

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARTES LIBERALES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL
RÍO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD
DE PIÑAS.

TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO PREVIO A
OPTAR EL GRADO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL.

LISETH CORALÍA CHAPA SOTO.

Tutor: RENÉ OSCAR RODRÍGUEZ, M.SC.

SAMBORONDÓN, OCTUBRE 2014

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Resumen

Uno de los principales problemas ambientales en el Ecuador es el desconocimiento sobre la calidad físico-química y microbiológica de los recursos hídricos, sabiendo que ellos contribuyen a la productividad económica y al bienestar de la sociedad. En el presente estudio se determinó la calidad físico-química del río Piñas en el sector del predio urbano a través del Índice de Calidad de Aguas (ICA) realizándose tres campañas de muestreo durante los meses de abril, julio y octubre del 2014 mediante el establecimiento de 4 puntos a lo largo de 6183 m de curso fluvial. Como resultado del muestreo se pudo conocer que el ICA del río en el primer punto fue de 80 lo que le atribuyó una calidad buena; mientras que en los puntos 2, 3 y 4 se obtuvieron valores de 68, 56 y 59 respectivamente confiriéndoseles una calidad regular, a partir de ello se concluyó que la principal fuente de contaminación era microbiológica, producto de las aguas residuales generadas por la población piñasience.

Palabras claves: *Contaminación del agua, Índice de Calidad de Aguas (ICA), cuerpos de agua dulce.*

Abstract

One of the main environmental problems in Ecuador is the lack of awareness towards the quality of hydraulic resources knowing that they contribute to the economic productivity and welfare of society. In the following study, the hydraulic quality of Rio Piñas in its urban sector was determined using the Water Quality Index (WQI) established by Brown. It was executed using three sampling campaigns during the months of April, July, October, where 4 points were established along 6183m of watercourse. As a result of the sampling it was understandable that the WQI of the river in the first point was 80, which attributed to

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

good water quality, while in points 2,3,and 4 the values obtained were 68, 56, y 59 respectively representing regular water quality. From this it could be concluded that the principal source of contamination was microbiological, a product of the residual waters generated by the locals in Piñas.

Key words: *Water contamination, Water Quality Index, Bodies of fresh water.*

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

1. Introducción

La actividad antropogénica ha provocado modificaciones de las que por mucho tiempo se ha ignorado su efecto. Los productos científicos e industriales constituyen una cadena de aciertos y errores que la sociedad padece y disfruta sin conciencia de ello. Actualmente, la contaminación de los cuerpos hídricos es un problema latente y trascendental influenciado por la degradación paulatina y los problemas de salud ecosistémica y humana según su uso particular (Martínes, 2002).

Ecuador no es ajeno a esta situación, Encalada (1989) manifiesta que la contaminación de los ríos es tal vez uno de los más graves problemas ambientales, ya que los efectos que se están produciendo en varios procesos del ciclo vital del hombre y de los ecosistemas son significativos. En la ciudad de Piñas, esta afectación es evidente, ya que su principal cuerpo hídrico “río Piñas” es el receptor de las aguas domésticas e industriales generadas por la ciudadanía (Ríos, 2012).

Por lo antes expuesto, ha sido necesario disponer de mecanismos de gestión y control que contribuyan de manera eficiente y objetiva a la protección y uso sostenible de este recurso, creando herramientas como los índices de calidad que brindan una visión más precisa del estado ecológico y biológico de los sistemas dulce-acuícolas (Pérez & Rodríguez, 2008) uno de los más utilizados es el creado por Brown, *et al.* (1970) y la National Sanitation Foundation de los Estados Unidos (NSF), ya que es considerado una forma de agrupación de nueve variables con la capacidad para comunicar y evaluar dicha calidad (Carrillo & Villalobos, 2011)

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

El presente artículo tiene como propósito determinar la calidad hídrica del río Piñas en el sector del predio urbano a través del índice de calidad de aguas (ICA) de la NSF, a fin de proponer la utilización de este ICA en futuros monitoreos para la gestión sostenible del recurso “agua” en el tiempo.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

2. Fundamentación Teórica.

2.1. Calidad del agua.

La salud de los seres humanos, de la vida silvestre y de los ecosistemas dependen del suministro adecuado de agua limpia (CEC¹, 2013); sin embargo repercusiones como el cambio climático (inundaciones y sequías frecuentes y prolongadas) y el crecimiento en el número de fuentes de contaminación se añaden a los retos que deben ser confrontados por la calidad físico-química del cuerpo de agua del río Piñas.

El crecimiento demográfico y los cambios en las pautas de producción y consumo han conllevado la expansión de los procesos industriales, la minería, la agricultura y la urbanización provocando la liberación al ambiente de metales pesados, toxinas orgánicas e inorgánicas y elementos radioactivos (FAO², 2010).

La irrupción de las sustancias antes citadas, introducen alteraciones en los parámetros físico-químicos de los sistemas de aguas continentales, tales como: cambio en el contenido y composición de materia orgánica, gases disueltos y sales; variación en la temperatura, pH, color, turbidez e introducción de elementos que no formaban parte del hábitat de los organismos establecidos en estos sistemas (Barceló & López, 2012).

En el Ecuador, la contaminación a gran escala inició en el año de 1963 a partir de la reforma agraria y se afianzó con el auge petrolero desde la década del 70 (Maldonado, 2014). En la actualidad, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2012) el 91% de las empresas nacionales no realizan tratamiento alguno a sus aguas residuales,

¹ Commission for Environmental Cooperation

² Food and Agriculture Organization

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

enfaticando que las dedicadas a la explotación de minas y canteras (36%) son las que descargan mayores volúmenes de estas aguas a los ríos.

2.2 Influencia de las actividades humanas en la calidad de los ríos.

La disponibilidad y vulnerabilidad de los recursos hídricos dependen directamente de las actividades antropogénicas (Mendigucha, 2005). En la tabla 1 se muestran algunas de las fuentes antrópico-contaminantes.

Tabla 1: Origen, clasificación de las principales fuentes contaminantes y de los tipos de contaminación así como de las sustancias más características. Fuente (Mendigucha, 2005).

Tipo de fuente de contaminación	Origen de contaminación	Tipo de contaminación	Contaminante
Fuentes Puntuales	Aguas residuales - asentamientos humanos-	-Efluentes de aguas residuales. -Aguas pluviales. -Desechos sólidos.	Nutrientes, detergentes, demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos, cloruro, metales y orgánicos.
	Actividades Industriales	-Efluentes industriales	DBO, sólidos suspendidos, orgánicos, metales, pH, pesticidas, detergentes, sulfito.
	Minas / vertederos	-Efluentes en las aguas residuales. -Basura.	Orgánicos, metales, acidez, sólidos suspendidos
Fuente Difusa	Actividades agrícolas.	-Escorrentías con fertilizantes, plaguicidas y materia orgánica	Nitratos, microorganismos, sólidos suspendidos, sílice, DBO, amonio, fosfatos.

En la actualidad, buena parte de las redes hidrográficas se han convertido en depósitos de desechos y residuos generados por la ciudadanía. Las altas concentraciones de sólidos en suspensión junto con elevados contenidos de fósforo y nitrógeno, pueden generar

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

problemas de eutrofización. Los tratamientos convencionales de aguas residuales retiran la mayoría de patógenos, sólidos suspendidos y DBO, pero menos de la mitad de nitrógeno y fósforo (Laws, 2000); esto significa que por lo general las aguas residuales tratadas aún mantienen altos niveles de nutrientes que pueden afectar la calidad de los cuerpos hídricos en los que se descargan. Neal (2000) relacionó el aumento de las concentraciones de amonio y fósforo a lo largo del río Kennet con la entrada de aguas residuales; hipótesis que fue corroborada con la disminución de los valores de fósforo una vez que la planta de tratamiento adoptó un nuevo sistema para la retirada de este elemento en sus efluentes.

Por su parte el desarrollo industrial ha generado la producción y diseminación al ambiente de aproximadamente cien mil nuevas sustancias químicas, además cada año esta cifra se incrementa en mil nuevas sustancias (Green Peace, 2005). El principal problema es la gran variabilidad en las características de los efluentes dependiendo del tipo de industria que los genere (Mendigucha, 2005). Joao & Pereira (2002) relacionaron las altas concentraciones de algunos metales en las aguas fluviales de Minas Gerais con la existencia de industrias de procesamiento de caolinita. Así, las concentraciones de aluminio en los puntos de descarga de las industrias (303 mg/ml) llegaban a ser hasta 3020 veces superiores a los estándares ambientales brasileños.

La minería es considerada una de las actividades más contaminantes debido a la gran cantidad de residuos que se generan y a los elementos que los forman, estando compuesta principalmente de ácidos y metales tóxicos para los organismos bióticos. Además, aunque su origen suele estar localizado como fuente puntual, el efecto de la contaminación asociada a este tipo de actividad puede extenderse lejos de su fuente de origen

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

(Mendigucha, 2005). En este sentido Moore & Luoma (1990) clasifican la extracción de metales a gran escala en:

- 1) Residuos generados durante la explotación, la molienda y fundición, que son depositados cerca de la fuente de origen.
- 2) Efectos producidos en suelos, atmósfera, ríos, aguas subterráneas como consecuencia del transporte de contaminantes generados en el lugar de explotación a través de corrientes de aguas o de la atmósfera.
- 3) Removilización de contaminantes a muchos kilómetros de distancia de la fuente.

En la mina de cobre Mt Lyell en Queenstown cerrada en 1991 se produjeron más de cien millones de toneladas de escoria de fundición, así como cantidades desconocidas de drenaje ácido que fueron descargadas a través de los ríos King y Queen ocasionando bajos niveles de pH y elevados contenidos de material particulado y de metales pesados como el cobre (Featherstone & Grady, 2000)

Finalmente, y no menos importante es la actividad agrícola, ya que uno de sus efectos sobre la calidad hídrica se atribuye a la cantidad de sólidos que aporta a los cursos fluviales como consecuencia de la erosión del suelo que ocurre tras los periodos de lluvia. Estudios realizados en Estados Unidos indican que la cantidad de sólidos procedentes de las tierras agrícolas que llegan a los ríos supone más de diez veces los procedentes de escorrentías urbanas y de aguas residuales no tratadas; y unas veinte veces las derivadas de las tierras forestales (Laws, 2000). Así mismo, los contaminantes químicos de esta actividad proceden del uso de fertilizantes y pesticidas que con las nuevas prácticas intensivas se han usado masivamente en varios países. El aumento en el uso de fertilizantes con alto

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

contenido de nitrógeno y fósforo han generado problemas de eutrofización (Mendigucha, 2005). La agricultura también produce alteraciones en las concentraciones de metales pesados, son diversos los trabajos que describen la acumulación de trazas metálicas (Sañudo, 1999). En España, Linde & Sánchez (2005) han relacionado los altos contenidos de metales (cobre, plomo y cadmio) en aguas y sedimentos del río Piles con las actividades agrícolas de la zona.

2.3 Índices para evaluar calidad de agua.

Los índices de calidad del agua (ICA), son una metodología que generan información reproducible sobre los atributos hídricos así como una alternativa para dictaminar un cuerpo de agua sin la necesidad de recurrir a recopilaciones estadísticas de las tendencias: variable por variable y sitio por sitio (Pérez & Rodríguez, 2008).

Los ICA resumen y simplifican en un valor numérico, el cúmulo de información disponible sobre la calidad hídrica; estos facilitan el manejo de datos, evitan que las fluctuaciones en las mediciones invisibilicen las tendencias ambientales y permiten comunicar en forma simple y veraz la condición del agua para un uso deseado o efectuar comparaciones temporales y espaciales entre cuerpos de agua (Alberti & Parker, 1991).

Sin embargo también presentan desventajas como la pérdida de información respecto a las variables individuales y su interacción, la falta de ajuste a diferentes tipos de ecosistemas y la sensibilidad de los resultados a la forma en que el índice fue elaborado (ambigüedad, eclipsamiento y rigidez) (Swamee & Tyagi, 2007).

2.3.1 Antecedentes de los ICA.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Ott (1981) manifestó que los intentos por lograr construir un índice que permita calificar la calidad del agua tiene larga historia. Desde 1848 en Alemania, se realizaron intentos por relacionar la presencia de organismos biológicos específicos con la pureza del agua. En los últimos 130 años varios países de Europa han desarrollado y aplicado diferentes sistemas para clasificar la calidad hídrica.

Según Rojas & Zúñiga (2007) existen dos clasificaciones: 1) las que se basan en la cantidad de contaminación presente; y 2) las fundamentadas en la presencia o abundancia de comunidades vivas de organismos macro y microscópicos; en lugar de asignar un número que representará la calidad hídrica, estos sistemas de clasificación categorizaban los cuerpos de agua en una de varias clases o niveles.

Los índices que usan valores numéricos para asignar una gradación de la calidad en una escala prácticamente continua, son recientes empezando en 1965 con el índice de Horton. Su intención era disponer de un instrumento que permitiera evaluar de la manera más objetiva, la calidad hídrica en distintas oportunidades a fin de valorar la efectividad de programas de mejoramiento y recuperación; sin embargo aunque su aporte constituyó un avance de objetividad, el método presentó limitaciones, ya que, al combinar las componentes de las distintas variables seleccionadas se presentaba la subjetividad en la determinación de los pesos que ponderaban su importancia relativa (Rojas & Zuñiga, 2007). Brown, *et al.* (1970) auspiciados por la NSF, proponen un índice basado en la estructura del índice de Horton, conocido como (NSFWQI). Intentando disminuir la subjetividad, este índice fue basado en el método Delphi, que consistió en combinar la opinión de un gran conjunto de expertos, usando varios cuestionarios, buscando en forma interactiva realizar un consenso no solo en las variables que deberían incluirse, sino

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

también en las transformaciones para lograr llevar cada una de las variables a subíndices en una escala similar, que permitiera resolver la dificultad que representaba la heterogeneidad de las unidades de medida (Rojas & Zuñiga, 2007).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua, entre otras cosas, 1) permite la medición de los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, mediante una comparación de la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río; y 2) lo compara con la calidad de agua de diferentes ríos del mundo. Los resultados pueden determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (Romero, 2002)

Para determinar el NSFQI, intervienen 9 parámetros, estos son: cambio de temperatura, sólidos disueltos totales, turbiedad, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, nitratos y coliformes fecales. Este índice adopta para condiciones óptimas un valor máximo de cien, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del cuerpo hídrico (Yungán, 2010).

3. Materiales y métodos.

3.1 Área de estudio.

La presente investigación fue realizada en la zona urbana del río Piñas, cantón Piñas, provincia de El Oro. Este río nace al noroeste de la ciudad, en la vertiente interna de la cordillera La Garganta y conforma la parte alta de la cuenca hidrográfica Puyango Tumbes; el recorrido que realiza en dirección sur-oeste hasta su desembocadura en el punto Chiche (unión de los ríos Amarillos y Pindo) es de aproximadamente 20 kilómetros (Loayza,

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Loayza, & Rodas, 1996). En la tabla 2, se detalla la ubicación geográfica de cada punto con su respectiva altitud; mientras que en la figura 1, se ilustra el mapa del área de estudio.

Tabla 2: Ubicación geográfica y altitud de los puntos de muestreo del río Piñas en el sector del predio urbano.

Puntos	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Punto 1	79°42'30,53" W	03°40'0,63" S	1074
Punto 2	79°41'39,69" W	03°40'33,23" S	1042
Punto 3	79°40'27,23" W	03°41'23,04" S	914
Punto 4	79°39'58,56" W	03°41'59,76" S	879

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

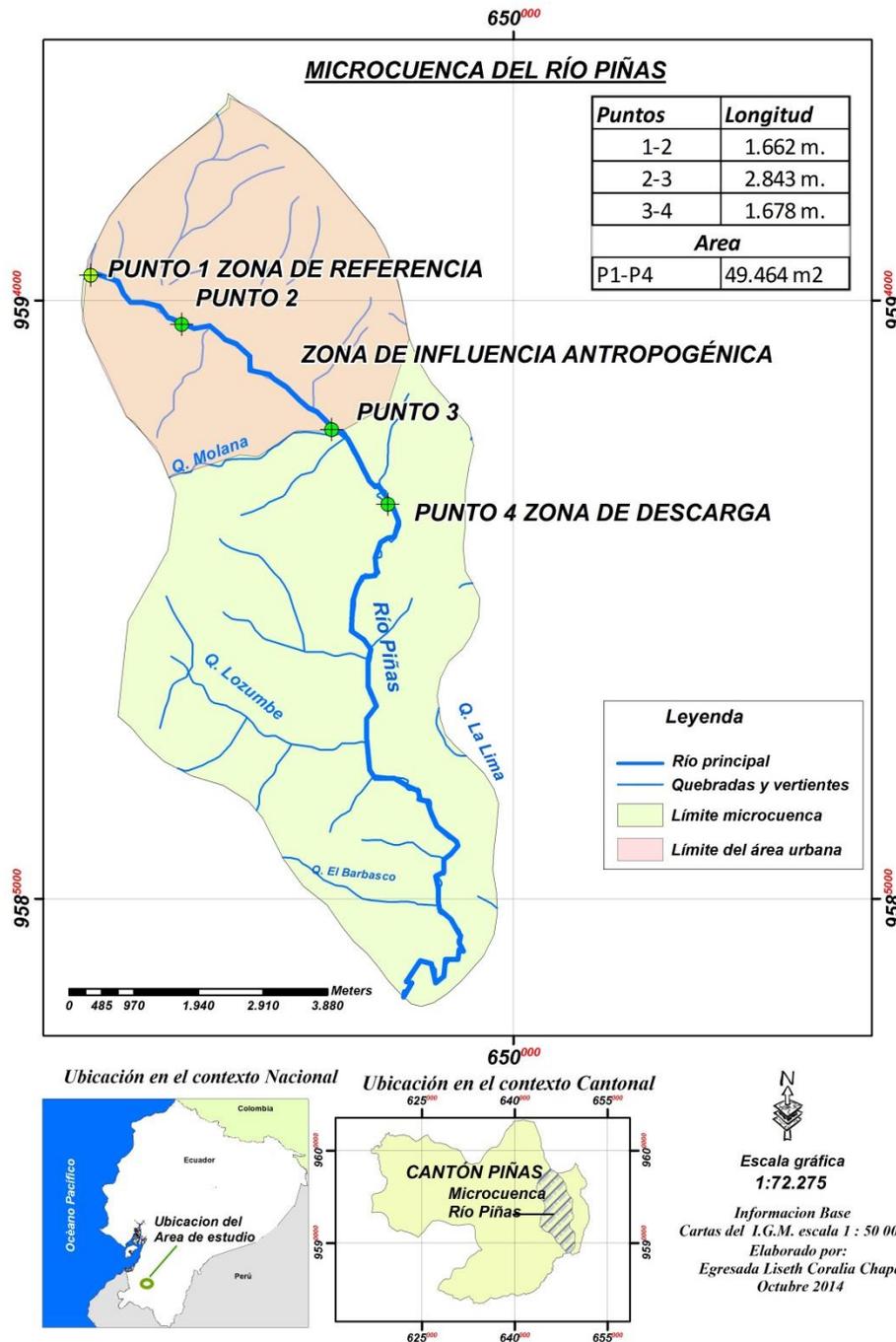


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el contexto tanto nacional como cantonal y determinación de los puntos de muestreo, distancia entre ellos y superficie total del río Piñas dentro de su microcuenca.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

3.2 Muestreo.

Se definieron cuatro puntos basados en el “Protocolo de Muestreo de Calidad del Agua en el Recurso Hídrico Superficial de la Secretaria del Agua” en el que se menciona que la selectividad debe desarrollarse en función de tres zonas, capaces de evaluar el traslado de concentraciones físicas, químicas y microbiológicas a lo largo del área de estudio (Reina & Guzmán, 2012).

El punto 1 donde nace el río fue definido como la zona referencial; los puntos 2 y 3 se seleccionaron como las zonas de influencia en función de las actividades antropogénicas; en tanto que el punto 4 ubicado al final del área de estudio (en el límite del predio urbano) se definió como la zona de descarga.

Previo al muestreo del río Piñas, se realizó una inspección con la finalidad de definir y georeferenciar los puntos que conformarían el área de estudio. Posterior se realizaron tres campañas de muestreo durante los meses de abril, julio y octubre del 2014; el horario durante el cual se colectaron las muestras, coincidieron con el inicio y término de las actividades humanas que de alguna manera compromete el uso del agua del río en la zona urbana. En la tabla 3 se presenta detalladamente el programa de muestreo.

Tabla 3. Programa para el muestreo del río Piñas durante las campañas de abril, julio y octubre del 2014, detallando la fecha y horarios de colecta de muestras.

Fase	Campaña	Fecha	Muestreos	Horarios
Muestreo	Campaña I	27 de abril 21014	Tarde	12H20-14H30
			Mañana	07H00- 09H00
	Campaña II	18 de julio 2014	Tarde	16H30- 18H45
			Mañana	07H30-08H10
			Medio	12H00-14H30
	Campaña III	1 de octubre 2014	Tarde	17H00-18H45

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

	Mañana	07H00- 08H55
3 de octubre 2014	Medio	12H45-14H25
	Tarde	17H00-18H55

Las muestras fueron colectadas según los lineamientos estandarizados y homogenizados en el “Protocolo de Muestreo de Calidad del Agua en el Recurso Hídrico Superficial de la Secretaría del Agua”. Las especificaciones técnicas para cada uno de los parámetros se resumen en el anexo 2.

Se midieron 11 variables en función tanto a la fórmula para el cálculo del NSFQI sugerido por Brown, *et al.* (1970 como a la normativa ambiental establecida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TUSLMA) específicamente del libro VI, Anexo I, Tabla 9 “Calidad para aguas destinadas a fines recreativos”. Estas variables fueron:

- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$),
- Sólidos disueltos totales (mg/l),
- Sólidos suspendidos totales (mg/l),
- Sólidos totales (mg/l),
- Turbiedad (UFC),
- Oxígeno Disuelto (OD) (mg/l),
- pH (pH),
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (mg/l),
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l),
- Fosfatos (mgP/l)

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

- Nitratos (mgN/l),
- Coliformes fecales (NMP/ 100ml).

El procesamiento de las muestras de agua se efectuó entre el Laboratorio de Saneamiento de la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca (ETAPA) y el de Control de Calidad de Agua del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Piñas (GADM Piñas) cuyos métodos analíticos se presentan en el anexo 4.

El índice de calidad propuesto por Brown, *et al.* (1970), fue estimado a partir de la fórmula:

$$WQI = \prod_{i=1}^n S_i^{w_i}$$

Dónde:

W_i : son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma, que la sumatoria sea igual a la unidad.

$S_i = q_i$: Es la calidad del parámetro (i), en función de su concentración y cuya calificación oscila entre 0 y 100. Se lo obtiene de las curvas de variación de la calidad en función de cada parámetro. Los detalles del cálculo ICA, se presentan en el anexo 3.

Finalmente el valor obtenido de la función ponderada multiplicativa se interpretó mediante la calificación del ICA de Brown, *et al.* (1970), como se visualiza en la tabla 4.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Tabla 4: Ponderación del Índice de Brown y descripción de la calidad hídrica para la vida acuática. Fuente: Chowdhury & Muntasir (2012)

Calidad del agua	Rango	Descripción
Excelente	91-100	No presenta peligros para el ecosistema. Es adecuada para el desarrollo de todas las especies
Buena	71-90	Sostiene una alta biodiversidad de vida acuática. Se presentan periodos donde algún indicador muestra peligros para el ecosistema; en este caso, si la situación no mejora en un periodo breve, se empezarían a ver cambios en la composición del ecosistema
Regular	51-70	Existen signos de contaminación, se observa una disminución de la diversidad en los organismos acuáticos y un desequilibrio en el crecimiento de algas y vegetación acuática.
Mala	26-50	Sostiene una baja biodiversidad de vida acuática, principalmente de especies tolerantes. Manifiestas problemas con fuentes de contaminación puntual y no puntual.
Pésima	0-25	Posibilita el crecimiento de poblaciones elevadas de un limitado número de organismos resistentes a aguas muy contaminadas

3.2.4 *Análisis estadístico.*

Se utilizó el programa Primer, versión 6.0 para realizar un análisis de conglomerados (Cluster) y de Escalamiento Multidimensional (MDS) con la finalidad de visualizar gráficamente la similitud de las variables (físico-químicas y microbiológicas) entre los puntos de muestreo de acuerdo a las distancias euclidianas (Cocha, 2009). Posterior para corroborar los resultados obtenidos, se realizó un ANOSIM de una vía para determinar las diferencias estadísticas (Aguilar & Lugo, 2013) entre dichas variables, sabiendo que la

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

hipótesis nula es que no existen diferencias significativas entre las variables y la hipótesis alternativa es que existen dichas diferencias. Con el objeto de definir las, se calculará el valor estadístico R y el valor de significancia p ; teniendo en cuenta que para aceptar la hipótesis alternativa, $R > 0$ y $p > = 5\%$ (0.05).

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

4. Resultados y Discusión.

La medición de las variables físico-químicas y microbiológicas realizadas durante las tres campañas de muestreo no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los puntos.

De acuerdo con el ANOSIM, de un total de 999 permutaciones se obtuvo un R-global de -0,225 alcanzado un nivel de significancia estadística del 97,4% (0.974); lo que indica que no hubieron diferencias estadísticamente significativas para determinar la divergencia entre los meses de muestreo. En la tabla 5 se pueden visualizar los resultados obtenidos, su representación gráfica se realizó a través de un MDS, que indica hay una similitud entre los puntos de muestreo como lo muestra la figura 2.

Tabla 5. Resultado del Análisis de Similaridad (ANOSIM) de las variables físico-químicas y microbiológicas entre los meses de: A= abril, J= julio y O= octubre en el sector del predio urbano del río Piñas.

Global Test					
Sample statistic (Global R): -0,225					
Significance level of sample statistic: 97,4%					
Number of permutations: 999 (Random sample from 5775)					
Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 973					
Pairwise Tests					
Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
A, J	-0,188	85,7	35	35	30
A, O	-0,229	94,3	35	35	33
J, O	-0,24	88,6	35	35	31

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

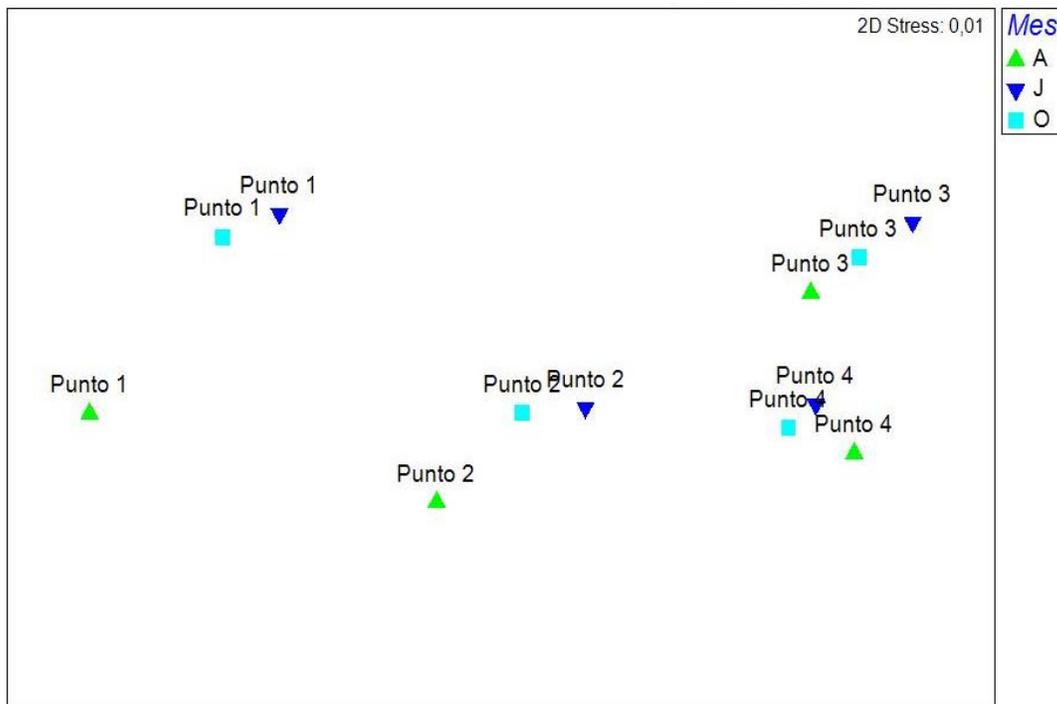


Figura 2. Escalamiento Multidimensional (MDS) de las variables físico-químicas, microbiológicas y nutrientes medidos durante los meses; A: abril, J: julio y O: octubre por medio de la distancia Euclidiana, en el sector del predio urbano del río Piñas

Con base en la tabla 5 y figura 2, se decidió estimar la media para cada punto de muestreo, tal como se observa en la tabla 6, a fin de centrar el análisis de resultados entre los puntos seleccionados.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Tabla 5. Valor de la media y desviación estándar de las variables físico-químicas, microbiológicas muestreados durante las tres campañas en el sector del predio urbano del río Piñas.

VARIABLES	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Temperatura	C	25 ± 2.2	28 ± 2.3	30 ± 2.3	32 ± 2.3
DB0	mg/l	1 ± 1	5 ± 1.3	22 ± 1.3	16 ± 1.5
DQO	mg/l	15 ± 1.8	20 ± 2.0	41 ± 2.1	36 ± 2.1
Fosfato	mgP/l	0.1 ± 0.5	0.2 ± 0.6	0.4 ± 0.6	0.3 ± 0.6
Nitratos + Nitritos	mgN/l	0.3 ± 0.7	0.5 ± 0.7	0.6 ± 0.8	0.5 ± 0.8
Oxígeno Disuelto	mg/l	8.5 ± 1.7	8.3 ± 1.7	5.3 ± 1.7	5.6 ± 1.7
pH	pH	7.4 ± 1.6	7.3 ± 1.6	7.0 ± 1.6	7.2 ± 1.6
Sólidos Suspendidos	mg/l	55 ± 2.7	48 ± 2.7	77 ± 2.6	67 ± 2.6
Sólidos Totales	mg/l	120 ± 3.3	158 ± 3.4	185 ± 3.5	204 ± 3.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	65 ± 2.8	110 ± 3.0	108 ± 3.1	136 ± 3.2
Turbiedad	NTU	28 ± 2.3	55 ± 2.4	63 ± 2.6	52 ± 2.7
Coliformes Fecales	UFC/100ml	228 ± 3.9	7.4E+04 ± 8.0	1.77E+05 ± 12.3	5.45E+05 ± 16.5

A partir de la tabla 5, se analizó el comportamiento de las variables entre puntos. Para una mejor comprensión éstas se clasificaron en: físico-químicas, microbiológicas y nutrientes.

a) **VARIABLES QUÍMICAS:** Son las que se presenta en la figura 3, y que se describen a continuación:

La temperatura de las aguas de un río condiciona la clase de organismos que pueden vivir y reproducirse en él. El cauce del río Piñas muestra variaciones térmicas entre los puntos de muestreo, asociadas a las fluctuaciones climáticas características de la zona. Los puntos 1 y 2 al estar influenciados por la presencia de neblina y garúa presentan las menores temperaturas; mientras que en los puntos 3 y 4 están las más altas, por encontrarse dentro de una hoya geográfica en donde el clima es más bien soleado.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

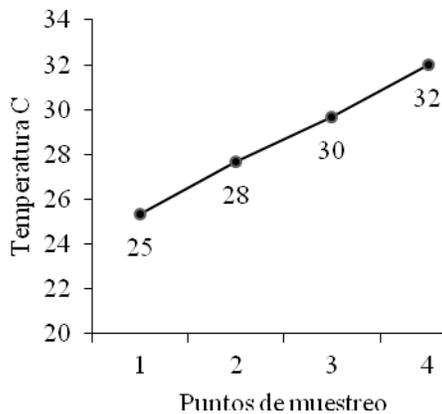
El OD, es el responsable de dos procesos imprescindibles para mantener un ecosistema vivo (respiración y descomposición orgánica) su medición ha resultado un buen indicador de la salud ecosistémica del río Piñas. En los puntos 1 y 2 sus elevados niveles son atribuidos a que la altitud (1072 y 1042 msnm respectivamente) le brindan al agua mayor capacidad de retención de oxígeno; por su parte en los puntos 3 y 4 los niveles son bajos, esto como consecuencia de las actividades que se desarrollan circundantes a la zona, probablemente el valor obtenido en el punto 3 se encuentre influenciado por la presencia del camal municipal.

Al igual que el OD, el pH es una variable de la cual dependen un gran número de procesos que tienen lugar en las aguas naturales, su cambio de comportamiento y concentración está potencialmente afectado por el ingreso de agentes fertilizantes al sistema. Todos los valores medidos en el río Piñas se mantuvieron dentro del nivel de neutralidad (7.0 y 7.4).

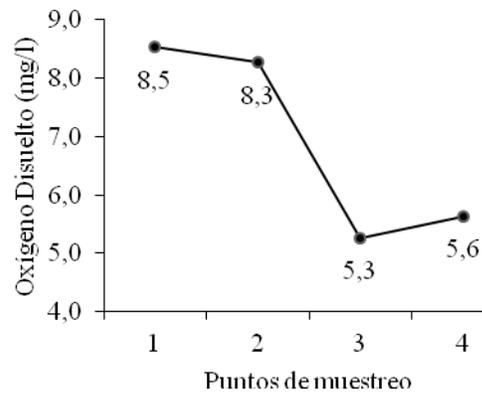
Para propósitos comparativos, indicadores de la continuidad de materia orgánica presentes en las aguas dulces pueden obtenerse por medición de las variables DBO y DQO. Tanto la DBO como la DQO se relacionan directamente con la temperatura del medio, la cantidad de coliformes y la de nutrientes. En el punto 1 se encuentran los valores más bajos debido a que los niveles de temperatura, nutrientes (fósforo y nitrógeno) y de coliformes respecto al resto de puntos son también los más bajos; mientras que el valor más alto se encontró en el punto 3 como consecuencia del vertimiento de aguas residuales generadas por el barrio Orquídea Sur y por el camal municipal.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

El término sólidos es ampliamente usado para la mayoría de compuestos presentes en los cuerpos de agua. Tanto los sólidos suspendidos como los totales poseen una estrecha relación con la calidad hídrica, debido a sus capacidades de adsorción calórica (aumentando la temperatura), de adsorción de contaminantes (plaguicidas y nutrientes) y a la influencia que ejercen sobre la turbiedad (Dagne & Owens, 2005) . El muestreo de ambas variables ha servido para evaluar el efecto que tiene la erosión producto de las prácticas agrícolas y del acarreo de material durante la escorrentía de las aguas lluvia. En el punto 1 se presentan los niveles más bajo; mientras que en los puntos 3 y 4 se evidenciaron problemas de colmatación, precisamente porque eran los sitios en donde sólidos suspendidos y sólidos totales alcanzaron sus máximos valores.



A



B

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

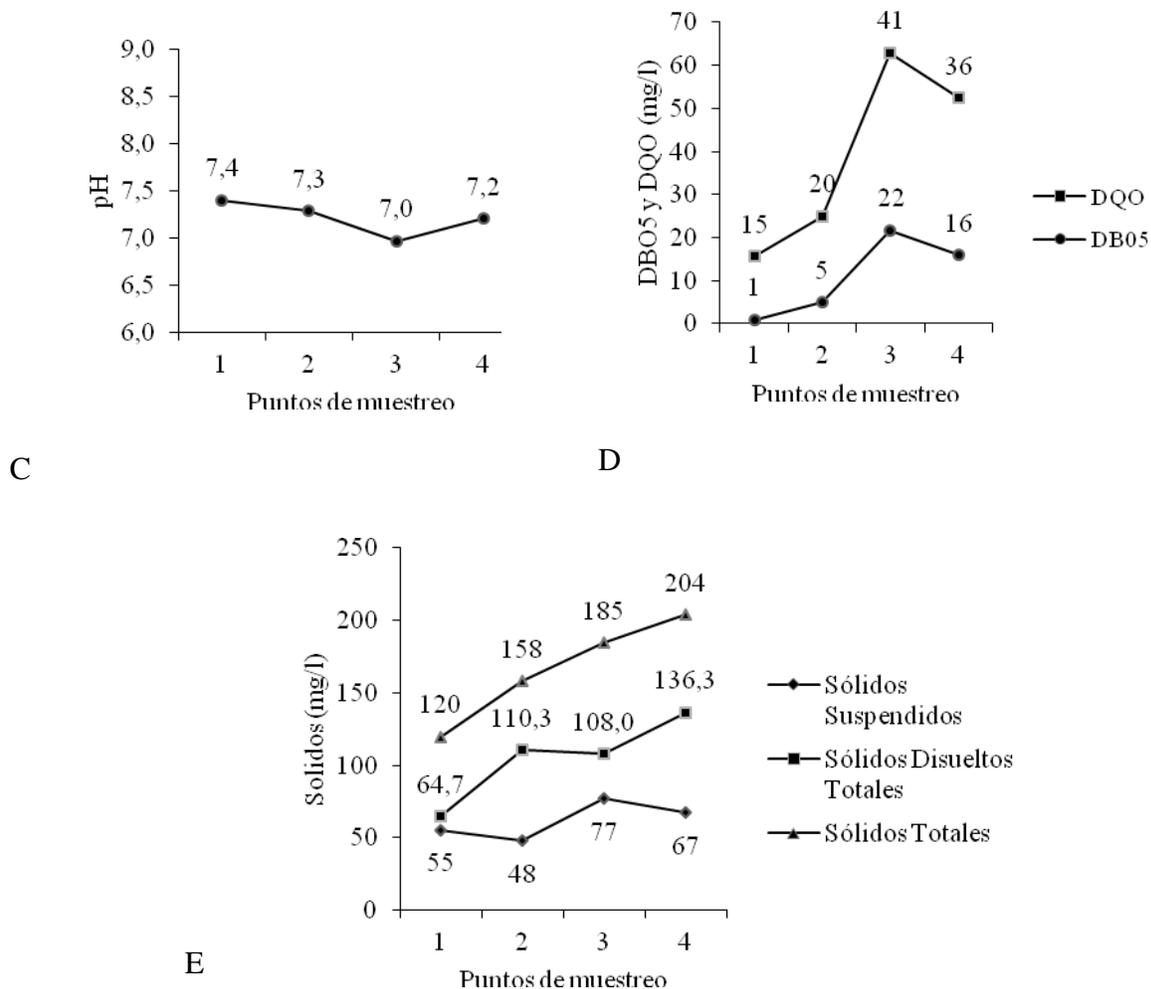


Figura 3. Variables fisico-químicas medidas en el sector del predio urbano del rio Piñas; A) temperatura; B) OD; C) pH; D) DBO₅ y DQO; E) Sólidos disueltos, totales y suspendidos.

b) Nutrientes.

El contenido de fósforo y nitrógeno en las aguas sirve de criterio para reconocer problemas de eutrofización. Por lo general se asocian a actividades agrícolas y ganaderas, explícitamente al lavado y/o arrastre de fertilizantes, aunque en determinadas áreas también pueden estar relacionados con actividades industriales y domésticas. En la figura 3 se presenta los resultados obtenidos en el muestreo del rio Piñas, evidenciando una distribución similar de ambos parámetros debido a la poca incidencia de la actividad

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

agrícola y ganadera sobre sus aguas. Los niveles tanto de fosfatos como de nitratos+nitritos va incrementándose conforme avanza en dirección sur- oeste, en el punto 1 se presentan los niveles más bajos mientras que en el punto 3 se presentan los más altos, debido al aporte de desechos orgánicos procedentes de la ciudad.

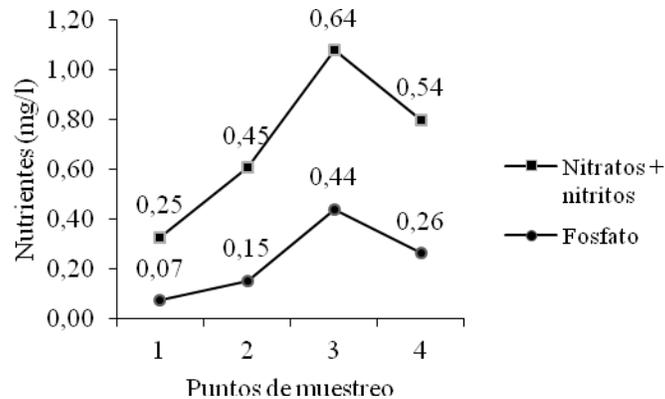


Figura 4. Nutrientes medidos en el sector del predio urbano del río Piñas.

c) Variables microbiológicas.

Las coliformes fecales son indicativo de contaminación biológica, su presencia conntribuye al crecimiento de algas y malezas acuáticas. En los cuatro puntos de muestreo se visualiza una elevada concentración de ellas; sin embargo vale desatacar, que los valores entre los puntos tuvieron diferencias significativas. El promedio más alto se obtuvo en el punto de descarga mientas que el más bajo en la naciente del cuerpo hídrico, tal como se ilustra en la figura 5, lo descrito es indicativo de que el agua residual doméstica y urbana se descarga al río sin tratamiento previo, afectando sus usos potenciales.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

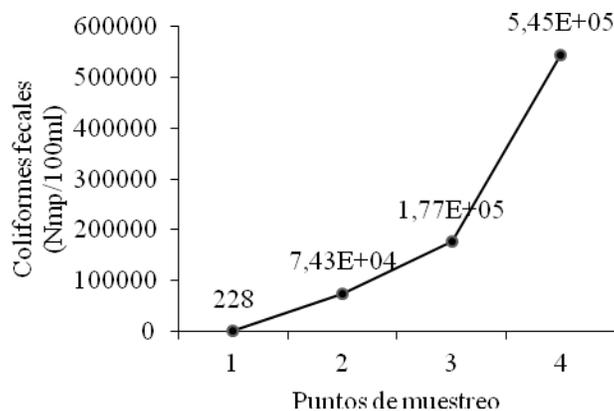


Figura 5. Coliformes fecales medidas en el sector del predio urbano del río Piñas

En la tabla 6, se expone el nivel de cumplimiento de los puntos muestreados respecto a la normativa ambiental del TUSLMA libro VI, Anexo I, Tabla 9. Los puntos 1 y 2 alcanzaron un cumplimiento del 50% porque tanto OD como pH se encontraban dentro de los límites permisibles; por su parte los puntos 3 y 4 descendieron al 25% al cumplir únicamente con el límite máximo permisible del pH. Finalmente la variable coliformes fecales excede significativamente su rango permisible en todos los puntos.

Tabla 6. Cumplimiento de los criterios de calidad para aguas destinadas con fines recreativos estipulada en la Tabla 9, Libro VI, Anexo I del TUSLMA; C: cumple y NC: no cumple

VARIABLES	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,1	C	C	NC	NC
pH		6,5-8,5	C	C	C	C
Coliformes Fecales	Nmp/100ml	200	NC	NC	NC	NC
% CUMPLIMIENTO			50%	50%	25%	25%

A partir del análisis Cluster, presentado en la figura 6, se puede evidenciar que en el punto 1, al haber poca incidencia del núcleo urbano, la calidad hídrica alcanza una condición de buena, por lo que si ésta quiere ser usada para consumo humano o agrícola necesitaría de un tratamiento menor; sin embargo los puntos 2, 3 y 4 se enmarcan dentro de

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

la clasificación regular, debido a la presencia excesiva de coliformes fecales, esto ha determinado la disminución de la diversidad de organismos acuáticos y un aumento en el crecimiento de algas. En la figura 7 se puede visualizar el índice NSFWQI en cada punto de muestreos mientras que su ubicación en el mapa del área de estudio se ilustra en la figura 8.

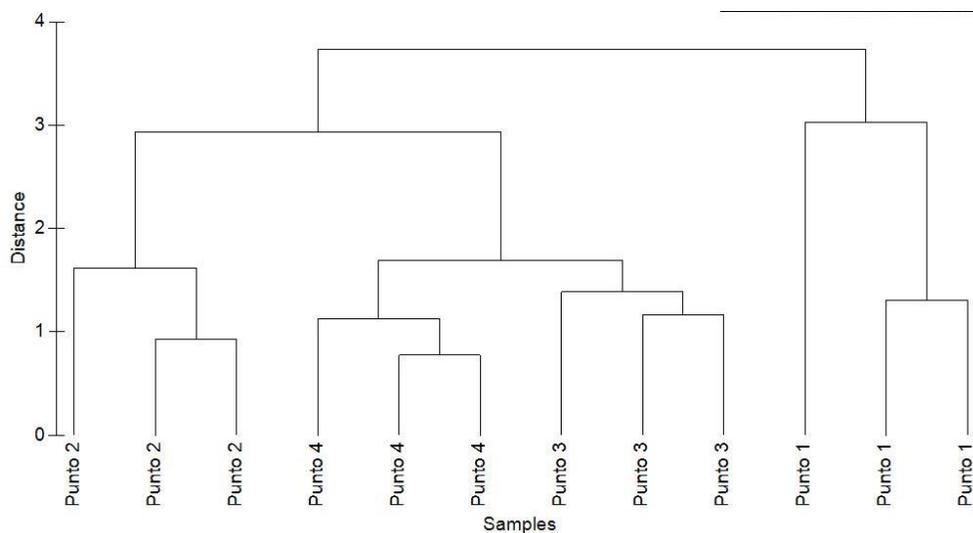


Figura 6. Dendrograma Cluster de las variables fisico-químicas, microbiológicas y nutrientes medidos durante las campañas de muestreo en el sector del predio urbano del río Piñas

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

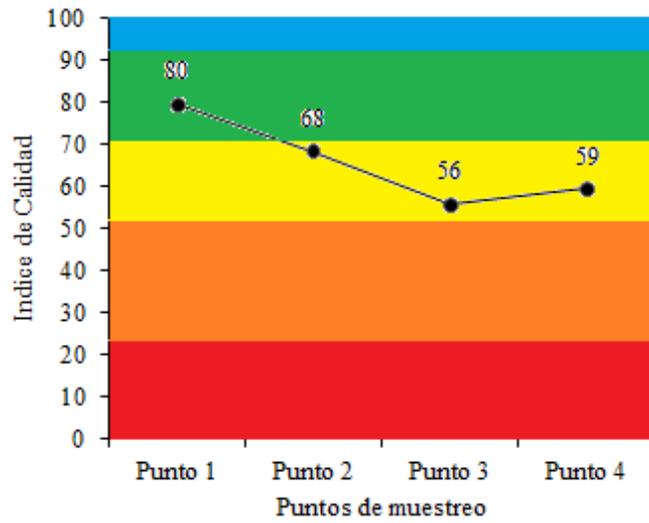


Figura 7. Identificación del NSFQI entre los puntos de muestreo del río Piñas, en el sector del predio urbano, los colores representan la calidad hídrica: azul = excelente; verde = buena; amarilla = regular; naranja= mala; roja = pésima.

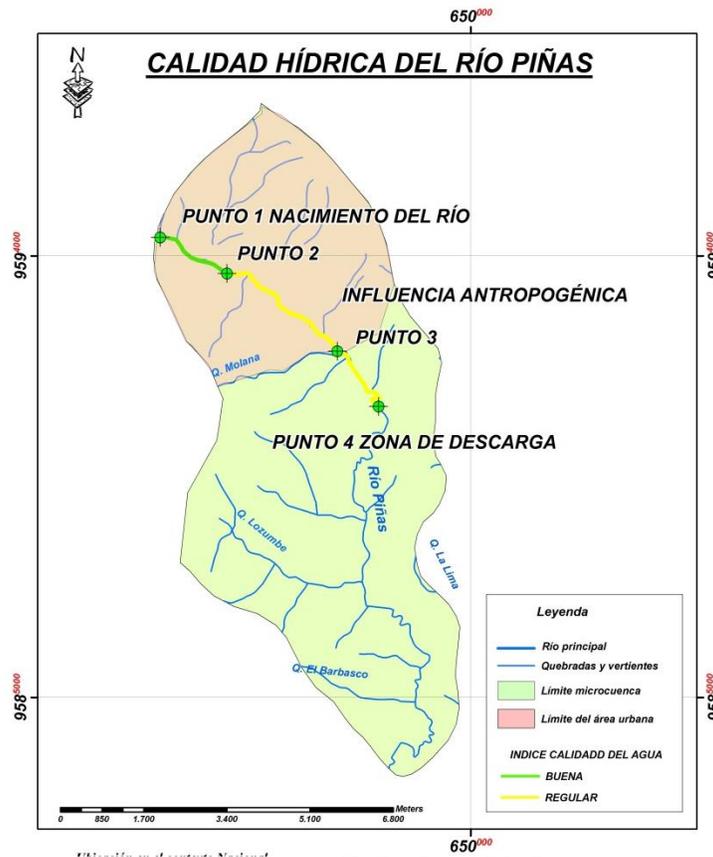


Figura 8. Mapa de la calidad hídrica según el índice NSFQI en cada punto de muestreo

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

del rio Piñas, en el sector del predio urbano.

5. Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Las concentraciones de las variables físico-químicas, microbiológicas y de nutrientes asociadas con el índice de calidad NSFQI fueron sensibles ante el estrés ambiental, lo antes expuesto va relacionado al aumento de la carga contaminante que es directamente proporcional a la cantidad de habitantes y al desarrollo de sus actividades.
- Para los puntos 2, 3 y 4 el índice determinó una calidad regular, producto de las descargas de las fuentes puntuales que impactan en el cuerpo hídrico; dicha calidad mostró un incremento al rango de buena en el punto 1, sin llegar a excelente.
- La principal fuente de contaminación del rio Piñas es de tipo microbiológica, esto como consecuencia del drenaje, la escorrentía urbana y las aguas residuales son descargadas directamente al cuerpo hídrico.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

- Las bajas concentraciones de fosfatos, nitratos y nitritos, generados principalmente por lixiviación y escurrimiento de fertilizantes son indicativo aparente de la poca incidencia de la contaminación agrícola y ganadera en el río Piñas.
- La concentración de las variables: OD, coliformes totales y coliformes fecales presentan índices de contaminación elevada, incumpliendo con la normativa ambiental vigente; sin embargo el resto de variables físico-químicas se encuentra dentro de los límites permisibles determinados en la tabla 9: Criterios de calidad para aguas destinadas para fines de recreación del TUSLMA.
- De no tomarse acciones correctivas a fin de controlar el nivel de contaminación, sobre todo en los puntos 2, 3 y 4 la calidad del agua del río Piñas no se recuperará al largo plazo, por el contrario, debido al incremento demográfico y de asentamientos humanos será mayor la descarga de aguas domésticas y residuales, incrementado la posibilidad de que este cuerpo no pueda ser utilizado para cualquier otro fin.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

6. Recomendaciones

- Reducir la carga contaminante del río Piñas por medio de la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Fomentar la concienciación y participación activa de la población piñasience en la conservación y protección de la fuente hídrica por medio de campañas informativas.
- Elaborar un programa de recuperación de las zonas ribereñas del río Piñas, orientado a tres acciones prioritarias: a) eliminar o minimizar aquellas presiones que impiden su recuperación; b) reforestar la mata ciliar con especies nativas y de rápido crecimiento, tratando de establecer un pequeño corredor biológico que a más de servir de hábitat para ciertas especies ayudará a conservar la salud del río; y 3) instalar interceptores para direccionar las aguas residuales hasta una planta de tratamiento.
- Implementar un programa de monitoreo de calidad de agua del río Piñas manteniendo los puntos de muestreo del presente trabajo de investigación con la finalidad de evaluar su comportamiento a través del tiempo y detectar cambios que podrían afectar su equilibrio ecosistémico.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

7. Referencias bibliográficas

- Aguilar, V., & Lugo, D. (2013). *Aplicabilidad de estadística multivariada para estudios nutricionales: bioensayo con el gorgojo de arroz*. Universidad Central de Venezuela: Caracas.
- Alberti, M., & Parker, J. (1991). Index of environmental quality: the search for credible measures. *Environment Impact Assess*, 95-101.
- Barceló, D., & López, M. (2012). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Barcelona: CSIC.
- Brown, R., McClelland, N., Deninger, R., & Trozer, R. (1970). A Water Quality Index-Do We Dare? *Water Sewage Works*, 339-343.
- Carrillo, A., & Villalobos, R. (2011). *Análisis comparativo de los Índices de Calidad del Agua de los Ríos Tecolutla y Cazonas en el periodo marzo-diciembre 2010*. Veracruz: Universidad de Veracruz.
- CEC. (2013). *El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes*. Toronto: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Chowdhury, R., & Muntasir, S. (2012). Water Quality Index of Water Bodies along Faridpur-Barisal road in Bangladesh. *Global Engineers & Technologists Review*, 1-8.
- Cocha, J. (2009). *Estado actual de la calidad físico-química, bacteriológica y biológica del agua de la subcuenca del río Yanuncay en dos estaciones climáticas del cantón Cuenca, provincia del Azuay- Ecuador-*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Dagne, D., & Owens, W. (2005). Comparative assessment of the physico-chemical and bacteriological qualities of selected streams in Louisiana. *Public Health*, 94-100.
- Encalada, M. (1989). *Evidencias del deterioro ambiental en el Ecuador*. Guayaquil: Gangotena & Ruiz Editores S.A.
- FAO. (2010). *Día mundial del agua*. Washington D.C.: FAO.
- Featherstone, A., & Grady, O. (2000). *Removal of dissolved copper and iron at the freshwater-saltwater interface of an acid mine stream*. Queenstown: Marine Pollution Bulletin.
- Green Peace. (2005). *La calidad de las aguas en España: un estudio por cuencas*. Madrid: Green Peace.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

- Horton, R. (1965). An Index Number System for Rating Water Quality. *J. Water Poll*, 300-306.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2012). *Encuesta de Información Ambiental y Económica en Empresas 2012*. Quito: INEC.
- Jordao, C., & Pereira, M. (2002). *Metal contamination of river waters and sediments from effluents of kaolin processing in Brasil*. Brasilia: Water, air and soil pollution.
- Laws, E. (2000). *Aquatic pollution*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Linde, A., & Sánchez, S. (2005). *Preliminary assessment and biological impact of trace metal pollution in Piles river*. Madrid: L.C. Wrobel and P. Latinopoulos.
- Loayza, M., Loayza, P., & Rodas, W. (1996). *Diagnóstico ambiental del Río Piñas*. Piñas: UTM.
- Maldonado, G. (2012). *Monitoreo de la calidad de agua del Río Malacatos, tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte*. Loja: UTPL.
- Martínez, L. (2002). *Estudio de contaminación del río La Laja, Jalisco*. Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Mendigucha, C. (2005). *Utilización de ultratazas de metales pesados como trazadores de los efectos antropogénicos producidos en ecosistemas acuáticos*. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- Moore, J., & Luoma, S. (1990). *Hazardous wastes from large-scale metal extraction a case study*. Madrid: EST.
- Neal, J. (2000). *The water quality of the river Kennet: initial observations on a lowland chalk stream impacted by sewage inputs and phosphorus remediation*. Kennet: STE.
- Ott, W. (1981). *Environmental Indices. Theory and Practice*. Michigan: Ann Arbor Science.
- Pérez, A., & Rodríguez, A. (2008). *Índice físicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Reina, E., & Guzmán, V. (2012). *Protocolo de muestreo de calidad del agua en el recurso hídrico superficial*. Quito: SENAGUA.
- Ríos, R. (2012). *Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal de Piñas*. Piñas: FAGROMEN.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Rojas, O., & Zuñiga, M. (2007). *Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Caso Ríos Cali y Meléndez*. Valle del Cauca: Universidad del Valle.

Romero, J. (2002). *Calidad de agua*. Bogotá: Nomos S.A.

Sañudo, W. (1999). *Impact of the clean water act on the levels of toxic metals in urban estuaries*. Hudson: EST.

Yungán, J. (2010). *Estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del río Blanco para determinar las causas de degradación y alternativas de manejo*. Riobamba: ESPOCH.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Anexo 1: Ficha individual de cada punto inspeccionado

MONITOREO RÍO PIÑAS			
FICHA INDIVIDUAL DEL PUNTO INSPECCIONADO			NUMERO DE FICHA
NUMERO UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL 5	711	CODIGO PUNTO INSPECCIONADO	Punto 1
VERTIENTE	OCEANO PACÍFICO	PROVINCIA	EL ORO
SISTEMA	PUYANGO	CANTÓN	PIÑAS
CUENCA	RIO PUYANGO	PARROQUIA	PIÑAS
MICROCUENCA	RIO PIÑAS	SECTOR	EL DOBLADILLO
COORDENADAS UTM	X 643439	Y 9594590	ALTURA: 1074 msnm
FACTORES ANTROPOGÉNICOS: Identificar el tipo de factor antropogénico (minería, agricultura, ganadería, industrial, vertidos u otros)			
Existencia de un botadero, a pocos metros de la naciente del río.			
			
CROQUIS DEL PUNTO INSPECCIONADO		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO INSPECCIONADO	

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

MONITOREO RÍO PIÑAS			
FICHA INDIVIDUAL DEL PUNTO INSPECCIONADO			NUMERO DE FICHA 2
NUMERO UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL 5	711		CODIGO PUNTO INSPECCIONADO Punto 2
VERTIENTE	OCEANO PACÍFICO	PROVINCIA	EL ORO
SISTEMA	PUYANGO	CANTÓN	PIÑAS
CUENCA	RIO PUYANGO	PARROQUIA	PIÑAS
MICROCUENCA	RIO PIÑAS	SECTOR	MOLANA-LOS ALMENDROS
COORDENADAS UTM	X 645006	Y 9593587	ALTURA 1042 msnm
FACTORES ANTROPOGÉNICOS: Identificar el tipo de factor antropogénico (minería, agricultura, ganadería, industrial, vertidos u otros)			
<p>Aguas residuales producidas por la existencia de pequeños negocios: mecánicas, automotrices, carpinterías, hoteles, restaurantes.</p> <p>Incremento de la densidad poblacional.</p>			
CROQUIS DEL PUNTO INSPECCIONADO		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO INSPECCIONADO	



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

MONITOREO RÍO PIÑAS			
FICHA INDIVIDUAL DEL PUNTO INSPECCIONADO			NUMERO DE FICHA
NUMERO UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL 5	711	CODIGO PUNTO MUESTREADO	PM3
VERTIENTE	OCEANO PACÍFICO	PROVINCIA	EL ORO
SISTEMA	PUYANGO	CANTÓN	PIÑAS
CUENCA	RIO PUYANGO	PARROQUIA	PIÑAS
MICROCUENCA	RIO PIÑAS	SECTOR	BARRIO LA SUSAYA
COORDENADAS UTM	X	Y	ALTURA
	647240	9592053	914 msnm
FACTORES ANTROPOGÉNICOS: Identificar el tipo de factor antropogénico (minería, agricultura, ganadería, industrial, vertidos u otros)			
<p>Aguas residuales generadas por la población asentada en las orillas del río, principalmente de los barrios: San José y Orquídea Sur así como del camal municipal.</p>			
			
CROQUIS DEL PUNTO INSPECCIONADO	FOTOGRAFÍA DEL PUNTO INSPECCIONADO		

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

MONITOREO RÍO PIÑAS

FICHA INDIVIDUAL DEL PUNTO INSPECCIONADO			NUMERO DE FICHA	4
NUMERO UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL 5	711	CODIGO PUNTO MUESTREADO	PM4	
VERTIENTE	OCEANO PACÍFICO	PROVINCIA	EL ORO	
SISTEMA	PUYANGO	CANTÓN	PIÑAS	
CUENCA	RIO PUYANGO	PARROQUIA	LA SUSAYA	
MICROCUENCA	RIO PIÑAS	SECTOR	EL PRADO-GARGANTA	
COORDENADAS UTM	X	Y	ALTURA: 879 msnm	
	648123	9590924		

FACTORES ANTROPOGÉNICOS: Identificar el tipo de factor antropogénico (minería, agricultura, ganadería, industrial, vertidos u otros)

Zona de descarga de las sustancias generadas por la población asentada en el predio urbano



CROQUIS DEL PUNTO INSPECCIONADO

FOTOGRAFÍA DEL PUNTO INSPECCIONADO

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Anexo 2: Especificaciones técnicas en la colecta de muestras.

PARÁMETRO	RECIPIENTE	VOLUMEN MÍNIMO PARA ANÁLISIS	PRESERVANTE/CONSERVANTE	TIEMPO MÁXIMO PARA SU ANÁLISIS
TEMPERATURA DEL AGUA	In- situ			
OXÍGENO DISUELTO	P,V	100 ml	Refrigerar	28 días
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	P,V	100 ml	Refrigerar	28 días
DBO5	VA	300 ml	Refrigerar	48 horas
DQO	VA	100 ml	Refrigerar y dosificar H ₂ SO ₄ , hasta pH<2	28 días
FOSFATO	V(A)	100 ml	Filtrar y refrigerar	48 horas
NITRATO+NITRITO	P,V	100 ml	Refrigerar	48 horas
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	P,V	500 ml	Refrigerar	2 a 7 días
SÓLIDOS TOTALES	P,V	200 ml	Refrigerar	2 a 7 días
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	P,V	100 ml	Refrigerar	14 días
TURBIEDAD	P,V	200 ml	Refrigerar	14 días
COLIFORMES FECALES	V	250 ml	Refrigerar	6-24 horas

Basado en los métodos para análisis de aguas potables y residuales, APHA, AWWA, WPCF, 17a edición 1987, y tomado por la Secretaria del Agua

(V)=vidrio; (VA)=vidrio ámbar; P=Plástico

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Anexo3: Cálculo del índice de calidad del agua (ICA)

El ICA, se determinó por el método propuesto por Brown, utilizando los resultados de 9 parámetros, los cuales son: pH; variación de temperatura ($^{\circ}\text{C}$); turbidez (NTU); oxígeno disuelto (OD % saturación); demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (mg/l); fosfatos (mg/l); nitratos (mg/l); sólidos disueltos totales (mg/l) y coliformes fecales (Nmp/ 100ml).

Los pesos relativos de cada variable se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Pesos relativos de las variables utilizadas para el cálculo del ICA propuesto por Brown

Variable	Wi
pH	0,12
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Oxígeno disuelto	0,17
Demanda bioquímica de oxígeno	0,10
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
Sólidos suspendidos totales	0,08
Coliformes fecales	0,15

Fuente: Carrillo & Villalobos (2011)

Para calcular el índice de cada variable se procedió a lo descrito en la tabla 8. Las funciones de cada una de ellas se presentan en la tabla 9.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

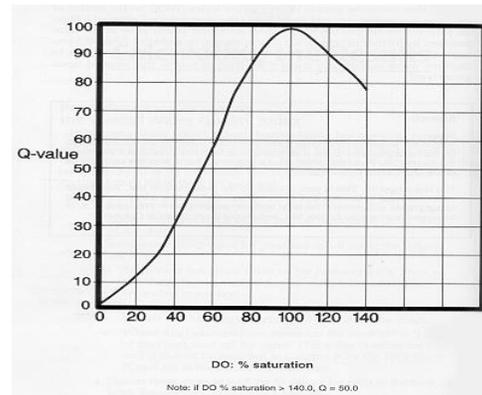
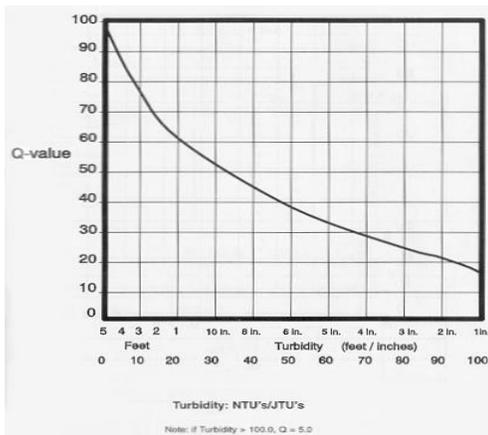
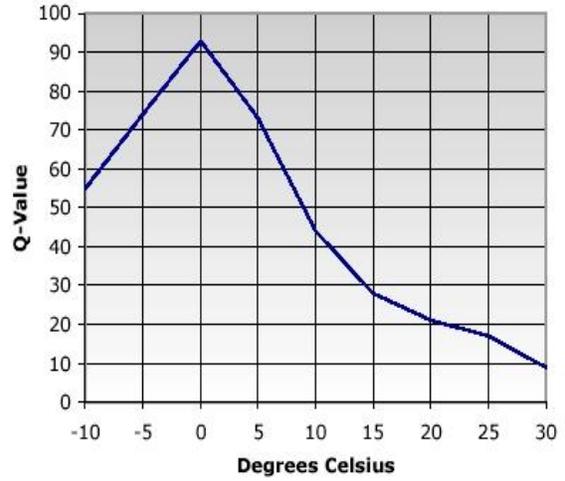
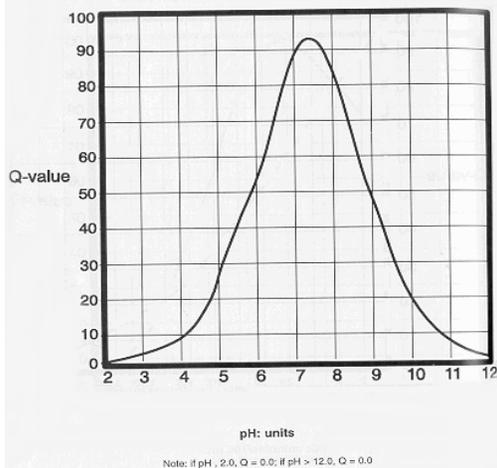
Tabla 8. Determinación del índice de las 9 variables que intervienen en el cálculo del ICA

pH	<= 2, el qi es igual a 2; >=10, el qi es igual a 3; si el valor está entre 2 y 10 buscar el valor en el eje X; y proceder a interceptar el valor en el eje Y, el valor encontrado es el qi de pH.
Temperatura	Primero se calcula la diferencia entre la T_{ambiente} y la T_{muestra} ; obtenido su valor; si este es: > 15 ⁰ C, el qi es igual a 5; <15 ⁰ C se busca el valor en el eje X y se procede a 00 el valor en el eje Y, el valor encontrado es el qi de la temperatura
Turbiedad	> 100 NTU, el qi es igual a 5; si es <100NTU, buscar el valor en el eje X e interceptar en el eje Y el valor, lo obtenido es el qi de la turbiedad.
OD	%OD>140%, el qi es igual a 50; <140% buscar en el eje de las X y se procede a interceptar al valor en Y, el encontrado es el qi del OD.
DBO	DBO ₅ > 30mg/l, el qi es igual a 2; si es menor se busca en el eje X y se intercepta al valor en Y, el encontrado es el qi del DBO ₅ .
Fosfatos	>10 mg/l el qi es igual a 2; si son menores buscar en el eje de las X y se procede a interceptar al valor en Y, el encontrado es el qi para los fosfatos.
Nitratos	>100 mg/l el qi es igual a 1; si no es el caso buscar en el eje de las X y se procede a interceptar al valor en Y, el encontrado es el qi para los nitratos.
Sólidos disueltos	>500 mg/l el qi es igual a 20; si es menor se busca en el eje de las X y se procede a interceptar al valor en Y, el encontrado es el qi para los sólidos disueltos.
Coliformes fecales	>100000 Nmp/100ml el qi es igual a 3; si son menores buscar en el eje de las X y se procede a interceptar al valor en Y, el encontrado es el qi para esta variable

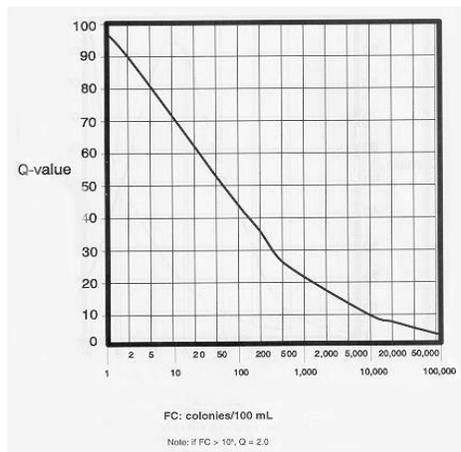
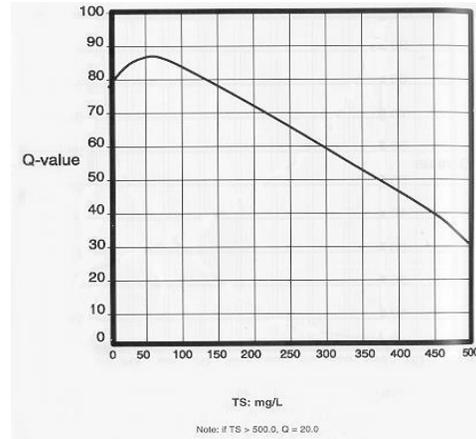
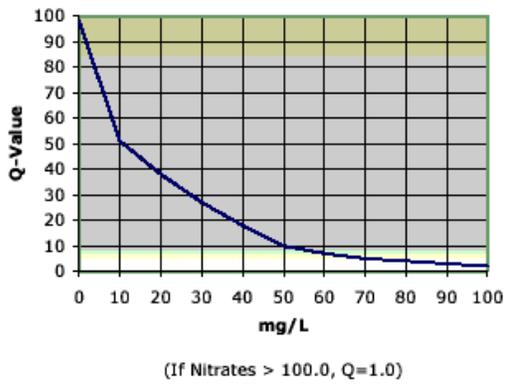
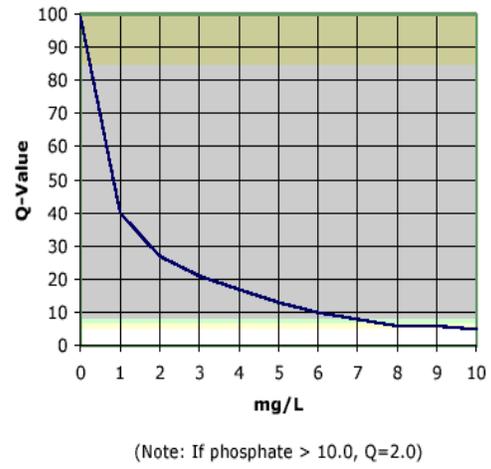
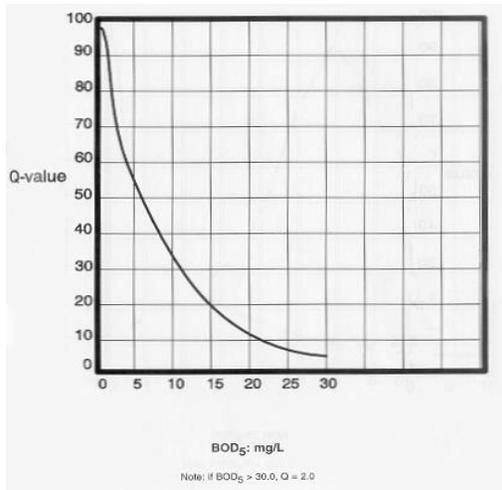
Fuente: Carrillo & Villalobos (2011)

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
 ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Tabla 9. Gráfico de las funciones de cada variable del ICA propuesto por Brown.



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS- ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.



Fuente: Carrillo & Villalobos (2011).

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RÍO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Anexo 4: Técnicas utilizadas en el Laboratorio de Calidad de Agua del GADM de Piñas, para el análisis de las 12 variables

Variable	Técnica
Temperatura	Método de medición directa
DBO	Método manométrico
DQO	Método espectrofotométrico
Fosfato	Método del ácido ascórbico
Nitratos + Nitritos	Método de reducción del cadmio
Oxígeno Disuelto	Método de medición directa
pH	Método potenciométrico
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico
Sólidos disueltos	Método fotométrico
Sólidos totales	Método fotométrico
Turbiedad	Método de medición directa
Coliformes fecales	Método del número más probable.

Fuente: Standard Methods Ed 21, 2005

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.

Anexo 5: Fotos



Georeferenciación de los puntos a considerarse para el muestreo del río Piñas, en el sector del predio urbano



Materiales utilizados para el muestreo del río Piñas, en el sector del predio urbano

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL RIO PIÑAS-
ECUADOR, EN EL SECTOR DEL PREDIO URBANO DE LA CIUDAD DE PIÑAS.



Toma de muestras en el río Piñas, sector del predio urbano



Análisis de las muestras colectadas del río Piñas en el Laboratorio de Calidad de Agua del Gobierno Autónomo Municipal de Piñas



Descarga de aguas residuales generadas por la población piñasience al río Piñas.