latina de 2,7 episodios diarreicos por año durante los dos primeros años de vida [21], en los países desarrollados varía de 0,75 a 1 episodio de diarrea por persona por año. En caso del Ecuador la deshidratación por diarrea es una de las principales causas directas de muerte en niños menores de 5 años, de acuerdo de datos del INEC la primera causa de atención en los establecimientos hospitalarios durante el año 2006 fueron la diarrea y la gastroenteritis de presunto origen infeccioso, con una tasa de 25,6 por cada 10.000 habitantes (Perfil de los sistemas de salud-Ecuador; Monitoreo y análisis de los procesos de Cambio y Reforma, Organización Panamericana de la Salud) [3]

2.5. Legislación aplicable al recurso hídrico del río Daule

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos, para lo cual en el 2008, creó la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), con el objetivo de conducir y regir los procesos de gestión de manera integrada y sustentable en los ámbitos de las cuencas hidrográficas.

Dentro de la estructura de la SENAGUA, están las Agencias del Agua, que son órganos territoriales que tiene a su cargo los procedimientos administrativos y judiciales en primera instancia, en temas referentes a: Derechos de aprovechamientos de agua, servidumbres, organización de

usuarios, autorizaciones de explotación de aguas subterráneas, construcción de obras de infraestructura, elaboración de informes para concesiones de explotación minera entre otras.

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: recurso Agua, que se encuentra en el Libro VI-Anexo 1, dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional que determina lo siguiente:

Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.

Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,

Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional se encuentran en la tabla No. 55 en el Anexo 6.



CAPITULO 3

RESULTADOS.

3.1.Resultados de parámetros físico-químicos en campo

Los resultados se presentan mediante el uso de gráficos que ayudan a visualizar de una mejor manera los mismos, y poder observar como estos varían de manera temporal y espacial.

A su vez los resultados de las muestras de aguas se los dividió en parámetros físico-químicos in situ y de laboratorio para poder realizar su caracterización hidroquímica.

3.1.1. Temperatura

La temperatura de las aguas superficiales se obtiene en función de algunos Factores tales como época del año, ubicación del sitio de muestreo, caudal, horas del día. Los datos de temperatura registrados en las aguas del río Daule, están en relación a las variaciones de temperatura del medioambiente, y son valores que están dentro de lo esperados, como son las condiciones del clima de la región.

La temperatura se registró entre el rango de 27C y 29C, para el muestreo del 16 de Diciembre del 2015 para los puntos de muestreo analizados, se aprecia un ligero incremento de la temperatura del agua desde el punto ubicado en el cantón Santa Lucía hasta el sector Puente Lucía, debido a la incidencia solar al momento de la toma de muestras.



3.1.2. Potencial de hidrógeno

Los valores de pH obtenidos, para el primer muestreo se presentan en la gráfica 3.1, en la que se aprecia que las mediciones de pH indican la tendencia de un leve incremento a lo largo del tramo del estudio pero encontrándose dentro del rango comprendido entre un mínimo de 6 y un máximo de 8.

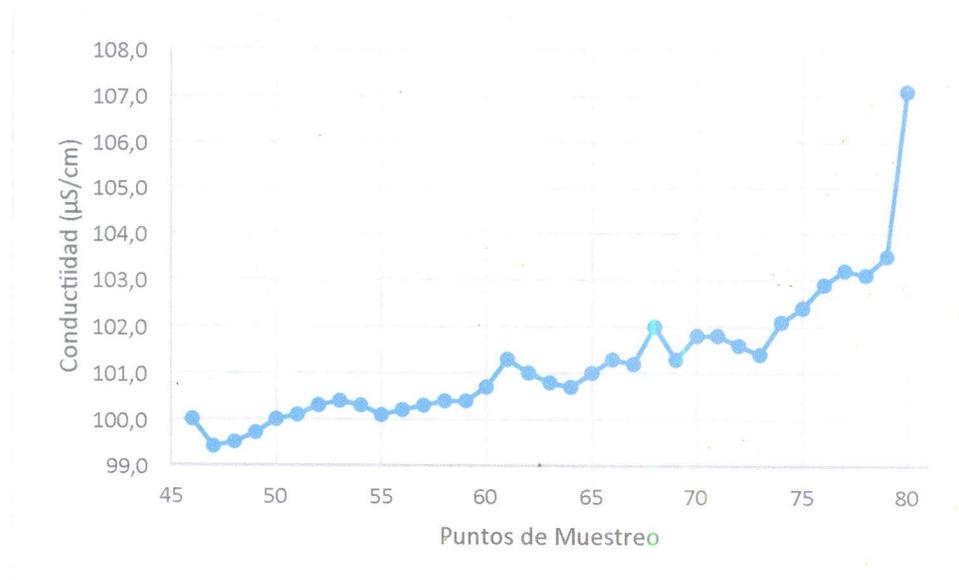


Gráfico 1. Variación del pH con respecto a la trayectoria de muestreo

3.1.3 Conductividad

La conductividad eléctrica es la medida en que las aguas se encuentran mineralizadas e indica la carga iónica que contienen, es resultado del tipo de terreno que atraviesa, y del aporte que las actividades antrópicas que se descargan a orillas del río Daule.





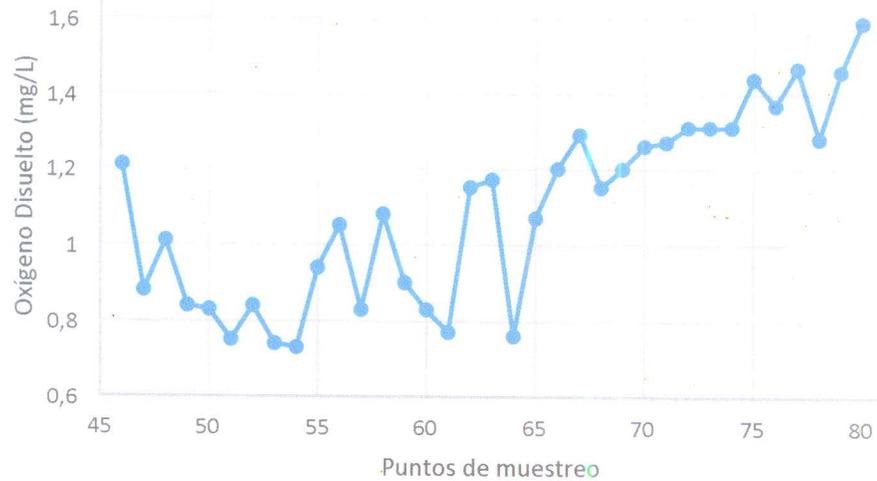
Gráfica 2 Variación de la Conductividad con respecto a la trayectoria del monitoreo

3.1.4. Oxígeno disuelto

Las aguas superficiales que no presenten contaminación por lo general contiene concentraciones de oxígeno disuelto que van desde un mínimo de 6 hasta valores de 14 mg.O₂/L.

Los valores registrados a lo largo de la sesión de monitoreo se presentan a continuación.

Se observa una variación significativa del oxígeno disuelto conforme se avanza aguas abajo con respecto a los puntos de monitoreo, esto se debe principalmente a la cercanía de la intrusión marina del Océano Pacífico, lo que ocasiona mayor turbulencia, corriente y desplazamiento y por lo tanto un incremento en el registro de dichos valores.



Gráfica 3 Variación de O₂ disuelto con respecto a la trayectoria de monitoreo

3.1.5 Turbidez

La turbidez es una medida de la calidad del agua, que indica principalmente la cantidad de partículas en suspensión que se encuentran en un cuerpo hídrico, dicha cantidad se puede ver influenciada principalmente por la erosión de suelos, la estacionalidad de lluvias, de igual forma por las descargas de aguas urbanas y residuales de procesos.

En el grafico se aprecia un incremento significativo de la turbidez, conforme se avanza aguas abajo en el muestreo, es decir conforme se aproxima a las zonas más pobladas y de mayor descarga de efluentes, esto también se debe a la mayor turbulencia que se registra conforme se avanza hacia la intrusión y descarga con el Océano Pacífico.

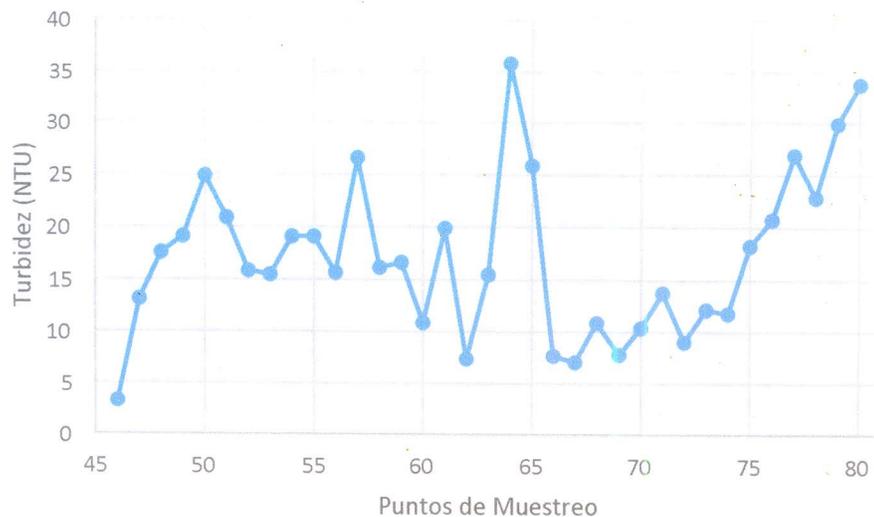


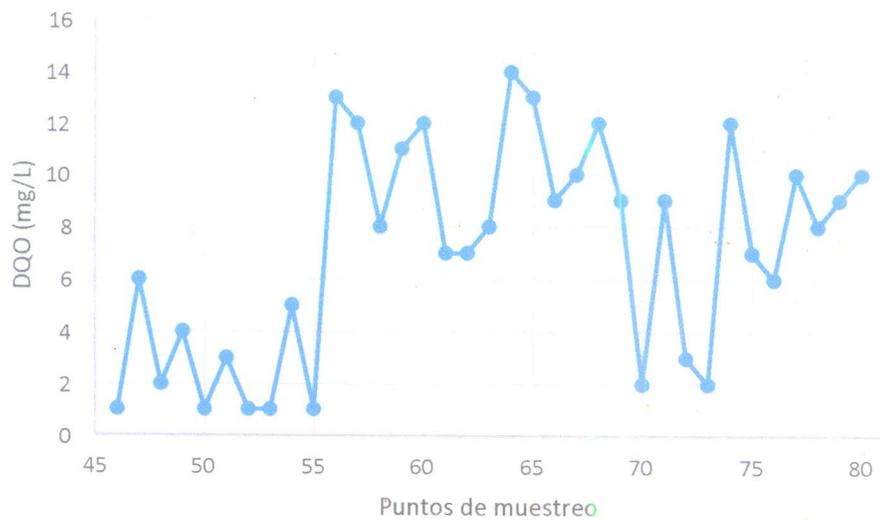
Grafico 3.4 Variación de la Turbidez con respecto a la trayectoria del monitoreo

3.3. Parámetros físico-químicos obtenidos en laboratorio

3.3.1. Demanda Química de Oxígeno

La Demanda Química de Oxígeno, es un parámetro que permite cuantificar la cantidad de sustancias que pueden ser degradadas por medios químicos, además de permitir cualificar la calidad de un recurso hídrico y su grado de contaminación y polución ambiental.

En la gráfica de Demanda Química de Oxígeno, se observa la variación de incremento con respecto a los puntos en los que se pudo detectar mayor actividad agrícola y mayores descargas de aguas residuales urbanas al lecho del río Daule, la tendencia es al incremento con respecto a la cercanía a la confluencia con el río Babahoyo y la formación del río Guayas.



Grafica 5 Variación de la DQO con respecto a la trayectoria del monitoreo

3.3.2. Sólidos Suspendidos, disueltos y **totales**

Otro parámetro de caracterización de un recurso hídrico es la cantidad de sólidos suspendidos, esto es la cantidad de materia no filtrable y es una medida del grado de contaminación que presenta un cuerpo hídrico.

Los sólidos disueltos totales son los que comprenden la suma integradora de los minerales, sales, cationes y aniones e incluye cualquier otro elemento disuelto que no sea el agua pura.

Los ensayos efectuados presentan valores tendenciales al incremento en las zonas de mayor densidad poblacional y de mayor turbulencia, evidenciando que su incremento se debe a las actividades antropogénicas en primera

instancia y al incremento del gradiente de velocidad que arrastra de las riveras una mayor cantidad de partículas y sólidos.



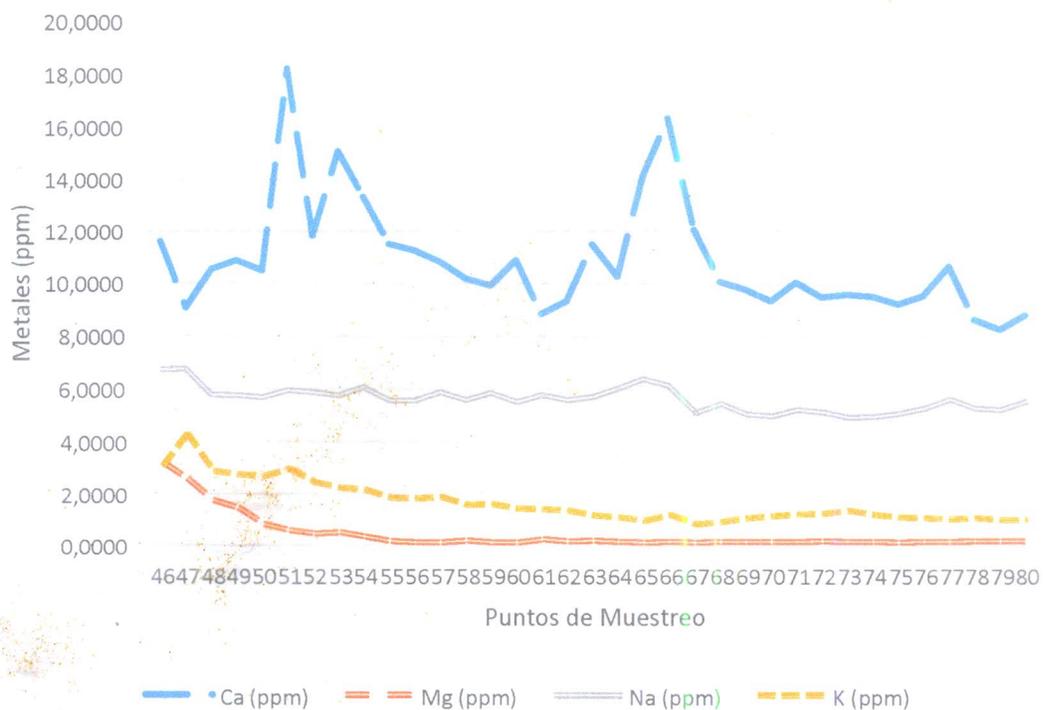
Gráfica 6 Variación de los sólidos suspendidos con respecto a la trayectoria de monitoreo



Gráfica 7 Variación de Sólidos totales con respecto a la trayectoria del monitoreo

3.3.3. Iones metálicos mayoritarios

Los iones metálicos como: calcio, magnesio, sodio y potasio, son considerados como cationes mayoritarios en las aguas de ríos. En la gráfica 8 se muestran los resultados del muestreo correspondiente al 16 de diciembre del 2015 en la que se observa, la tendencia de los iones Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} y K^+ , a incrementar sus niveles de concentración con respecto a la corriente aguas abajo y conforme se acercan a la confluencia del río Daule y el Babahoyo para formar el río Guayas.



Gráfica 8 Variación de la concentración de iones metálicos mayoritarios con respecto a la trayectoria de monitoreo (aguas abajo)



CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo, pretende solventar el vacío bibliográfico existente sobre la presencia de contaminantes y el estado de polución en el que se encuentra el río Daule, la problemática principal que se detecta es la descarga de aguas residuales domésticas, y las actividades agrícolas asociadas al desarrollo agropecuario de la cuenca del río Daule.

Se han efectuado aproximadamente 600 ensayos analíticos en 35 puntos de muestreo y caracterización fisicoquímica para el presente trabajo, en el tramo comprendido entre el cantón Santa Lucía y el sector de Puente Lucía en un recorrido aproximado de 70 Km.

Se ha comparado los resultados obtenidos con lo que establece la legislación ambiental ecuatoriana especificada en Libro VI anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente.

De lo expuesto anteriormente se puede concluir:

- En lo referente a pH, existen valores cercanos y menores a 6 en los puntos de muestreo de Nobol y Daule, referente a lo mínimo que establece la legislación ambiental vigente, esto se estima que es por la presencia elevada de materia orgánica en dichos puntos.
- Los valores referentes a conductividad eléctrica del presente muestreo indican que son bajos, lo que podemos inferir sobre la mineralización de las aguas del río Daule se encuentra en un rango de débil y muy débil.

- En el 99% de las mediciones efectuadas el oxígeno disuelto se encuentra muy por debajo de los 6mg.O₂ /L que se encuentra especificado en la legislación ambiental del Ecuador, estos bajos niveles de oxígeno disuelto detectados se deben principalmente a la contaminación excesiva de aguas residuales sobre el cuerpo hídrico del río Daule. En algunos puntos se registran valores inferiores a 1 mg.O₂ /L niveles que afectan significativamente la flora y fauna.
- Al efectuar la caracterización fisicoquímica de las aguas del río Daule, y revisar los parámetros fisicoquímicos obtenidos tales como salinidad, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos, cuantificación de iones metálicos mayoritarios se puede inferir que el agua del río Daule es óptima para procesos de potabilización, pero se debe enfatizar en la eliminación de la carga contaminante por materia orgánica proveniente de las actividades antropogénicas de las poblaciones asentadas en sus riveras.

1.1. Recomendaciones

- Se sugiere ampliar y complementar la investigación al estudio de sedimento del río Daule, a estos contaminantes: bifenilos policlorados (PCB's), hidrocarburos totales de petróleo (TPH), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), y entre otros.
- Difundir los resultados del presente estudio a la comunidad científica por medio de la revista de ESPOL, la comunidad de

universidades, al Ministerio del Ambiente y a los municipios localizados en las riveras del rio Daule.

- Difundir los resultados a la Secretaria Nacional del Agua, para proporcionar información a la Subsecretaria de Gestión Marino Costera el estado y las condiciones para un manejo adecuado del grado de polución del rio Daule.
- Desarrollar investigaciones y monitoreos sucesivos, con el fin de elaborar el diseño de equipos de monitoreo permanente y la estimación de costos de la inversión necesaria.
- Se recomienda a los organismos de control involucrados, exigir la aplicación de la Legislación actual, en cuanto al manejo del agua potable y de aguas residuales y servidas, estas deben recibir un tratamiento adecuado antes de ser vertidas al rio, el diseño y construcción de plantas de tratamiento de agua residuales es mandatorio.



ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Informe sobre desarrollo 2006, capítulo 4 escasez de agua y vulnerabilidad; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2006) 1-45.
- [2] Y.A. Shiklomanov, and J.C. Rodda, World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, Published by the press of the Syndicate of the University of Cambridge; UNESCO (2003) 4-120.
- [3] Huayamave Justo (2013) Estudio de las aguas y sedimentos del río Daule, en la Provincia del Guayas, desde el punto de vista físico químico, orgánico, bacteriológico y toxicológico. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - Departamento de Ingeniería de Procesos.
- [4] N. Burbano, S. Becerra, E. Pasquel, Introducción a la Hidrogeología del Ecuador- Caracterización hidrológica de la cuenca del río Guayas; INAMHI 2009.
- [5] Revista Universidad de Guayaquil, 5 (1967) 26-27.
- [6] J. A. Torres Constante, Prefectura del Guayas-Dirección de Medio Ambiente Fortalecimiento de la institucionalidad para la Gestión Integrada de la Subcuenca del Río Daule, (2012) 1-4.
- [7] Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TUSLMA)-Norma Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua del Ministerio del Ambiente 2003.

[8] A. Linck, N. Weemaels, Hacia una Agenda Sudamericana del Agua; Friedrich Ebert Stiftung, FES-ILDIS (2010) 30-31.

[9] A.R. Ovalle, C.F. Silva, C.E. Rezende, C.E.N. Gatts, M.S. Suzuki, R.O. Figueiredo, Long-term trends in hydrochemistry in the Paraíba do Sul River, southeastern Brazil, Journal of Hydrology 481 (2013) 191-203.

[10] M. Wit, and G. Bendoricchio, Nutrient fluxes in the Po basin, Sci. Total Environ. 273 (2001) 147-161.

[11] M. Toro, S. Robles, J. Avilés, C. Nuño, Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. Limnetica 21(3-4) (2002) 63-75.

[12] S. Rose, The effects of urbanization on the hydrochemistry of base flow within the Chattahoochee River Basin (Georgia, USA), Journal of Hydrology 341 (2007) 42-54.

[13] R.H. Piedrahita, Calculation of pH in Fresh and Sea Water Aquaculture Systems, Aquacultural Engineering, V 14-4 (1995) 331-346.

[14] R. Blaine McCleskey, D. Kirk Nordstrom, Joe N. Ryan, Electrical conductivity method for natural waters, *Applied Geochemistry* 26 (2011) S227-S229.

[15] G.M. Zinabu, Lauren J. Chapman, C.A. Chapman, Conductivity as a predictor of a total cations and salinity in Ethiopian lakes and rivers: revisiting earlier models, *Limnologica* 32 (2002) 21-26.

[16] S. Muangkaew, I.D. McKelvie, M.R. Grace, M. Rayanakorn, K. Grudpan, J. Jakmunee, D. Nacapricha, A reverse-flow injection analysis method for the determination of dissolved oxygen in fresh and marine waters, *Talanta* 58 (2002) 1285-1291.

[17] Y.C. Lai, Y.T. Tu, C.P. Yang b, R.Y. Surampalli, C.M. Kao, Development of a water quality modeling system for river pollution index and suspended solid loading evaluation, *Journal of Hydrology* 478 (2013) 89-101.

[18] A. Wales and J. Bartram, *Water Quality; Guidelines, Standards and Health*, (OMS) Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease, Edited by Lorna Fewtrell Centre for Research into Environment and Health, World Health Organization, Geneva, Switzerland (2001).

[19] Enfermedades comunes relacionadas con el agua y el saneamiento. http://www.unicef.org/spanish/wash/index_wes_related.html

[20] J.F. Schijven, P.F.M. Teunis, S.A. Rutjes, M. Bouwknecht, A.M. de Roda,
QMRAspot: A tool for Quantitative Microbial Risk Assessment from surface
water to potable water Husman; water research 45 (2011)

[21] Comité de Microbiología Clínica Sociedad Chilena de Infectología,
Laboratorio de Referencia de Bacteriología, Instituto de Salud Pública,
Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Medicina, Universidad de
Chile, Síndrome diarreico agudo: Recomendaciones para el diagnóstico
microbiológico, rev. chil. Infectol 19-2 (2002) 1-7.

