



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE: ARTES LIBERALES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

TÍTULO:

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CHAMBO EN EL
TRAMO COMPRENDIDO DE LA UNIÓN DEL RIO CHIBUNGA HASTA
CAHUAJI BAJO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, 2015.**

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

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS ROBERTO ERAZO VELOZ

NOMBRE DEL TUTOR: RENÉ OSCAR RODRÍGUEZ, M.SC.

SAMBORONDON, AGOSTO DE 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

DEDICATORIA

Dedico la elaboración de este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y el poder alcanzar este momento en que me encuentro de mi formación profesional.

A mis padres Roberto y Cecilia por el apoyo, dedicación, esfuerzo y amor que me han dado durante toda mi vida.

A mi hermana Marcela por estar siempre a mi lado y ser una guía en mi carrera.

A mi esposa Verito y mi hija Isabella por ser el pilar fundamental de nuestro hogar y por las cuales lucho día a día, las amo mucho.

A toda mi familia por su apoyo y cariño.

RECONOCIMIENTO

En primer lugar quisiera agradecer a la Universidad de Especialidades Espiritu Santo por abrirme las puertas, y poder culminar la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental.

Mi sincera gratitud a mi tutor de tesis Master René Oscar Rodríguez y a los revisores quienes con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación permitieron que pueda terminar este trabajo con éxito.

Agradezco a mis profesores quienes con sus conocimientos y guía han aportado en mi formación personal y profesional.

Al laboratorio LABCESTTA y su personal por su colaboración en el desarrollo de los análisis.

Finalmente agradezco a mis amigos y compañeros de clases durante los años de carrera en la Universidad por su amistad, compañerismo y apoyo para culminar la primera fase de mis estudios como profesional.

**Evaluación de la calidad del agua del río Chambo en el tramo
comprendido de la unión del Rio Chibunga hasta Cahuaji bajo, Provincia
de Chimborazo, 2015**

RESUMEN

Se aplicó el Índice de Calidad del agua (ICA) propuesto por Rojas (1991), para evaluar el estado del agua en la cuenca del río Chambo sobre el tramo comprendido de la unión del Rio Chibunga hasta Cahuaji bajo, 2015, en la época lluviosa. Para calcular el ICA Rojas (1991) se analizaron 5 puntos a lo largo del río. Los parámetros elegidos fueron los siguientes: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno 5 días (DBO₅), coliformes fecales, sólidos suspendidos, además se analizaron otros parámetros como: cadmio, plomo fósforo, aceites y grasas, nitratos y tensoactivos. La calidad del agua del sector estudiado según los resultados del Índice ICA Rojas se ubica en la franja correspondiente a la categoría aceptable dentro del rango que corresponde a 51-70, pero los resultados de los parámetros (plomo, fosforo, coliformes fecales y aceites y grasas) determinan que estos valores están fuera de los límites indicados en el Acuerdo Ministerial 028.

Se recomienda otro Índice de Calidad del Agua que se ajuste a las realidades del lugar, con condiciones específicas y con parámetros de vital importancia del sector.

Palabras clave: Río Chambo, ICA Rojas, Parámetros de calidad del agua, Contaminación orgánica, Cuencas hidrográficas.

ABSTRACT

The Water Quality Index (ICA) proposed by Rojas (1991), to assess the state of water in the basin of the river Chambo on the stretch of River Union Chibunga to low Cahuaji 2015, during the rainy season was applied. To calculate the ICA Rojas (1991) 5 points were analyzed along the river. The selected parameters were: pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand five days (BOD5), fecal coliform, suspended solids, as well as other parameters were analyzed: cadmium, lead, phosphorus, oils and fats, nitrates and surfactants. The water quality of the studied area according to the result of ICA Index Rojas is located in the strip corresponding to the acceptable category within the range corresponding to 51-70, but the results of the parameters (lead, phosphorus, fecal coliforms and oils and fat) determine that these values are outside the limits specified in the Ministerial Agreement 028.

Other Water Quality Index to fit the realities of the place, with specific conditions and parameters vital importance of the sector is recommended.

Keywords: River Chambo, ICA Rojas, Water quality parameters, Organic pollution, Watershed

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra ésta respecto a las características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. Este concepto ha sido asociado a su uso para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño (Lenntech, 2006).

El Ecuador posee 31 sistemas hidrográficos que se dividen en 79 cuencas hidrográficas las mismas que se subdividen en 137 cuencas y subcuencas (Granda, 2010). Entre los importantes ríos de la serranía ecuatoriana se encuentra el Chambo que cubre una superficie de alrededor de 3589.55 Km² en una longitud de 144.49 Km, entre las provincias del Chimborazo y Tungurahua. El río Chambo tiene 21 micro cuencas entre las que destacan: Cebadas, Guamote, Chibunga, Guano, Puela, Alao, Blanco, Ulbán (Naranjo, 2013), en dos zonas perfectamente diferenciadas como son la oriental y la occidental que comprende desde su inicio en el páramo andino, luego recorre un valle ancho con terrazas escalonadas con zonas de cultivo y termina en una gran garganta atrapada entre los volcanes Igualata y Tungurahua. Cerca del 98% de la tierra cultivable en la provincia de Chimborazo es irrigada con aguas procedentes del río Chambo (Naranjo, 2013).

La descarga de aguas negras y grises, residuales e industriales sin tratamiento de las comunidades aledañas a los ríos Cebadas, Guamote, Chibunga, Blanco, Puebla ha generado problemas ambientales y de salud lo que preocupa a las entidades de control ya que el Río Chambo es la principal fuente de riego para los diversos cultivos (Veloz, 2014). La Contaminación en la Cuenca del Río Chambo de acuerdo al Wáter Quality Index (WQI), en época de lluvia varía en un 1.0% de la

época de estiaje (Bautista, 2012). Los resultados obtenidos del estudio técnico de la calidad del agua de la cuenca del Río Chambo realizado por el CESA-AVSF confirma que los ríos Guamate, Chibunga, Guano y Chambo se encuentran muy contaminados (CESA – AVSF, 2010).

Para evaluar los niveles de contaminación del agua existen a nivel mundial diversos índices entre los que se destacan: National Sanitation Foundation (NSF), Dinius (1972), Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS), los cuales pretenden describir la correlación entre variables físico químicas y/o microbiológicas de cada cuerpo de agua. Los Índices de calidad del agua (ICA's) o Índices de Contaminación (ICO's) deben adaptarse a las características intrínsecas de cada río por lo que elegir el índice adecuado requiere de un estudio especializado (Universidad de Pamplona, 1998).

En el presente artículo se presentan resultados de variables de calidad del agua superficial y la estimación del índice ICA adaptado Rojas (1991) que adaptó el ICA-NSF a las condiciones específicas del río Cauca (Colombia) reduciendo el número de parámetros que lo conforman con base en el análisis de comportamiento de éstos en el tiempo y en el espacio (Torres P., 2009). Por ser el río Cauca y el río Chambo ríos ubicados en Latinoamérica con características muy parecidas se tomó este índice como propuesta para la caracterización de la calidad del agua del Río Chambo, en el tramo comprendido de la unión del Río Chibunga y el puente de la comunidad “Cahuaji bajo”; que representa la porción final del límite entre las provincias de Chimborazo y Tungurahua.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Variables de calidad del agua

Oxígeno Disuelto (OD) y Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno molecular disuelto en el agua. Es uno de los parámetros más importantes para conocer la calidad del agua, porque es primordial para el crecimiento y reproducción de la vida acuática aeróbica (Márquez, 2014).

La respiración de los organismos acuáticos puede consumir oxígeno, así como la descomposición de la materia orgánica realizada por bacterias; por lo tanto, el exceso de materia orgánica en los lagos y ríos puede causar condiciones eutróficas que provocan situación deficiente de oxígeno (EPA, 2014).

Se puede medir en concentración (mg/L) o en porcentaje de saturación, sin embargo la primera opción es la más utilizada. Existen diversos factores que afectan la concentración de OD. La temperatura es uno de los factores más representativos, la relación entre la temperatura y el OD es inversamente proporcional, es decir a mayor temperatura menor concentración de OD (Márquez, 2014).

La cantidad de oxígeno consumido por organismos aerobios en la descomposición de materia orgánica se conoce como DBO₅. Fuentes de DBO incluyen hojas y restos de madera; plantas y animales muertos; estiércol animal; efluentes de fábricas de pulpa y papel, plantas de tratamiento de aguas residuales, corrales de engorde, y plantas de procesamiento de alimentos; sistemas sépticos defectuosos; y desagüe pluvial (EPA, 2014).

Coliformes Fecales

Las bacterias coliformes fecales son los contaminantes microbiológicos más comunes de las aguas naturales (Pilar, Ávila, Estupiñán, Gómez, 2005).

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los coliformes, son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente; están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades; permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas; se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección. Los coliformes fecales y *E. coli* en particular, se han seleccionado como bioindicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2002).

El acuerdo ministerial 028 ha establecido criterios de calidad de agua para uso agrícola en riego indicando límites aceptables para coliformes fecales de 1000 NMP/100 mL y para fuentes de agua para consumo humano y doméstico y que para su potabilización solo requieren desinfección el límite es de 20 NMP/100 mL. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

pH

El pH es un término usado para indicar la alcalinidad o acidez de una sustancia según la clasificación en una escala de 1.0 a 14.0. Aumenta la acidez cuando el pH es más bajo. Afecta a muchos procesos químicos y biológicos en el agua. Por

ejemplo, diferentes organismos viven dentro de los diferentes rangos de pH. La mayor variedad de animales acuáticos se desarrollan en un rango de 6.5 a 8.0. Un pH fuera de este rango reduce la diversidad en los ríos, ya que interfiere en los sistemas fisiológicos de la mayoría de los organismos y puede reducir su reproducción. Un pH bajo permite que los compuestos tóxicos estén disponibles para su absorción por las plantas y los animales acuáticos. Esto puede producir condiciones de toxicidad para la vida acuática, en especial a las especies sensibles, como la trucha arco iris (EPA, 2014).

Los criterios de calidad del agua para uso agrícola de riego del Acuerdo Ministerial 020 para pH es de 6 a 9 unidades de pH. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

Turbidez y sólidos suspendidos

La turbidez es una medida de la claridad del agua. Los sólidos suspendidos incluyen partículas del suelo, algas, plancton, microbios y otras sustancias. Estos materiales están típicamente en el rango de tamaño de 0.004 mm (arcilla) a 1.0 mm (arena). Una mayor turbidez aumenta la temperatura del agua debido a que las partículas suspendidas absorben más calor; también reduce la cantidad de luz que penetra el agua, lo que reduce la fotosíntesis esto a su vez, reduce la concentración de OD. Fuentes de turbidez incluyen: erosión del suelo, descarga de residuos, escorrentía urbana, erosión de las riberas, un gran número de peces que se alimentan del fondo (como la carpa), que suscitan los sedimentos, el crecimiento excesivo de microalgas (EPA, 2014).

2.2 Índices de calidad del agua

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como un valor del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano o igual a 100 (Belmonte, 2009).

Los índices de calidad del agua (ICA por sus siglas en español) son matrices reductoras que evalúan la interacción de las variables, relativo a los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de la muestra que son fáciles de interpretar para los técnicos, y el público en general (Beron, 1984). El ICA es un número único que muestra la calidad del agua de los diversos cuerpos a través de la medición de los parámetros según su categoría específica (Koç, 2010). Ya en Alemania en 1848 se intentaba relacionar la presencia microbiológica con la calidad del agua y desde los años 70s del siglo XIX en Europa los diversos países buscaron reducir numéricamente el criterio de calidad de los diversos cuerpos de agua al servicio del hombre (Torres, Cruz, & Patiño, 2009). En Estados Unidos Brown (1970) Mediante NSF (Fundación de Sanidad Nacional de EEUU), como sponsor desarrollaron el denominado ICA (R. Brown, 1970). En España Queralt desarrolló el denominado Índice Clasificado de Calidad del Agua (ISQA) a través del análisis de 5 parámetros físico químicos destinados a evaluar 6 usos específicos del agua. Dinius a su vez implementó el ICA basado en 12 parámetros físico, químicos y micro bacteriológicos seleccionados mediante el método Delphi; (Queralt i Torell, 2014). En Colombia, Rojas (1991), adaptó el ICA-NSF a las características paramétricas del río Cauca, en base al comportamiento de los

diversos parámetros temporal y espacial, modificando los pesos porcentuales de cada uno de los parámetros de acuerdo a su importancia en la evaluación de la calidad del agua. El cálculo del índice de calidad del río según Rojas equivale al siguiente modelo matemático aditivo: El ICA se obtiene de la suma de los productos resultantes entre los subíndices y los pesos o ponderaciones de cada variable indicado en la figura 1., (Patiño, Holguín et.al 2013).

$$ICA_a = \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

Figura 1: Formula del cálculo del índice de calidad de un río

En el cual: W_i = Ponderación del parámetro i ; I_i = Índice del parámetro i (ver anexo 1).

Los parámetros que analiza el ICA Rojas se enlistan a continuación: oxígeno disuelto; pH; DBO₅; coliformes fecales, turbidez y sólidos suspendidos Totales.

La ponderación específica de cada uno de los parámetros se presenta en la tabla 1.

Tabla #1: Comparación de ponderaciones de variables entre el ICA Rojas y el ICA NSF

Parámetro	Ponderación Rojas	Ponderación NSF
Oxígeno Disuelto.	0,25	0,17
pH.	0,17	0,12
DBO ₅ .	0,15	0,10
Coliformes Fecales.	0,21	0,15
Turbiedad.	0,11	0,08
Sólidos Suspendidos Totales	0,11	0,08
Nitratos	-	0,10
Fosfatos	-	0,10
Temperatura	-	0,10
Total	1	1

Fuente: (Rojas, 1991); (NSF-National Sanitation Fundation, 2006)

Rojas mediante un análisis del comportamiento de las variables concluyó que los nitratos y fosfatos eran despreciables por las bajas concentraciones, y la Temperatura (ΔT) no era importante en el cálculo del ICA pues en el río no

existían descargas que pudiesen afectar notablemente la temperatura del agua. Así Rojas propuso un Índice Multiplicativo según las condiciones específicas del Río (Rojas, 1991). Rango de valores del ICA según (Rojas, 1991) y NSF (Jiménez M., 2006) se presenta en la tabla #2.

Tabla #2: Rango de los valores ICA según índices Rojas y NSF

Valores ICA	Criterio Rojas	Criterio NSF
0-25	Muy mala	Calidad muy mala (MM)
26-50	Inadecuada	Calidad mala (M)
51-70	Aceptable	Calidad media (R)
71-90	Buena	Calidad buena (B)
91-100	Óptima	Calidad excelente (E)

Fuente: (Rojas, 1991); (NSF-National Sanitation Fundation, 2006)

De los estudios se concluye que la elección de los índices de calidad más adecuada obedece a las condiciones favorables propias de cada uno de los diferentes cuerpos de agua.

2.3 Normativa relacionada calidad de agua en cuerpos naturales

Acuerdo Ministerial 028

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es 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 y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria, rige en todo el territorio nacional y sustituye al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULAS). (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

La presente norma técnica determina o establece:

1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los

diferentes actores establecidas en la ley; 3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; 4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; 5. Permisos de descarga; 6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas, de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas; 7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015). La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).

La tabla 3 establece una comparativa entre los criterios permisibles de concentración de parámetros en aguas dulces para uso agrícola.

Tabla #3: Criterios de calidad del agua para uso agrícola

Parámetros	Unidad	Uso agrícola
Potencia Hidrogeno	pH	6 - 9
Oxígeno Disuelto	mg/L	-
Cadmio	mg/L	0.05
Plomo	mg/L	5
DBO ₅	mg/L	-
Coliformes Fecales	UFC/100mL	1000
Grasas y Aceites	mg/L	ausencia
Sólidos Suspendedos	mg/L	-
Tensoactivos	mg/L	-

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

El Acuerdo Ministerial 028 es el actual Marco legal que permite evaluar los niveles máximos permisibles para evaluar los parámetros en el presente estudio

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño

La investigación es de tipo descriptivo, de diseño no experimental, de campo, con enfoque cuantitativo.

3.2 Puntos de muestreo

Se eligieron cinco puntos de muestreo que se detallan en la tabla # 4 y en la Figura2.

Las variables de potencial hidrogeno (pH), oxígeno disuelto (OD) y temperatura (T) se determinaron *in situ* mediante un equipo multi paramétrico marca HACH, modelo HQ4OD. En laboratorio se analizaron las variables: coliformes fecales (CF), cadmio (Cd), plomo (Pb), DBO₅ (DBO), fósforo (P), aceites y grasas (AG), turbidez (TB), y tensoactivos (TA).

Las muestras fueron colectadas siguiendo un protocolo de toma y conservación de muestras. Las muestras se recolectaron en frascos de vidrio ámbar los mismos que fueron enjuagados con la misma agua del sitio, tres veces antes de tomar la muestra definitiva con la boca del recipiente orientada en sentido contrario a la corriente del rio, por lo menos a 30 cm por debajo de la superficie o a 30 cm por encima del fondo tomando en cuenta no remover los depósitos del fondo. Para la preservación de las muestras se utilizó 2 mL de HNO₃ y H₂SO₄ según los parámetros a ser analizados. Para la toma de muestras microbiológica se utilizó

envases estériles. En el caso de la toma de muestra en la descarga del río, el riesgo de contaminación en el momento de efectuar la toma de muestra es muy alto y fue necesario extremar las precauciones para no falsear la muestra tomada. Las muestras tomadas se rotularon incluyendo a la persona que tomó la muestra, fecha y ubicación y se transportaron en un cooler con hielo al laboratorio LABCESTTA con acreditación del SAE OAE LE 2C 06-008 para ser ingresadas, distribuidas y analizadas.

El protocolo de toma y preservación de la muestra se desarrollo de acuerdo al Procedimiento Especifico "Toma de muestras de aguas", recogido del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater edición 22 (2014), que es de carácter internacional, y en las que se encuentra protocolizado todo el proceso, desde la etapa de toma de muestra, codificación, envasado, conservación, traslado, ingreso, distribución y la aplicación de método o métodos de ensayo para efectuar la determinación de que se trate, en orden a asegurar la calidad del proceso.

La época en la cual se realizo el estudio corresponde a la lluviosa que de acuerdo (INAMHI. 2012) los meses de mayor precipitacion media mensual en Chambo corresponden a Mayo (105.2 mm) y Octubre (159.6 mm). El estudio se realizo en el mes de mayo del 2015 por triplicado con las siguientes características: presencia de lluvia, temperatura promedio 13.5°C.

En la tabla 4 se detalla las coordenadas de los puntos de muestreo seleccionados.

Tabla #4: Coordenadas de los puntos muestreados en el sector río Chambo en el tramo comprendido de la unión del río Chibunga hasta Cauhaji Bajo

Sitio	Nombre de referencia	Coordenadas UTM	Criterio de selección
Punto 1	Confluencia del río Chibunga en el río Chambo	765097/9810093	Punto crítico descarga orgánica.
Punto 2	Río Chambo, Hacienda Pantaño	765034/9810055	Actividad agrícola
Punto 3	Puente Río Chambo, ingreso a Chambo	766076/9810578	Punto crítico actividad agrícola, ganadera
Punto 4	Puente Isidro Ayora, Ingreso a Penipe	774192/9826438	Punto crítico, actividad industrial y agrícola
Punto 5	Puente Nuevo, Cauhaji Bajo	776097/9833727	Punto muestreo de control.

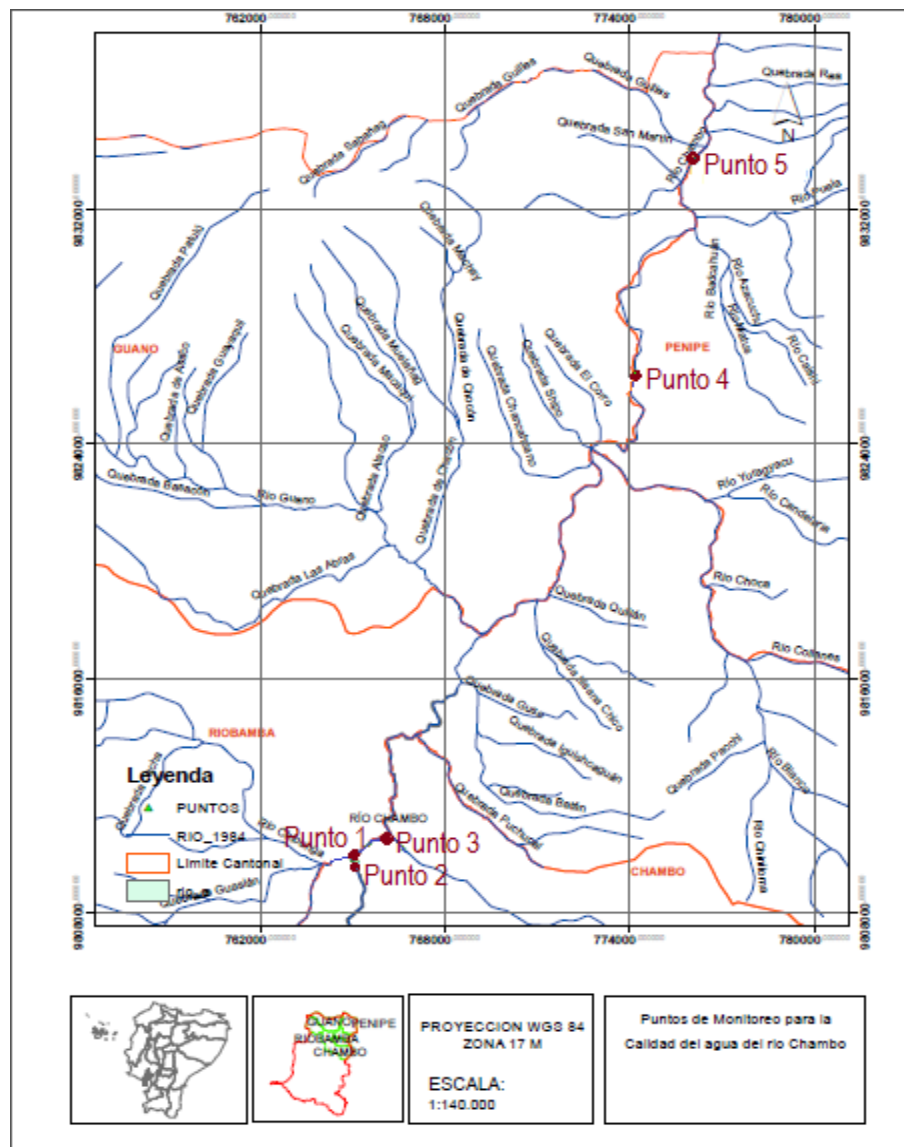


Figura 1: Ubicación de los puntos de muestreo

3.4 Análisis de los resultados

Las muestras tomadas se llevaron al laboratorio para ser analizadas utilizando métodos tomados del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater edición 22 (2014), que es de carácter internacional. Para el desarrollo de los métodos de ensayo y el aseguramiento de la calidad de los mismos se aplicó control de los datos como cartas control, duplicados, material de referencia. Los resultados de los parámetros se ingresaron y graficaron utilizando el paquete SPSS versión 21; los resultados de las variables analizadas fueron utilizados para el cálculo y evaluación del Índice de Calidad del agua del Río Chambo a través del Índice de Calidad Rojas.

Los promedios de cada uno de los parámetros en estudio se compararon con los valores del acuerdo ministerial 0.28 (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015), utilizando la prueba estadística t-student (Ver Anexo 2).

Se utilizó ANOVA para comparar los promedios de los parámetros en los diferentes puntos de muestreo, verificando previamente los supuestos. Las diferencias significativas fueron establecidas utilizando la prueba Tuckey b.

Se eligió el índice Rojas colombiano por ser más adecuado para los ríos cercanos al Ecuador que nacen en las montañas de los andes, atraviesan la serranía y son tributarios de ríos más grandes en la región amazónica; a diferencia de los índices americanos que caracterizan las peculiaridades de los ríos de los EEUU bajo condiciones geográficas, antropogénicas y climáticas distintas. El índice relaciona los parámetros más importantes de monitoreo para determinar la calidad de agua del río Chambo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores correspondientes al pH en cada punto de monitoreo caen dentro del rango normativo como se aprecia en la figura 3A y en la tabla 5.

Tabla #5: Nivel de cumplimiento de la variable pH

Variable	N	Media Unidades de pH	Desviación típ.	Error típ. de la media	Criterio de Calidad Tabla 4 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
pHP1	3	7.58	0.046	0.015	6 -9	Cumple
pHP2	3	7.21	0.036	0.012	6 -9	Cumple
pHP3	3	7.30	0.049	0.016	6 -9	Cumple
pHP4	3	7.57	0.066	0.022	6 -9	Cumple
pHP5	3	7.63	0.137	0.046	6 -9	Cumple

Se obtuvo un nivel de oxígeno disuelto bajo en el punto 1 de la confluencia del río Chibunga en el río Chambo en comparación con los otros puntos, coincidentemente en el mismo punto se registró la mayor concentración de coliformes de hasta 800 veces lo establecido por la tabla 4 del Acuerdo Ministerial 028 del MAE como se aprecia en la figura 3B y figura 3C y tabla #5 y #6, esta cuenca pasa por la ciudad de Riobamba que es el asentamiento con mayor riego antrópico de la zona, con actividades agrícolas, ganaderas e industriales y se presume de que este sea el principal aporte de materia contaminante tipo orgánica (Coello J., 2013).

A pesar del valor de oxígeno disuelto en el punto 1 (5.16 mg/L), la generalidad de los resultados es óptima para el mantenimiento de la vida acuática. Cabe indicar que el Acuerdo Ministerial 028 establece que el OD no puede ser menor al 80% de oxígeno saturado o menor a 6 mg/L.

Tabla #6: Nivel de cumplimiento de la variable oxígeno disuelto

Variable	n	Media mg/L	Desviación típ.	Error típ. de la media	Criterio de Calidad Tabla 3 Acuerdo 028 a 80 % saturación	Nivel de cumplimiento
ODP1	3	5.16	0.006	0.002	6.0	No cumple
ODP2	3	7.43	0.006	0.002	6.0	Cumple
ODP3	3	7.25	0.010	0.003	6.0	Cumple
ODP4	3	7.44	0.006	0.002	6.0	Cumple
ODP5	3	7.50	0.057	0.019	6.0	Cumple

Tabla #7: Nivel de cumplimiento de la variable coliformes fecales

Variable	N	Media NMP/100mL	Desviación típ.	Error típ. de la media	Criterio de Calidad Tabla 4 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
CFP1	3	816666.67	76376.262	25458.754	1000	No cumple
CFP2	3	3966.67	305.505	101.835	1000	No cumple
CFP3	3	46666.67	2081.666	693.889	1000	No cumple
CFP4	3	14700.00	556.776	185.592	1000	No cumple
CFP5	3	13600.00	300.000	100.000	1000	No cumple

El cadmio, que ingresa en los sistemas acuáticos a través de la erosión de los suelos y la roca madre, descarga directa de las operaciones industriales, lodos y fertilizantes en la agricultura; en el río Chambo tuvo una concentración mucho más alta que lo prescrito por el Acuerdo Ministerial 028 indicado en la tabla #8.

Tabla #8: Nivel de cumplimiento de la variable cadmio

Variable	N	Media mg/L	Desviación típ.	Error típ. de la media	Criterio de Calidad Tabla 4 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
CdP1	3	0.44	0.004	0.001	0.05	No cumple
CdP2	3	0.31	0.028	0.009	0.05	No cumple
CdP3	3	0.30	0.004	0.001	0.05	No cumple
CdP4	3	0.68	0.035	0.012	0.05	No cumple
CdP5	3	0.21	0.017	0.006	0.05	No cumple

La concentración de plomo es mayor a la normativa 028 en los puntos 3 y 4 como se aprecia en la figura 3E y en la tabla #9; puede bioacumularse en los organismos

vivos a lo largo de la cadena alimentaria (trófica) y se presume que su presencia se debe a la actividad humana como actividad agrícola – ganadera, industrial y vehicular que es muy alta.

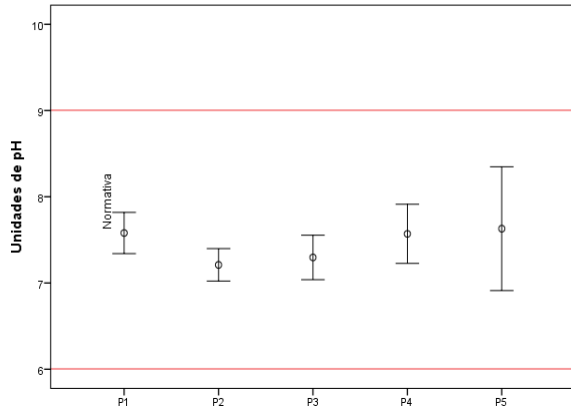
Tabla #9: Nivel de cumplimiento de la variable plomo

Variable	N	Media mg/L	Desviación típ.	Error típ. de la media	Criterio de Calidad Tabla 4 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
PbP1	3	3.95	0.045	0.015	5.0	Cumple
PbP2	3	4.64	0.207	0.069	5.0	Cumple
PbP3	3	7.85	0.157	0.052	5.0	No cumple
PbP4	3	13.73	0.111	0.037	5.0	No cumple
PbP5	3	4.37	0.147	0.049	5.0	Cumple

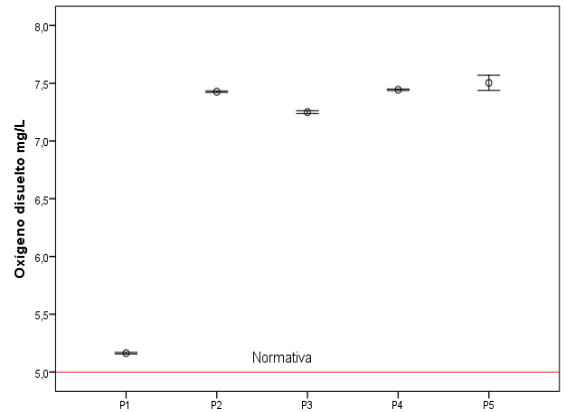
El DBO₅, que es un indicativo de la degradación de la materia orgánica en el agua, tuvo un valor alto en el punto 4 correspondiente al puente Isidro Ayora al ingreso a Penipe (13.75 mg/L), en comparación con los otros puntos de monitoreo como se aprecia en la figura 3D y tabla #10. Este comportamiento podría ser por el efecto contaminante de la unión de microcuencas que se unen en puntos previos al Puente Isidro Ayora en el río Chambo.

Tabla #10: Nivel de cumplimiento de la variable DBO₅

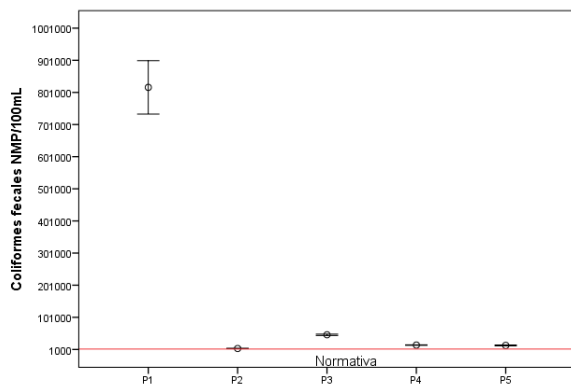
Variable	N	Media mg/L	Desviación típ.	Error típ. de la media	Criterio de Calidad Tabla 4 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
DBO5P1	3	20.00	0.00	0.000	No indica	-
DBO5P2	3	40.00	0.000	0.000	No indica	-
DBO5P3	3	35.00	0.000	0.000	No indica	-
DBO5P4	3	75.00	0.000	0.000	No indica	-
DBO5P5	3	20.00	0.000	0.000	No indica	-



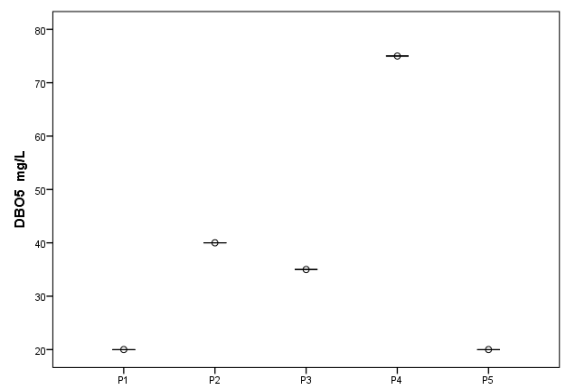
A. pH



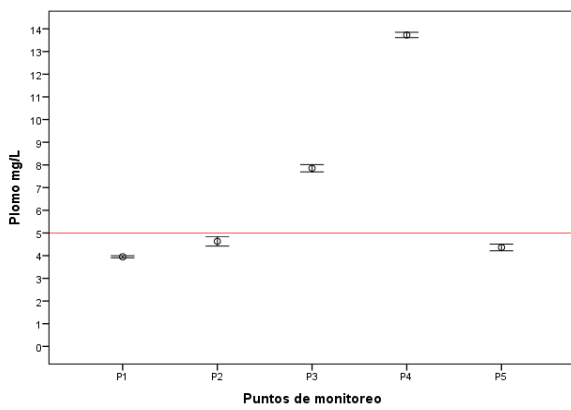
B. Oxígeno Disuelto



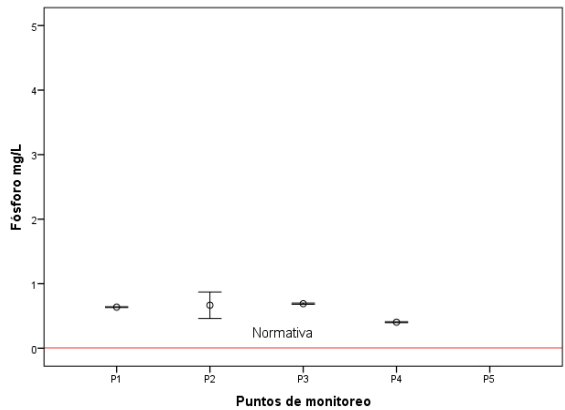
C. Coliformes fecales



D. DBO5



E. Plomo



F. Fosforo

Figura 3. Concentración de pH, oxígeno disuelto, coliformes fecales, DBO5, plomo y fosforo en los diferentes puntos de muestreo

El fosforo proviene de fertilizantes eliminados del suelo por el viento y/o el agua, presencia de pesticidas que se agrega a los cultivos (Veloz, 2014). La

concentración de fósforo a lo largo de todos los puntos monitoreados del Río Chambo se mantiene constante con un incremento en el punto 4 Puente Isidro Ayora, como se aprecia en la figura 3F. Se presume debido a las descargas de aguas residuales, fertilizantes eliminados por el lavado del suelo de cultivos, detergentes y heces de animales y humanos de poblaciones vecinas como Tamaute, Guasazo, Pungal, Cubijies, Río Blanco (Veloz, 2014).

Tabla #11: Nivel de cumplimiento de la variable fósforo

Variable	N	Media mg/L	Desviación típ.	Error tít. de la media	Criterio de Calidad Tabla 4 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
PP1	3	0.64	0.006	0.002	No indica	-
PP2	3	0.68	0.015	0.005	No indica	-
PP3	3	0.69	0.010	0.003	No indica	-
PP4	3	0.40	0.006	0.002	No indica	-
PP5	3	0.59	0.017	0.006	No indica	-

Los aceites y grasas en las aguas de riego, al tener contacto con los cultivos, perturban el ingreso de los rayos solares, impidiendo el desarrollo biológico correspondiente. Se obtuvo una concentración alta de aceites y grasas en el río Chambo en los 5 puntos teniendo en cuenta que la normativa correspondiente indica ausencia, ver figura 4A y tabla #12. Esto se debe al posible efecto de la descarga de agua residuales de industrias lácteas, queseras, descargas de aguas domesticas de las poblaciones cercanas al río (Arango., Garcés, 2007).

Tabla #12: Nivel de cumplimiento de la variable aceites y grasas

Variable	N	Media mg/L	Desviación típ.	Error tít. de la media	Criterio de Calidad Tabla 4 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
AGP1	3	0.37	0.058	0.019	Ausencia	No cumple
AGP2	3	0.63	0.058	0.019	Ausencia	No cumple
AGP3	3	0.53	0.058	0.019	Ausencia	No cumple
AGP4	3	0.73	0.058	0.019	Ausencia	No cumple
AGP5	3	0.63	0.058	0.019	Ausencia	No cumple

Los tensoactivos se incluyen en el río por las descargas de aguas negras y grises y de las aguas industriales, producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana (Echarri, 2007). La concentración de tensoactivos se encuentran debajo del límite permisible del Acuerdo 028, sin embargo se obtuvo una concentración mayor en el punto 4 de muestreo que corresponde al puente Isidro Ayora al ingreso a la ciudad de Penipe como se aprecia en la figura 4B y tabla #13.

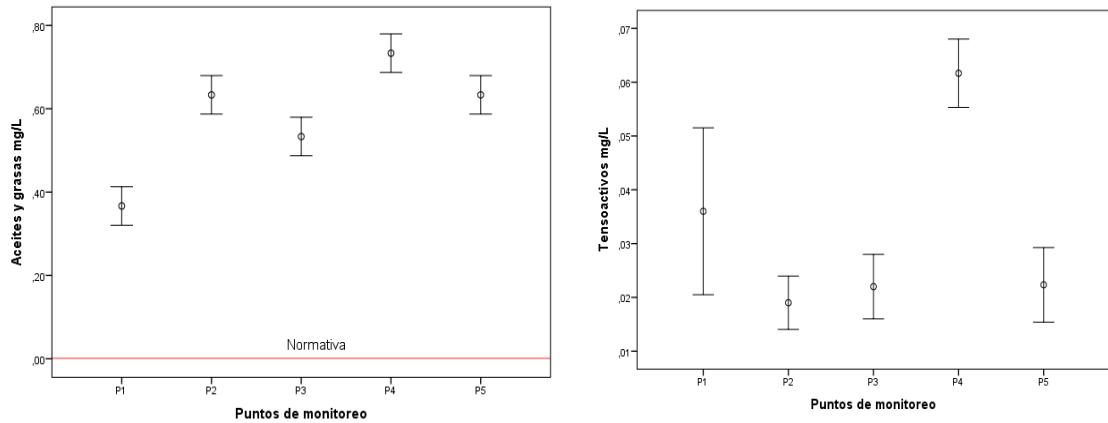
Tabla #13: Nivel de cumplimiento de la variable tensoactivos

Variable	N	Media mg/L	Desviación típ.	Error tít. de la media	Criterio de Calidad Tabla 3 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
TAP1	3	0.04	0.011	0.004	0.5	Cumple
TAP2	3	0.02	0.004	0.001	0.5	Cumple
TAP3	3	0.02	0.004	0.001	0.5	Cumple
TAP4	3	0.06	0.005	0.002	0.5	Cumple
TAP5	3	0.02	0.005	0.002	0.5	Cumple

La turbidez se relaciona con el volumen de sólidos suspendidos y se ve un incremento en el punto 4 correspondiente al puente Isidro Ayora como se aprecia en la figura 4C y tabla #14. Este comportamiento se presume que sea producto de la descarga de efluentes y la erosión por la actividad minera de la zona.

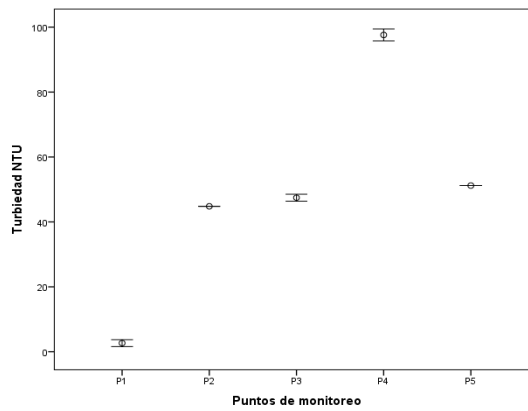
Tabla #14: Nivel de cumplimiento de la variable turbidez

Variable	N	Media mg/L	Desviación típ.	Error tít. de la media	Criterio de Calidad Tabla 3 Acuerdo 028	Nivel de cumplimiento
TBP1	3	2.67	0.924	0.53	No indica	-
TBP2	3	44.80	0.000	0.00	No indica	-
TBP3	3	47.47	0.924	0.53	No indica	-
TBP4	3	97.60	1.600	0.92	No indica	-
TBP5	3	51.20	0.000	0.00	No indica	-



A. Aceites y grasas

B. Tensoactivos



C. Turbidez

Figura 4. Concentración de aceites y grasas, tensoactivos y turbidez en los diferentes puntos de muestreo

4.1 Índice de Calidad del agua del Río Chambo

Para la aplicación del índice ICA Rojas (1991) se realizó el análisis de los parámetros en cada punto de muestreo, como lo indica la Figura 5 (Ver Anexo 3).

La figura 5 presenta el resultado del Índice ICA Rojas, 1991 para los cinco puntos de muestreo donde los niveles de calidad del agua tienen un nivel de precisión óptimo y se ubican en la franja correspondiente a la categoría ACEPTABLE dentro del rango que corresponde a 51-70.

Baustista, V. (2011), en su tesis de pregrado denominada: Estudio de la calidad del agua de la cuencas del Rio Chambo en época de estiaje, aplica el índice de calidad de agua WQI y determina que la calidad del agua del Rio Chambo en época de estiaje es de calidad BUENA (13,3 %) y MEDIA (86,7 %); y en época de lluvia la calidad BUENA (10,0 %) y MEDIA (90,0 %), concluyendo que la calidad del agua mejora en época de lluvia y que la Cuenca del Río Chambo se encuentra en condiciones buenas de calidad.

Aplicando la tabla #2 de este estudio "Índice de calidad del agua" el criterio ICA Rojas para el Rio Chambo en época de lluvia tiene el valor más bajo de 58.14 ACEPTABLE en el punto 2 de la confluencia del Rio Chibunga al Rio Chambo y el valor más alto de 61.83 ACEPTABLE en el punto 1 que corresponde a la hacienda Pantaño.

Según el criterio WQI valores entre 51-70 corresponde a un Índice de calidad MEDIA existiendo un decremento de la calidad del Rio Chambo entre el año 2011 a 2015 en época de lluvia.

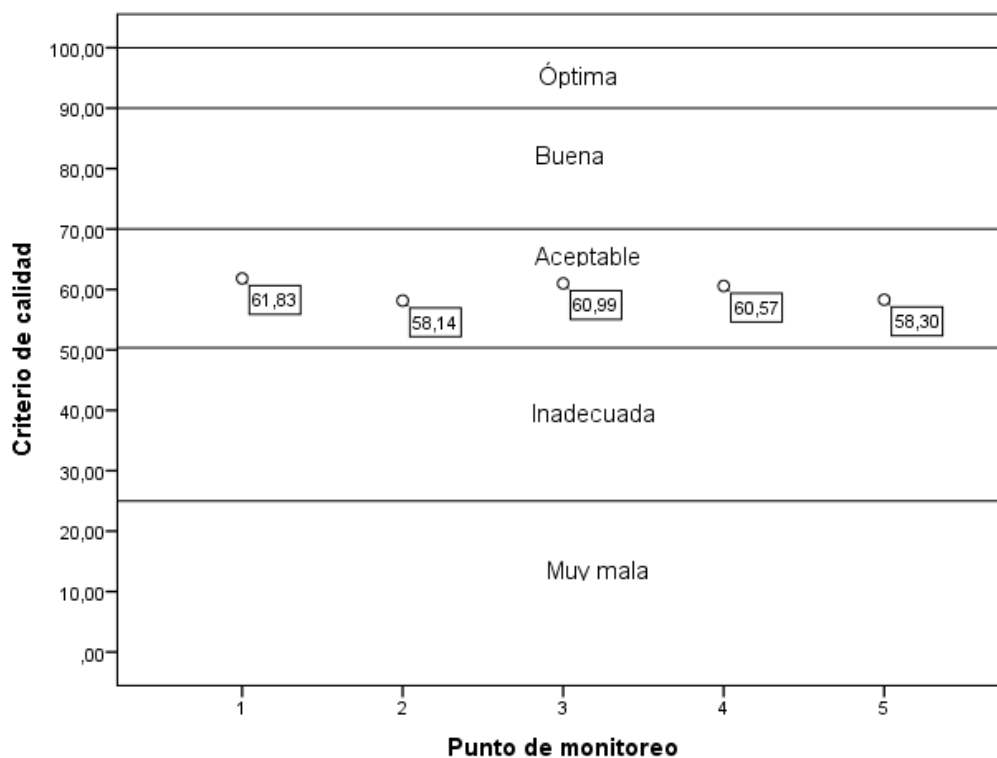


Figura 5: Criterio de calidad del agua según el rango ICA Rojas, para cada punto de monitoreo en el río Chambo, provincia del Chimborazo.

5. CONCLUSIONES

- Se calculó el Índice de Calidad del agua del Río Chambo aplicando el ICA Rojas, en el sector comprendido entre el punto “Hacienda Pantaño” hasta “Puente Nuevo, Cahuaji Bajo”, cuya evaluación indica que es ACEPTABLE (61.83 a 58.30).
- La Confluencia del río Chibunga en el río Chambo (punto1) no afecta en la calidad global del agua del río según el cálculo de los parámetros del Índice de Calidad de agua utilizado, cuyo valor es 58.14.
- En la Confluencia del río Chibunga en el río Chambo (punto 1), el parámetro Coliformes fecales con 816666,75 NMP/100mL, se registra como la

concentración más elevada, a pesar de que todos los puntos están por encima de la norma, lo que no es recomendable para uso de riego.

- La variable aceites y grasas se encuentra alto en todos los puntos y principalmente en el Puente Isidro Ayora (0,73 mg/L).
- El Índice de calidad de agua Rojas (1991), como otros índices no valora algunas variables que son de vital importancia para la salud humana como los metales pesados. En el punto 3 (puente ingreso a Chambo) y punto 4 (puente Isidro Ayora), se registró una concentración de plomo mayor de lo que se esperaba según la normativa descrita (7,85 y 13,73 mg/L respectivamente). La concentración de cadmio en todos los puntos estudiados se encuentran elevados y especialmente en el punto 4 puente Isidro Ayora (0,68 mg/L), por lo que no es recomendable para uso de riego.

6. RECOMENDACIONES

- Es fundamental determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) que se ajuste a las realidades del Río Chambo aplicando el método Delphy que hace uso de la consulta a expertos, la normativa ambiental ecuatoriana y las condiciones ambientales del río.
- Realizar el muestreo en los mismos puntos estudiados en época de estiaje.
- Los resultados se entregarán a los organismos de control, el GADM del cantón Riobamba y al GADP de Chimborazo, para que implementen el control en origen de las descargas mediante ordenanzas adecuadas y se

construyan plantas de tratamiento que permitan el cumplimiento del Acuerdo Ministerial 028, para evitar la contaminación del río Chambo y sus afluentes.

- Realizar un Plan de Manejo Ambiental integral y una campaña de implementación de la misma a la población cercana al río Chambo sobre el cuidado y el manejo de la cuenca.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, A., & Garcés, L. (2007). Tratamiento de aguas residuales. *Produccion mas Limpia*, 23-30.
- Archer, A. (2005). Review of Amazonian Depositional Systems, in . *Fluvial Sedimentology VII*, doi: 10.1002/9781444304350.ch2.
- Arriaza, A. (Febrero de 2008). Estadística Básica con R y R Commander. Cádiz, España.
- Asamblea. (2014). *COIP*. Quito: Asamblea del Ecuador.
- Atherholt, T. B., Bousenberry, R. T., Carter, G. P., Korn, L. R., Louis, J. B., Serfes, M. E. and Waller, D. A. (2013). Coliform Bacteria in New Jersey Domestic Wells: Influence of Geology, 562–574. doi: 10.1111/j. *Laboratory, and Method. Groundwater*, 51, 562-74.
- Bautista., I. V. (2012). “Estudio De La Calidad Del Agua De La Cuenca Del Río Chambo En Época De Estiaje”. *Tesis De Grado*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Behar, R. Z. (2011). Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Casos Ríos Cali y Meléndez. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 1(1), 17-27.
- Belmonte, C. (2009). Monitoreo de la Calidad del agua del Rio Caoni en el sector de Puerto Quito - Provincia de Pichincha. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Beron, L. E. (1984). Evaluación de la Calidad de las Aguas de los Ríos de la Plata y Matanza Riachuelo mediante la utilización de índices de calidad de agua. . *In Evaluación de la calidad de las aguas de los ríos de La Plata y Matanza Riachuelo*.
- Brown, R. M. (1970). A Water Quality Index – Do We Dare?. *Water and Sewage Works*, vol. 11, 339 - 343.

- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2015). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 111-124.
- CESA – AVSF. (Octubre de 2010). Diagnostico de la Subcuenca. *Proyecto Gestión Concertada De La Subcuenca Del Río Chambo*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Chang, G. J. (2009). *Limnología*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica Del Litoral.
- Coello J., O. R. (2013). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocha - Parque Nacional Sangay - Ecuador. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Echarri, L. (2007). Contaminación del agua. En L. Echarri, *Población, ecología y ambiente* (pág. 25). Navarra.
- EPA. (9 de Octubre de 2014). *DBO5 y Oxígeno disuelto*. Obtenido de <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms52.cfm>
- EPA. (14 de Octubre de 2014). *PH*. Obtenido de http://www.epa.gov/caddis/ssr_ph_int.html
- EPA. (6 de Marzo de 2014). *Turbiditi*. Obtenido de <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms511.cfm>
- Gómez, J., & Vicente, J. (2012). *Gómez, J., & Vicente, J. (2012). Calidad de agua*.
- Granda, C. (2010). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de CUENCAS HIDROGRAFICAS HACIA UN DESARROLLO SOSTENIBLE: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CFYQFjAJahUKEwiAi6zfrsjHAhWBmR4KHfAkCYI&url=http%3A%2F%2Fwww.pnuma.org%2Fagua-miaac%2FREGIONAL%2FMATERIAL%2520ADICIONAL%2FPRESE>

NTACIONES%2FPARTICIPANTES%2FECUADOR%2FRecursos%252
0Hidr

INAMHI., S. M. (s.f.). Memoria Técnica Canton Chambo. *Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Jiménez M., V. M. (2006). Análisis comparativo de Indicadores de la Calidad de agua superficial. *Avances de Recursos Hidráulicos*, 63.

Koç, C. (2010). A Study on the Pollution and Water Quality Modeling of the River Büyük Menderes, Turkey. *Clean Soil Air Water*, 38, 1169–1176. doi: 10.1002/clen.201000324.

Lenntech. (2006). *Calidad del Agua*. Obtenido de Agua residual & purificación del aire: http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3_Calidad_del_agua.pdf

López Jiménez, A. P., Espert Alemany, V., Carlos Alberola, M., & Martínez Solano, F. J. (2003). Metodología para la calibración de modelos de calidad de aguas. *López Jiménez, A. P., Espert Alemany, V., Carlos Alberola, M., & Martín Ingeniería del agua vol. 10, núm. 4*.

Lounda & William. (2014). *What is Fecal Coliform? Why is it Important?* Clemson.

Márquez, T. (12 de 2014). Evaluación de la capacidad de remoción de contaminantes del agua de un lago urbano mediante el uso de humedales flotantes. Xalapa, Mexico.

Mayaguez, U. d. (2009). <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (13 de 02 de 2015). Acuerdo Ministerial No.028. Ecuador.

- Naranjo, L. (2013). *Caracterización hidrogeológica la subcuenca del río Chambo*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Nava-Ruíz, C. &.-A. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). . *Arch Neurocién (Mex)*, 16(3), 140-147.
- NSF-National Sanitation Fundation. (2006). *Consumer Information: Water Quality Index (WQI)*. Obtenido de http://www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp
- Patiño, P., Holguín, J., Barba Ho, L., Cruz, C., Ramírez, C., Duque, A., Baena, L.,. (2013). *Metodología para la adaptación de un índice de calidad del agua a las condiciones medioambientales en el río Cauca en el tramo Salvajina - La Virginia*. Cali: Universidad del Valle.
- Pilar, Ávila, Estupiñán, Gómez. (12 de 12 de 2005). *Indicadores Microbiológicos De Contaminación De Las Fuentes De Agua*. Colombia: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Posada, E., Mojica, D., Pino, N., Bustamante, C., & Pineda, A. M. (2013). Establecimiento de Índices de calidad ambiental de ríos con bases en el comportamiento del oxígeno disuelto y de la temperatura. *Establishment of environmental quality indices DYNA*, 193.
- Queralt i Torell, R. (2014). La qualitat de les aïgues dels rius. *2a època*, (7), 38-43.
- Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (2002). *Indicadores de contaminación fecal en aguas. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*, 224-229.
- Rico, U. d. (s.f.). <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>.
- Rojas, O. (1991). Seminario Internacional sobre calidad Captación. “*Índices de Calidad del agua en Fuente de Captación*,”.

- Silva-Leal, J., Bedoya-Ríos, D., & Torres-Lozada, P. (2013). Effect of thermal drying and alkaline treatment on the microbiological and chemical characteristics of biosolids from domestic wastewater treatment plants. *Química Nova*, 36(2), 2017-214.
- Torres, M. C. (31 de 05 de 2006). Procedimiento para la Medición de Oxígeno Disuelto. *Manual de Procedimientos Específicos*. Panama, Panama: Universidad Tecnológica de Panamá.
- Torres, P. C. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 79-95.
- Universidad de Pamplona. (1998). *Índices De Calidad (ICAs) y De Contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*. Pamplona.
- Uprn. (2009). <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>.
- UPRM. (2009). <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>.
- USGS. (7 de Agosto de 2015). *Water properties: Dissolved oxygen*. Obtenido de <http://water.usgs.gov/edu/dissolvedoxygen.html>
- Veloz, N. (2014). *Factores condicionantes de contaminación en el río Chambo*. Riobamba: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

8. ANEXOS

Anexo 1: Curvas de función para los parametros del Indice de Calidad del Agua

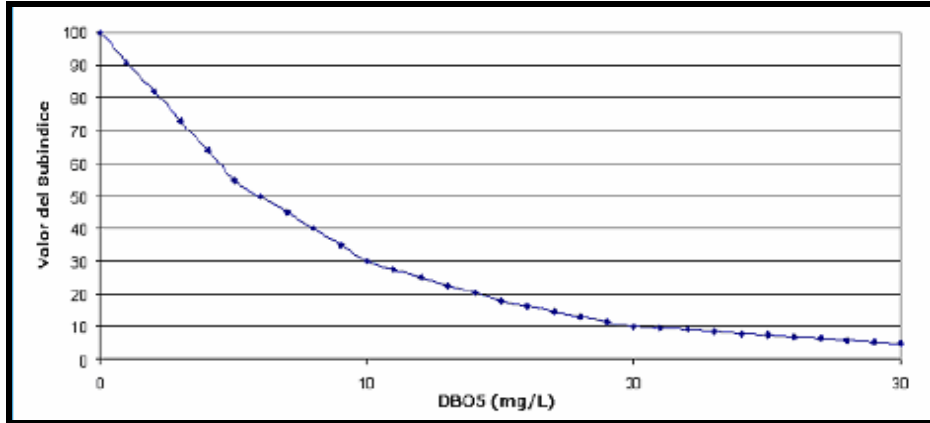


Figura 6: Curva de función DBO5

Fuente: DRM

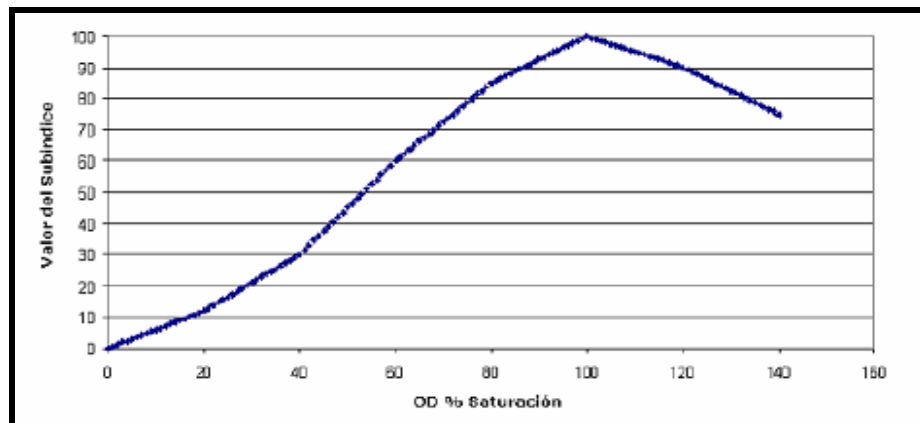


Figura 7: Curva de función oxígeno disuelto

Fuente: DRM

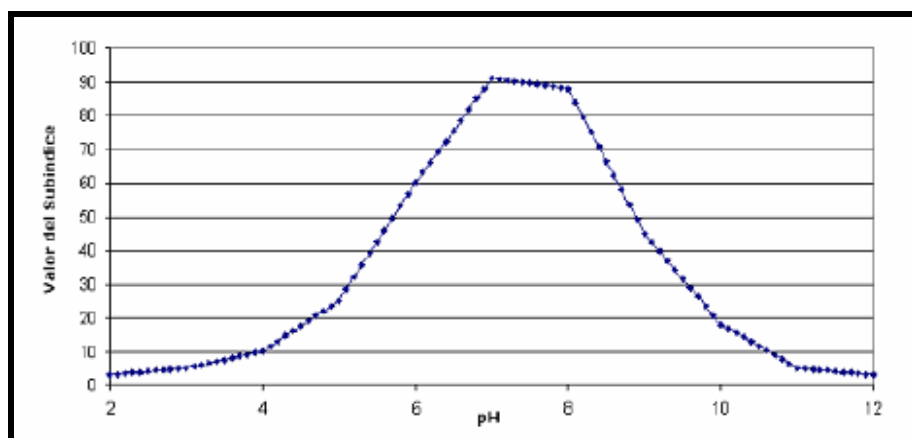


Figura 8: Curva de función pH

Fuente: DRM

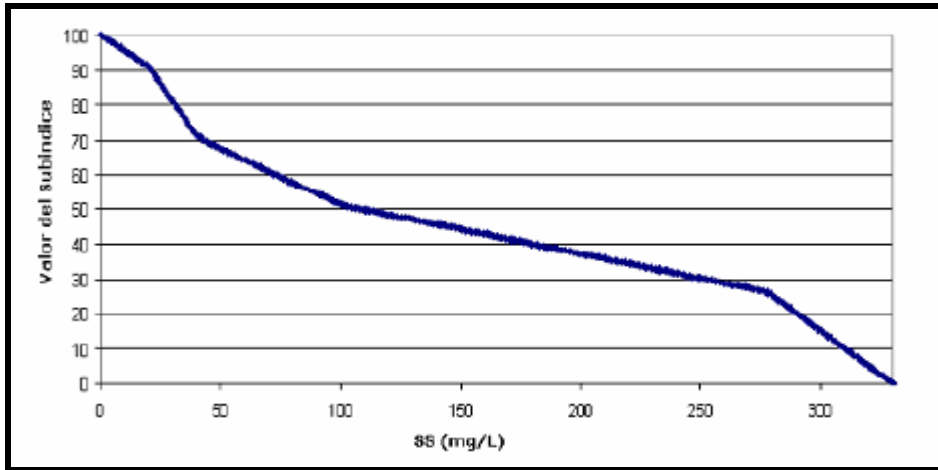


Figura 9: Curva de función sólidos totales
Fuente: DRM

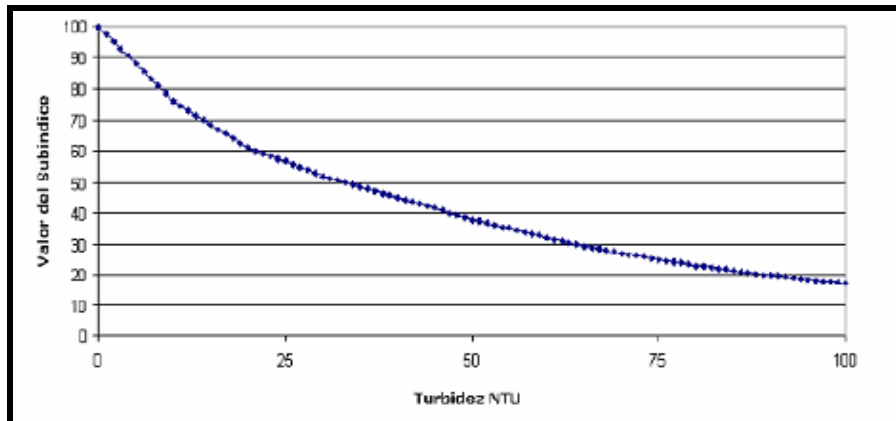


Figura 10: Curva de función turbidez
Fuente: DRM

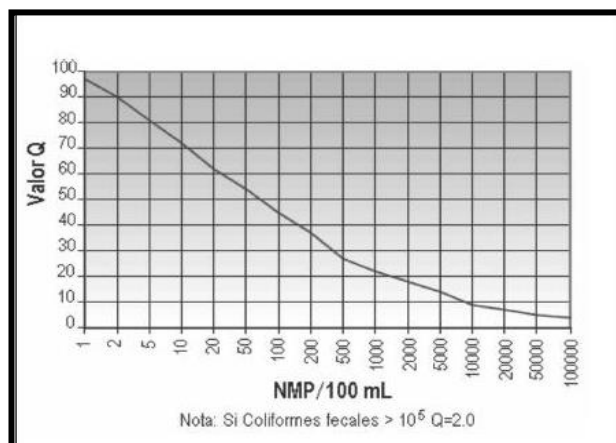


Figura 11: Coliformes fecales
Fuente: DRM

Anexo 2: Procesamiento estadísticos de los datos

Tabla #15: Comparativo muestreo punto por punto

Comparaciones por pares						
Medida: MEASURE_1						
(I)Monitoreo	(J)Monitoreo	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	73874,873	73882,521	1,000	-190728,446	338478,191
	3	69992,864	70000,722	1,000	-180708,156	320693,883
	4	72889,029	72907,773	1,000	-188223,321	334001,379
	5	73000,010	73006,674	1,000	-188466,546	334466,566
2	1	-73874,873	73882,521	1,000	-338478,191	190728,446
	3	-3882,009	3881,799	1,000	-17784,309	10020,290
	4	-985,844	974,769	1,000	-4476,888	2505,201
	5	-874,863	875,849	1,000	-4011,634	2261,909
3	1	-69992,864	70000,722	1,000	-320693,883	180708,156
	2	3882,009	3881,799	1,000	-10020,290	17784,309
	4	2896,165	2907,057	1,000	-7515,188	13307,518
	5	3007,146	3005,953	1,000	-7758,391	13772,684
4	1	-72889,029	72907,773	1,000	-334001,379	188223,321
	2	985,844	974,769	1,000	-2505,201	4476,888
	3	-2896,165	2907,057	1,000	-13307,518	7515,188
	5	110,981	99,133	1,000	-244,054	466,016
5	1	-73000,010	73006,674	1,000	-334466,566	188466,546
	2	874,863	875,849	1,000	-2261,909	4011,634
	3	-3007,146	3005,953	1,000	-13772,684	7758,391
	4	-110,981	99,133	1,000	-466,016	244,054

Basadas en las medias marginales estimadas.

a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

Tabla #16: Anova pH

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,434	4	0,108	18,669	0,000
Intra-grupos	0,058	10	0,006		
Total	0,492	14			

Tabla #17: Anova Oxígeno Disuelto

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	12,176	4	3,044	4433,019	0,000
Intra-grupos	0,007	10	0,001		
Total	12,183	14			

Tabla #18: Anova Cadmio

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,406	4	0,101	234,115	0,000
Intra-grupos	0,004	10	0,000		
Total	0,410	14			

Tabla #19: Anova Pb

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	203,498	4	50,874	2434,181	0,000
Intra-grupos	0,209	10	0,021		
Total	203,707	14			

Tabla #20: Anova DBO

Descriptivos								
Resumen								
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P1	3	20,0000	0,00000	0,00000	20,0000	20,0000	20,00	20,00
P2	3	40,0000	0,00000	0,00000	40,0000	40,0000	40,00	40,00
P3	3	35,0000	0,00000	0,00000	35,0000	35,0000	35,00	35,00
P4	3	75,0000	0,00000	0,00000	75,0000	75,0000	75,00	75,00
P5	3	20,0000	0,00000	0,00000	20,0000	20,0000	20,00	20,00
Total	15	38,0000	20,85665	5,38516	26,4500	49,5500	20,00	75,00

Tabla #21: Anova Coliformes fecales

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1527357404000,00	4	381839351000,000	327,020	0,000
Intra-grupos	11676320000,000	10	1167632000,000		
Total	1539033724000,00	14			

Tabla #22: Anova Fósforo

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3,589	4	0,897	1306,757	0,000
Intra-grupos	0,007	10	0,001		
Total	3,596	14			

Tabla #23: Anova Aceites y Grasas

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,231	4	0,058	17,300	0,000
Intra-grupos	0,033	10	0,003		
Total	0,264	14			

Tabla #24: Anova Sólidos suspendidos

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	21249,600	4	5312,400	3984,300	0,000
Intra-grupos	13,333	10	1,333		
Total	21262,933	14			

Tabla #25: Anova Tensoactivos

ANOVA de un factor					
Resumen					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,004	4	0,001	22,944	0,000
Intra-grupos	0,000	10	0,000		
Total	0,004	14			

Tabla #16: Prueba t

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
PHP1	286,497	2	,000	7,58000	7,4662	7,6938
PHP2	346,357	2	,000	7,21000	7,1204	7,2996
PHP3	256,203	2	,000	7,29667	7,1741	7,4192
PHP4	199,950	2	,000	7,57000	7,4071	7,7329
PHP5	96,129	2	,000	7,63000	7,2885	7,9715
ODP1	1549,000	2	,000	5,16333	5,1490	5,1777
ODP2	2228,000	2	,000	7,42667	7,4123	7,4410
ODP3	1255,737	2	,000	7,25000	7,2252	7,2748
ODP4	2233,000	2	,000	7,44333	7,4290	7,4577
ODP5	228,554	2	,000	7,50333	7,3621	7,6446
CdP1	20,294	2	,002	,31000	,2443	,3757
CdP2	89,000	2	,000	,29667	,2823	,3110
CdP3	34,000	2	,001	,68000	,5939	,7661
CdP4	23,434	2	,002	,20667	,1687	,2446
PbP1	149,296	2	,000	3,95000	3,8362	4,0638
PbP2	38,507	2	,001	4,63333	4,1156	5,1510
PbP3	85,972	2	,000	7,85333	7,4603	8,2464
PbP4	211,023	2	,000	13,73000	13,4501	14,0099
PbP5	51,864	2	,000	4,36333	4,0014	4,7253
CFP1	18,520	2	,003	816666,66667	626937,5150	1006395,8183
CFP2	22,489	2	,002	3966,66667	3207,7501	4725,5833
CFP3	38,829	2	,001	46666,66667	41495,5217	51837,8117
CFP4	45,730	2	,000	14700,00000	13316,8907	16083,1093
CFP5	78,520	2	,000	13600,00000	12854,7587	14345,2413
PP1	191,000	2	,000	,63667	,6223	,6510
PP2	76,727	2	,000	,67667	,6387	,7146
PP3	119,512	2	,000	,69000	,6652	,7148
PP4	121,000	2	,000	,40333	,3890	,4177
PP5	-18,659	2	,003	-,5933333	-,730149	-,456518
AGP	11,000	2	,008	,3666667	,223245	,510088
AGP2	19,000	2	,003	,6333333	,489912	,776755
AGP3	16,000	2	,004	,5333333	,389912	,676755
AGP4	22,000	2	,002	,7333333	,589912	,876755
AGP5	19,000	2	,003	,6333333	,489912	,776755
SSP1	5,000	2	,038	3,3333333	,464898	6,201768
SSP3	89,000	2	,000	59,3333333	56,464898	62,201768
SSP4	105,655	2	,000	122,0000000	117,031725	126,968275
NITP1	1376,000	2	,000	4,5866667	4,572324	4,601009
NITP2	643,296	2	,000	5,6733333	5,635388	5,711279
NITP3	728,338	2	,000	6,4233333	6,385388	6,461279
NITP4	672,021	2	,000	5,9266667	5,888721	5,964612
NITP5	222,445	2	,000	8,9900000	8,816110	9,163890
TAP1	5,533	2	,031	,0360000	,008005	,063995
TAP2	9,127	2	,012	,0190000	,010043	,027957
TAP3	8,742	2	,013	,0220000	,011172	,032828
TAP4	23,125	2	,002	,0616667	,050193	,073140
TAP5	7,685	2	,017	,0223333	,009830	,034837

Anexo 3. Índice de Calidad del agua en los puntos de muestreo

Tabla #27: Calidad del agua Rio Chibunga

Parámetro	Resultado	Unidades	Q valor	Factor de ponderación	Total	Calidad
OD	90.1	% Saturación	93	0.25	23.25	
CF	816666.8	NMP/00 mL	7	0.21	1.47	
pH	7.58	Unidades de pH	70	0.17	11.9	
DBO5	20	mg/L	10	0.15	1.5	
Turbidez	2.67	NTU	100	0.11	11.0	
Sólidos totales	3.3	mg/L	82	0.11	9.02	
Calidad del agua					58.14	Aceptable

Tabla #28: Calidad del agua Rio Chambo – Hacienda Pantaño

Parámetro	Resultado	Unidades	Q valor	Factor de ponderación	Total	Calidad
OD	91.8	% Saturación	91	0.25	22.75	
CF	3966.75	NMP/00 mL	20	0.21	4.2	
pH	7.21	Unidades de pH	70	0.17	11.9	
DBO5	40	mg/L	30	0.15	4.5	
Turbidez	44.80	NTU	86	0.11	9.46	
Sólidos totales	3.3	mg/L	82	0.11	9.02	
Calidad del agua					61.83	Aceptable

Tabla #29: Calidad del agua Puente ingreso a Chambo

Parámetro	Resultado	Unidades	Q valor	Factor de ponderación	Total	Calidad
OD	93.7	% Saturación	93	0.25	23.25	
CF	46666.7	NMP/00 mL	8	0.21	1.68	
pH	7.30	Unidades de pH	75	0.17	12.75	
DBO	35	mg/L	30	0.15	4.5	
Turbidez	47.47	NTU	85	0.11	9.35	
Sólidos totales	59.5	mg/L	86	0.11	9.46	
Calidad del agua					60.99	Aceptable

Tabla #30: Calidad del agua Puente Isidro Ayora ingreso a Penipe

Parámetro	Resultado	Unidades	Q valor	Factor de ponderación	Total	Calidad
OD	93.7	% Saturación	93	0.25	23.25	
CF	14700	NMP/00 mL	17	0.21	3.57	
pH	7.57	Unidades de pH	75	0.17	12.75	
DBO	75	mg/L	30	0.15	4.5	
Turbidez	97.60	NTU	67	0.11	7.37	
Solidos totales	122	mg/L	83	0.11	9.13	
Calidad del agua					60.57	

Tabla #31: Calidad del agua Puente nuevo - Cahuaji Bajo

Parámetro	Resultado	Unidades	Q valor	Factor de ponderación	Total	Calidad
OD	93.7	% Saturación	93	0.25	23.25	
pH	7.63	Unidades de pH	75	0.17	12.75	
CF	13600.00	mg/L	16	0.21	3.54	
DBO	20	mg/L	10	0.15	1.5	
Turbidez	51.20	NTU	82	0.11	9.02	
Solidos totales	64	mg/L	88	0.11	9.68	
Calidad del agua					58.3	Acceptable

Anexo 4: Fotografías de los puntos de muestreo



Fotografía 1: Rio Chibunga



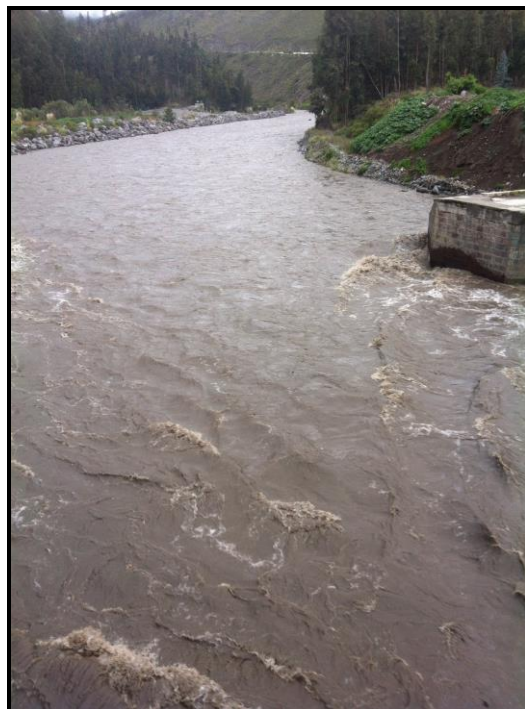
Fotografía 2: Confluencia Rio Chibunga con el Rio Chambo



Fotografía 3: Rio Chambo Hacienda Pantaño



Fotografía 4: Puente ingreso a Chambo



Fotografía 5: Puente Isidro Ayora



Fotografía 6: Puente nuevo Cahuaji Bajo

Anexo 5: Análisis del Laboratorio



Fotografía 7: análisis de tensoactivos



Fotografía 8: Equipo para medir oxígeno disuelto



Fotografía 9: Análisis de Aceites y Grasas