



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA, EN VARIACIONES ESTACIONALES, PROVINCIA DE CHIMBORAZO – ECUADOR, DURANTE EL PERIODO 2014”.**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORES: EDDY SANTIAGO JAQUE CASTELLANO**

**CARMEN LUCÍA POTOĆI GUERRERO**

**TUTOR: Dra. NANCY VELOZ**

Riobamba - Ecuador

2015

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA, EN VARIACIONES ESTACIONALES, PROVINCIA DE CHIMBORAZO – ECUADOR, DURANTE EL PERIODO 2014”**, de responsabilidad de las Sres. Egresados Eddy Santiago Jaque Castellano y Carmen Lucia Potocí Guerrero, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Nancy Cecilia Veloz <b>DECANA FAC. CIENCIAS</b>	.....	.....
Ing. Fernanda Rivera <b>DIRECTORA ESC. CIENCIAS QUÍMICAS</b>	.....	.....
Dra. Nancy Cecilia Veloz <b>TUTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Dr. Roberto Erazo <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Abg. Bertha Quintanilla <b>COORDINADORA SISIB-ESPOCH</b>	.....	.....
<b>NOTA DE TESIS ESCRITA</b>	.....	

## **HOJA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Eddy Santiago Jaque Castellano, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

.....

Eddy Santiago Jaque Castellano

Yo, Carmen Lucía Potocí Guerrero, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

.....

Carmen Lucía Potocí Guerrero

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, especialmente a la Escuela de Ciencias Químicas por contribuir con los conocimientos necesarios para ser excelentes profesionales.

A Dios por todas sus bendiciones hacia nosotros, a nuestras familias por su apoyo incondicional y a todas las personas que hicieron posible la culminación de la presente investigación.

A quienes hicieron posible toda esta investigación con el apoyo y financiamiento al Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológico Ambiental (LABCESTTA), especialmente a la Dra. Nancy Veloz y al Dr. Roberto Erazo, que impartiéndonos sus conocimientos y paciencia han colaborado y apoyado con la investigación y desarrollo de este trabajo.

Al GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, por haber colaborado con la logística y facilidades necesarias para el desarrollo de la presente investigación.

A nuestros espíritus de dedicación, paciencia, capacidad de finalizar y agotar recursos hasta lograr nuestras metas.

**EDDY JAQUE Y CARMEN POTOCÍ**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada a la voluntad de Dios, ya que me permite vivir cada instante a plenitud para cumplir con todas mis metas.

A mi madre Consuelo Castellano Riera que con su sabiduría, ella siempre ha estado incondicionalmente, aconsejándome, dando toda su disposición, siendo mi razón principal de seguir siempre adelante.

A mi padre Eddy Rosendo Jaque Valencia que fue el ser que me dio la vida, y desde el cielo siempre ha estado presente en cada decisión para ser un gran ser humano.

A Gerardo Martínez que con su ejemplo, cuidado, liderazgo se convirtió en una persona que además de formar parte de mi vida, ha sido un gran padre.

A mis hermanas Liz y Darlita que han sido unos seres incomparables que siempre han estado a mi lado, gracias por apoyarme y decirme que jamás hay que darse por vencido.

**EDDY JAQUE CASTELLANO**

Dedico esta investigación en primer lugar a Dios por todas sus bendiciones derramadas hacia mí, por hacer posible que cada una de mis metas se vaya realizando.

A mis padres Segundo Luis y María Isabel por su amor infinito, confianza y apoyo incondicional, su ejemplo de lucha y perseverancia, su motivación para seguir cumpliendo cada uno de los sueños que un día me propuse.

A mis hermanas Narcisa y Gabriela por su compañía, apoyo y por demostrarme a cada momento que puedo contar con ellas.

A mis abuelitos Julio y Zenaida por todo sus consejos y amor. A mis tíos especialmente a Maribel y Anita y demás familiares, a todos mis amigos que forman parte muy importante en cada paso que doy especialmente a Carlos.

**CARMEN POTOCÍ GUERRERO**

# ÍNDICE DE TABLA DE CONTENIDOS

## CONTENIDO

<b>INDICE DE CONTENIDOS DE TABLAS</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS DE GRÁFICOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS DE FOTOGRAFÍAS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS DE ANEXOS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>- 5 -</b>
<b>1.1 Limnología</b> .....	<b>- 5 -</b>
<b>1.2 Agua</b> .....	<b>- 6 -</b>
<b>1.3 Ecosistemas Acuáticos</b> .....	<b>- 6 -</b>
<i>1.3.1 Ríos y otros sistemas de aguas corrientes (sistemas lóticos)</i> .....	<i>- 7 -</i>
<i>1.3.2 Lagos y otros sistemas de aguas lentas (sistemas lénticos)</i> .....	<i>- 7 -</i>
<i>1.3.3 Humedales</i> .....	<i>- 7 -</i>
<i>1.3.4 Embalses</i> .....	<i>- 7 -</i>
<b>1.4 Ríos</b> .....	<b>- 8 -</b>
<i>1.4.1 Clasificación de los ríos</i> .....	<i>- 8 -</i>
<i>1.4.2 Componentes de un río</i> .....	<i>- 9 -</i>
<i>1.4.3 Factores que influyen en la forma de un río</i> .....	<i>- 10 -</i>
<b>1.5 Cuenca Hidrográfica</b> .....	<b>- 12 -</b>
<i>1.5.1 Clasificación de Cuencas Hidrográficas</i> .....	<i>- 12 -</i>

<b>1.6</b>	<b>Recursos hídricos en el Ecuador</b> .....	<b>- 14 -</b>
<b>1.7</b>	<b>Calidad del agua</b> .....	<b>- 15 -</b>
<b>1.8</b>	<b>Aguas residuales</b> .....	<b>- 17 -</b>
<b>1.9</b>	<b>Contaminación del agua</b> .....	<b>- 18 -</b>
<b>1.10</b>	<b>Fuentes de contaminación</b> .....	<b>- 19 -</b>
<b>1.11</b>	<b>Causas de la contaminación del agua en la ciudad de Riobamba</b> .....	<b>- 21 -</b>
<i>1.11.1</i>	<i>Tipos de contaminantes</i> .....	<i>- 21 -</i>
<b>1.12</b>	<b>Índices de la calidad del agua</b> .....	<b>- 22 -</b>
<b>1.13</b>	<b>Parámetros para determinar la calidad del agua características físicas</b> .....	<b>- 23 -</b>
<i>1.13.1</i>	<i>Color</i> .....	<i>- 23 -</i>
<i>1.13.2</i>	<i>Turbidez</i> .....	<i>- 23 -</i>
<i>1.13.3</i>	<i>Temperatura</i> .....	<i>- 24 -</i>
<i>1.13.4</i>	<i>Conductividad</i> .....	<i>- 24 -</i>
<i>1.13.5</i>	<i>Potencial de Hidrógeno</i> .....	<i>- 24 -</i>
<i>1.13.6</i>	<i>Sólidos totales</i> .....	<i>- 25 -</i>
<i>1.13.7</i>	<i>Sólidos disueltos</i> .....	<i>- 25 -</i>
<i>1.13.8</i>	<i>Sólidos suspendidos</i> .....	<i>- 25 -</i>
<b>1.14</b>	<b>Características químicas del agua</b> .....	<b>- 26 -</b>
<i>1.14.1</i>	<i>Cloruros</i> .....	<i>- 26 -</i>
<i>1.14.2</i>	<i>Alcalinidad</i> .....	<i>- 26 -</i>
<i>1.14.3</i>	<i>Dureza</i> .....	<i>- 27 -</i>
<i>1.14.4</i>	<i>Grupo nitrógeno</i> .....	<i>- 28 -</i>
<i>1.14.5</i>	<i>Cromo</i> .....	<i>- 29 -</i>
<i>1.14.6</i>	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</i> .....	<i>- 29 -</i>
<i>1.14.7</i>	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i> .....	<i>- 30 -</i>
<i>1.14.8</i>	<i>Relación DBO5/DQO</i> .....	<i>- 30 -</i>
<b>1.15</b>	<b>Bacteriología del agua</b> .....	<b>- 30 -</b>
<b>1.16</b>	<b>Características del método Delphi</b> .....	<b>- 33 -</b>

## CAPITULO II

<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>- 34 -</b>
<b>2.1</b>	<b>Unidad de estudio</b> .....	<b>- 34 -</b>
2.1.1	<i>Localización</i> .....	- 34 -
2.1.2	<i>Ubicación geográfica</i> .....	- 35 -
<b>2.2</b>	<b>Tipo de investigación</b> .....	<b>- 35 -</b>
<b>2.3</b>	<b>Métodos y técnicas</b> .....	<b>- 36 -</b>
2.3.1	<i>El método Delphi</i> .....	- 36 -
2.3.2	<i>Determinación de las fechas de monitoreo</i> .....	- 40 -
2.3.3	<i>Determinación de los puntos de monitoreo</i> .....	- 41 -
2.3.4	<i>Metodología Ambiental de Monitoreo</i> .....	- 41 -
2.3.5	<i>Parámetros a analizar</i> .....	- 43 -
2.3.6	<i>Métodos de Análisis de la Determinación de Parámetros</i> .....	- 44 -

## CAPITULO III

<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>- 47 -</b>
<b>3.1</b>	<b>Consulta a expertos (Método Delphi)</b> .....	<b>- 47 -</b>
3.1.1	<i>Primera Encuesta</i> .....	- 47 -
3.1.2	<i>Segunda encuesta</i> .....	- 49 -
<b>3.2</b>	<b>Revisión ambiental de los puntos de monitoreo</b> .....	<b>- 51 -</b>
3.2.1	<i>Aspectos ambientales</i> .....	- 54 -
<b>3.3</b>	<b>Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la microcuenca del río Chibunga</b> .....	<b>- 69 -</b>
<b>3.4</b>	<b>Determinación del índice de calidad del agua (ICA)</b> .....	<b>- 72 -</b>
3.4.1	<i>Índice ICA del parámetro Cadmio</i> .....	- 73 -
3.4.2	<i>Índice ICA del parámetro Fosforo total</i> .....	- 74 -
3.4.3	<i>Índice ICA Coliformes Fecales</i> .....	- 75 -
3.4.4	<i>Índice ICA Grasas y Aceites</i> .....	- 76 -
3.4.5	<i>Índice ICA Sólidos Suspendidos</i> .....	- 77 -

3.4.6	<i>Índice ICA Nitratos</i> .....	- 78 -
3.4.7	<i>Índice ICA Oxígeno Disuelto</i> .....	- 79 -
3.4.8	<i>Índice ICA DBO<sub>5</sub></i> .....	- 80 -
3.4.9	<i>Índice ICA Potencial Hidrógeno</i> .....	- 81 -
3.4.10	<i>Índice ICA Tensoactivos</i> .....	- 82 -
3.4.11	<i>Índice ICA Plomo</i> .....	- 83 -
<b>3.5</b>	<b>Determinación de índices de calidad por puntos de monitoreo en la microcuenca del río Chibunga</b> .....	<b>- 84 -</b>
3.5.1	<i>ICA punto 1 en variaciones estacionales</i> .....	- 84 -
3.5.2	<i>ICA punto 2 en variaciones estacionales</i> .....	- 86 -
3.5.3	<i>ICA punto 3 en variaciones estacionales</i> .....	- 88 -
3.5.4	<i>ICA punto 4 en variaciones estacionales</i> .....	- 90 -
3.5.5	<i>ICA punto 5 en variaciones estacionales</i> .....	- 92 -
3.5.6	<i>ICA punto 6 en variaciones estacionales</i> .....	- 94 -
3.5.7	<i>ICA punto 7 en variaciones estacionales</i> .....	- 96 -
3.5.8	<i>ICA punto 8 en variaciones estacionales</i> .....	- 98 -
3.5.9	<i>ICA punto 9 en variaciones estacionales</i> .....	- 100 -
<b>3.6</b>	<b>Determinación de ICA Total del Río Chibunga</b> .....	<b>- 102 -</b>
	CONCLUSIONES .....	- 104 -
	RECOMENDACIONES.....	- 106 -
	BIBLIOGRAFÍA .....	- 107 -
	ANEXOS .....	- 110 -

## ÍNDICE DE CONTENIDOS DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> PRINCIPALES VERTIENTES HIDROGRÁFICAS DE ECUADOR .....	- 15 -
<b>Tabla 1-2:</b> PROBLEMAS DE CALIDAD DE AGUA RELACIONADOS CON LA AGRICULTURA, PRINCIPALES FUENTES/CAUSAS Y VARIABLES DE MEDICIÓN EN COMÚN .....	- 17 -
<b>Tabla 1-3:</b> REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS MICROORGANISMOS .....	- 32 -
<b>Tabla 2-1:</b> VALORES DE LAS FUENTES DE CONOCIMIENTO.....	- 38 -
<b>Tabla 2-2:</b> TABLA PATRÓN .....	- 38 -
<b>Tabla 2-3:</b> PARÁMETROS ANALIZADOS IN- SITU.....	- 43 -
<b>Tabla 2-4:</b> PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO .....	- 44 -
<b>Tabla 2-5:</b> MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN AGUA.....	- 45 -
<b>Tabla 2-6:</b> MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA DETERMINACIÓN DE METALES EN AGUA.....	- 46 -
<b>Tabla 2-7:</b> MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS – AGUA .....	- 46 -
<b>Tabla 3-1:</b> RESULTADOS PRIMERA ENCUESTA A EXPERTOS SELECCIONADOS .....	- 48 -
<b>Tabla 3-2:</b> RESULTADOS DE LOS EXPERTOS SELECCIONADOS.....	- 49 -
<b>Tabla 3-3:</b> PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN LA SEGUNDA ENCUESTA....	- 50 -
<b>Tabla 3-4:</b> PARÁMETROS ESTABLECIDOS PARA DETERMINAR EL ICA.....	- 51 -
<b>Tabla 3-5:</b> PUNTOS DE MONITOREO .....	- 52 -
<b>Tabla 3-6:</b> FLORA CARACTERÍSTICA DEL SECTOR .....	- 54 -
<b>Tabla 3-7:</b> FAUNA CARACTERÍSTICA DE LA ZONA.....	- 56 -
<b>Tabla 3-8:</b> ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 1 .....	- 57 -
<b>Tabla 3-9:</b> ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 2 .....	- 58 -
<b>Tabla 3-10:</b> ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 3 .....	- 60 -
<b>Tabla 3-11:</b> ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 4.....	- 61 -

<b>Tabla 3-12:</b>	ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 5 .....	- 62 -
<b>Tabla 3-13:</b>	ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 6 .....	- 64 -
<b>Tabla 3-14:</b>	ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 7 .....	- 65 -
<b>Tabla 3-15:</b>	ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 8 .....	- 67 -
<b>Tabla 3-16:</b>	ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 9 .....	- 68 -
<b>Tabla 3-17:</b>	RESULTADOS DE LABORATORIO DEL PRIMER MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA .....	- 70 -
<b>Tabla 3-18:</b>	RESULTADOS DE LABORATORIO DEL SEGUNDO MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA .....	- 71 -
<b>Tabla 3-19:</b>	TABLA PARA DETERMINAR EL ICA .....	- 72 -
<b>Tabla 3-20:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA CADMIO (Cd) .....	- 73 -
<b>Tabla 3-21:</b>	RESULTADOS ICA CADMIO (Cd) .....	- 73 -
<b>Tabla 3-22:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA FÓSFORO TOTAL .....	- 74 -
<b>Tabla 3-23:</b>	RESULTADOS ICA FÓSFORO TOTAL .....	- 74 -
<b>Tabla 3-24:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA COLIFORMES FECALES .....	- 75 -
<b>Tabla 3-25:</b>	RESULTADOS ICA COLIFORMES FECALES .....	- 75 -
<b>Tabla 3-26:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA GRASAS Y ACEITES .....	- 76 -
<b>Tabla 3-27:</b>	RESULTADOS ICA GRASAS Y ACEITES .....	- 76 -
<b>Tabla 3-28:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS .....	- 77 -
<b>Tabla 3-29:</b>	RESULTADOS ICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS .....	- 77 -
<b>Tabla 3-30:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA NITRATOS .....	- 78 -
<b>Tabla 3-31:</b>	RESULTADOS ICA NITRATOS .....	- 78 -
<b>Tabla 3-32:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA OXÍGENO DISUELTO (OD) .....	- 79 -
<b>Tabla 3-33:</b>	RESULTADOS ICA OXÍGENO DISUELTO (OD) .....	- 79 -
<b>Tabla 3-34:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA DBO <sub>5</sub> .....	- 80 -
<b>Tabla 3-35:</b>	RESULTADOS ICA DBO <sub>5</sub> .....	- 80 -
<b>Tabla 3-36:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) .....	- 81 -
<b>Tabla 3-37:</b>	RESULTADOS ICA POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) .....	- 81 -
<b>Tabla 3-38:</b>	DETERMINACIÓN DEL ICA TENSOACTIVOS .....	- 82 -
<b>Tabla 3-39:</b>	RESULTADOS ICA TENSOACTIVOS .....	- 82 -
<b>Tabla 3-40:</b>	DETERMINACIÓN ICA PLOMO (Pb) .....	- 83 -

<b>Tabla 3-41:</b> RESULTADOS ICA PLOMO (Pb) .....	- 83 -
<b>Tabla 3-42:</b> ICA PUNTO 1 (INICIO DEL RÍO CHIMBORAZO).....	- 84 -
<b>Tabla 3-43:</b> ICA PUNTO 2 (DESCARGA DE LA COMUNIDAD DE SHOBOL) ..	- 86 -
<b>Tabla 3-44:</b> ICA PUNTO 3 (DESCARGA DE LA COMUNIDAD DE SAN JUAN).....	- 88 -
<b>Tabla 3-45:</b> ICA PUNTO 4 (UNIÓN DE LOS RÍOS CHIMBORAZO Y CAJABAMBA) .....	- 90 -
<b>Tabla 3-46:</b> ICA PUNTO 5(DESCARGA DE LA FÁBRICA CEMENTO CHIMBORAZO) .....	- 92 -
<b>Tabla 3-47:</b> ICA PUNTO 6 (COMUNIDAD GATAZO).....	- 94 -
<b>Tabla 3-48:</b> ICA PUNTO 7 (PARQUE ECOLÓGICO).....	- 96 -
<b>Tabla 3-49:</b> ICA PUNTO 8 (DESCARGA EN SAN LUIS) .....	- 98 -
<b>Tabla 3-50:</b> ICA PUNTO 9 (DESCARGA DEL RÍO CHIBUNGA EN EL RÍO CHAMBO).....	- 100 -
<b>Tabla 3-51:</b> RESULTADO ICA TOTAL EN VARIACIONES ESTACIONALES.	- 102 -
<b>Tabla 3-52:</b> RESULTADO ICA TOTAL .....	- 103 -

## ÍNDICE DE CONTENIDOS DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b> LIMNOLOGÍA .....	- 5 -
<b>Gráfico 1-2:</b> CICLO HIDROLÓGICO .....	- 6 -
<b>Gráfico 1-3:</b> RIO.....	- 8 -
<b>Gráfico 1-4:</b> COMPONENTES DE UN RIO .....	- 10 -
<b>Gráfico 1-5:</b> LA CUENCA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA, SUS ELEMENTOS E INTERACCIONES.....	- 13 -
<b>Gráfico 1-6:</b> CUENCA HIDROGRÁFICA .....	- 14 -
<b>Gráfico 1-7:</b> VERTIENTES HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR.....	- 16 -
<b>Gráfico 1-8:</b> AGUA RESIDUAL .....	- 18 -
<b>Gráfico 1-9:</b> FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	- 21 -
<b>Gráfico 2-1:</b> MAPA DE LA LOCALIZACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA .....	- 34 -
<b>Gráfico 2-2:</b> MAPA DE LOS LÍMITES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA .....	- 35 -
<b>Gráfico 2-3:</b> MAPA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	- 40 -
<b>Gráfico 3-1:</b> MAPA BASE DE LOS PUNTOS DE MONITOREO RÍO CHIMBORAZO - CHIBUNGA.....	- 53 -
<b>Gráfico 3-2:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 1.....	- 85 -
<b>Gráfico 3-3:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 2.....	- 87 -
<b>Gráfico 3-4:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 3.....	- 89 -
<b>Gráfico 3-5:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 4.....	- 91 -
<b>Gráfico 3-6:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 5.....	- 93 -
<b>Gráfico 3-7:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 6.....	- 95 -
<b>Gráfico 3-8:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 7.....	- 97 -
<b>Gráfico 3-9:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 8.....	- 99 -
<b>Gráfico 3-10:</b> ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 9.....	- 101 -

## ÍNDICE DE CONTENIDOS DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 3-1:</b>	SECTOR RÍO CHIMBORAZO.....	- 58 -
<b>Fotografía 3-2:</b>	SECTOR COMUNIDAD SHOBOL.....	- 59 -
<b>Fotografía 3-3:</b>	SECTOR COMUNIDAD SAN JUAN .....	- 60 -
<b>Fotografía 3-4:</b>	SECTOR UNIÓN RÍO CHIMBORAZO Y RÍO CAJABAMBA .....	- 61 -
<b>Fotografía 3-5:</b>	FABRICA CEMENTO CHIMBORAZO .....	- 63 -
<b>Fotografía 3-6:</b>	SECTOR COMUNIDAD GATAZO .....	- 64 -
<b>Fotografía 3-7:</b>	SECTOR PARQUE ECOLÓGICO .....	- 66 -
<b>Fotografía 3-8:</b>	SECTOR COMUNIDAD SAN LUIS.....	- 67 -
<b>Fotografía 3-9:</b>	DESEMBOCADURA DEL RÍO CHIBUNGA AL RÍO CHAMBO .....	- 68 -

## ÍNDICE DE CONTENIDOS DE ANEXOS

<b>ANEXO 1:</b> DATOS DE PRECIPITACIONES DE LOS ULTIMOS 5 AÑOS EN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA MICROCUENCA. ....	- 110 -
<b>ANEXO 2:</b> ENCUESTAS.....	- 112 -
<b>ANEXO 3:</b> RESULTADOS DEL METODO DELPHI.....	- 119 -
<b>ANEXO 4:</b> FOTOGRAFÍAS .....	- 139 -
<b>ANEXO 5:</b> RESULTADO DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO.....	- 148 -

## ÍNDICE DE CONTENIDOS DE ABREVIATURAS

Cd	Cadmio
L/s	Caudal
Ka	Coefficiente de Argumentación
Kcomp	Coefficiente de Competencia
Kc	Coefficiente de Conocimiento
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
P	Fósforo
°C	Grados Centígrados
ICA	Índice de Calidad Ambiental
X	Latitud
L	Litro
Y	Longitud
mg	Miligramo
OD	Oxígeno Disuelto
Pb	Plomo
pH	Potencial Hidrógeno
mm	Precipitación
SST	Sólidos Suspendidos Totales
T	Temperatura
TULSMA	Texto Unificado Legislación Secundaria Ministerio Ambiente
UFC	Unidad Formadora de Colonias

## **RESUMEN**

Se realizó la evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA), con la aplicación del Método Delphi se determinó los siguientes parámetros tomados en cuenta para su análisis: Potencial Hidrógeno, Oxígeno Disuelto, Cadmio, Plomo, DBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecales, Fósforo Total, Sólidos Suspendidos, Nitratos, Tensoactivos, Grasas y Aceites. El Método Delphi es una sucesión de encuestas a expertos tomados en cuenta según su; capacidad, experiencia y conocimientos adquiridos manteniéndolos de incognito para garantizar su efectividad. El lugar de estudio es la microcuenca del Río Chibunga se encuentra localizada en la Provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba, cuyo cauce del Río Chibunga tiene una longitud aproximada de 14 km, se tomó en cuenta 9 puntos para la presente investigación siendo estos; Punto 1 Inicio Río Chimborazo, Punto 2 Descarga comunidad Shobol, Punto 3 Descarga comunidad San Juan, Punto 4 Unión Río Chimborazo y Río Cajabamba, Punto 5 Descarga de la fábrica Cemento Chimborazo, Punto 6 Comunidad Gatazo, Punto 7 Parque Ecológico, Punto 8 Descarga San Luis y Punto 9 Descarga Río Chibunga en el Río Chambo. Además se hicieron análisis en estación seca 07 de Agosto de 2014 y en estación lluviosa 06 de Noviembre de 2014. Los resultados obtenidos para la calidad del agua en la microcuenca según el ICA: es en estación seca 76,34 y en estación lluviosa 73,11 lo cual califican como buena para la preservación de la vida acuática. No obstante los parámetros como: Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto, Aceites y Grasas tiene una calidad de Pésimo lo que nos indica que el agua del Río Chibunga no es apta para agricultura, recreación y abrevadero de animales. Para posteriores análisis se debe tomar en cuenta que el Río Chibunga es un ecosistema activo con la biosfera; para ello se debería muestrear sedimentos, así como emisiones de gases para resultados más complejos.

## SUMMARY

An assessment to water quality index (WQI) was carried out. By the means of Delphi method the following parameters were taken into account for its analysis: Potential of Hydrogen, dissolved oxygen, Cadmium, Plumb, DBO<sub>5</sub>, Fecal Coliforms, total phosphorus, suspended solids, Nitrates, surfactants, fat and oils. Delphi method is a succession of surveys applied to experts taken into account considering its: capacity, experience and knowledge acquired that are under anonymous in order to guarantee its effectiveness. The place of study is the micro-basin of Chibunga River which is located at the province of Chimborazo, in the city of Riobamba, its course is 14 Km long, nine points were considered for this search such as: Point 1 beginning of Chimborazo River, Point 2 discharge Shobol town, Point 3 discharge San Juan town, Point 4 union Chimborazo-Gatazo river, Point 5 discharge Cemento Chimborazo Factory, Point 6 Gatazo town, Point 7 Ecological Park, Point 8 discharge San Luis town, Point 9 discharge from Chibunga of Chambo river. Besides, Analysis was made in dry season on August 7<sup>th</sup>, 2014 and in rainy season on November 6<sup>th</sup>, 2014. The results obtained for quality water in the micro basin according WQI are: in dry season 76, 34 and in rainy season 73, 11 which are qualified as good for aquatic life prevention. However, parameter like: Fecal Coliforms, dissolved oxygen, fat and oils have a really bad quality which reflects that water taken from Chibunga River is not appropriate for agriculture, recreation, watering hole of animals. For future analysis it must be taken into account that Chibunga River is an active ecosystem with biosphere, sediments must be sampled, as well as gases emissions for more complex results.

## **INTRODUCCIÓN**

La principal preocupación en nuestro país por el recurso hídrico, en los últimos años ha formado un pilar fundamental en el desarrollo de las diferentes actividades que esta con lleva, ya que es fuente de estudio entonces la generación de expectativas crece ya que estas son utilizados en procesos. Entre las principales fuentes de contaminación en el recurso agua tenemos industrias, con descargas que son generadoras de residuos contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos.

La presente investigación hace referencia a la Evaluación de los Índices de Calidad de la microcuenca del Río Chibunga, debido a la problemática actual de la contaminación de los recursos hídricos en nuestro país, y en especial a nuestra provincia por este motivo se tomó en cuenta las dos estaciones del año como son estación seca y estación lluviosa.

Las descargas de las industrias, así como la generación de contaminantes presentes en el Río Chibunga se debe a la falta de control, conciencia y compromiso al ambiente, la ausencia de estudios que manejen resultados confiables, generan una gran preocupación no solo a poblaciones aledañas sino también a la provincia de Chimborazo.

El Río Chibunga se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo en el Cantón Riobamba el cual representa un claro ejemplo de contaminación en el recurso agua, se establece determinar de una manera eficiente los parámetros establecidos de Índice de Calidad Ambiental (ICA), así se determina según el Método Delphi este es representado por una serie de encuestas realizadas a expertos tomando en cuenta su intuición, experiencia y así los resultados obtenidos son de alta representación.

Actualmente en el Ecuador no existen estudios realizados similares en los que se haya determinado la calidad de agua de los recursos hídricos con un modelo estadístico en base a expertos, en especial en la provincia de Chimborazo.

La representatividad de estudios y análisis realizados en años anteriores son de baja confiabilidad de ahí la motivación de la presente investigación.

Al no existir información representativa sobre la calidad de la microcuenca del Rio Chibunga la presente investigación pretende facilitar una herramienta informativa de las condiciones del agua de dicha microcuenca, y de esta manera aportar en el control y disminución de la contaminación ambiental.

## **JUSTIFICACIÓN**

La microcuenca del río Chibunga, al igual que otras microcuencas de la provincia de Chimborazo en los últimos años ha venido deteriorando su calidad del agua, pérdida de ecosistemas, disminución del caudal, debido a las prácticas antropogénicas realizadas sin control, ni a una correcta regulación.

Este proyecto surge por la necesidad de información confiable que permita conocer la calidad del agua y los índices climáticos básicos, con los cuales se va trabajar en medidas de manejo, protección y preservación de la microcuenca.

El propósito a través de monitoreos en variaciones estacionales, es contar con información válida y real del estado actual de la calidad del agua de la microcuenca.

La investigación es viable, pues se dispone de los recursos necesarios para llevarla a cabo. Los análisis de los parámetros para determinar el ICA se realizará en El Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA – ESPOCH) laboratorio acreditado, el mismo que financia la presente investigación, además se cuenta con el apoyo logístico de los técnicos del departamento de gestión ambiental del Consejo Provincial de Chimborazo.

Por tanto esta investigación enmarcada dentro del proyecto **MODELIZACIÓN PARA DETERMINAR CÓMO LOS FACTORES CONDICIONANTES DE CONTAMINACIÓN AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIBUNGA – CHIMBORAZO**, permitirá tomar medidas para el manejo, control, conservación, protección y preservación de los ecosistemas existentes, con la finalidad de evitar el deterioro de la calidad del agua en la microcuenca del Río Chibunga.

## **OBJETIVOS**

Para el desarrollo de la presente investigación se formularon los siguientes objetivos:

### **GENERAL**

Evaluar el índice de calidad de agua (ICA) de la microcuenca del río Chibunga en variaciones estacionales, provincia de Chimborazo – Ecuador, durante el periodo 2014.

### **ESPECÍFICOS**

- Aplicar el Método DELPHI para definir el índice de calidad de agua (ICA) a ser medido en la microcuenca del Río Chibunga.
- Diseñar el monitoreo para la toma de muestra en el trayecto de la microcuenca del Río Chibunga.
- Caracterizar físico-químico y microbiológico la calidad del agua de la microcuenca del Río Chibunga en estación seca y lluviosa.
- Evaluar la Calidad del Agua (ICA) en las variaciones estacionales.

## CAPITULO I

### 1 MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Limnología

El término limnología proviene del griego limne que significa laguna, marisma o lago, como parte de la ecología es la ciencia que trata los procesos y métodos de interacción que producen las transformaciones de la materia y de la energía de las aguas continentales, lagos, embalses, ríos, arroyos y humedades como sistemas, incluye el estudio de las corrientes de agua LOTICO y LENTICO.

La limnología es una ciencia multidisciplinar ya que involucra todas las ciencias que intervienen en el entendimiento de las aguas naturales (física, química, geología, ciencias biológicas y matemáticas). (Chang J, 2009)

**Gráfico 1-1: LIMNOLOGÍA**



Fuente: limnología: <http://www.ecured.cu/index.php/limnolog%c3%ada>

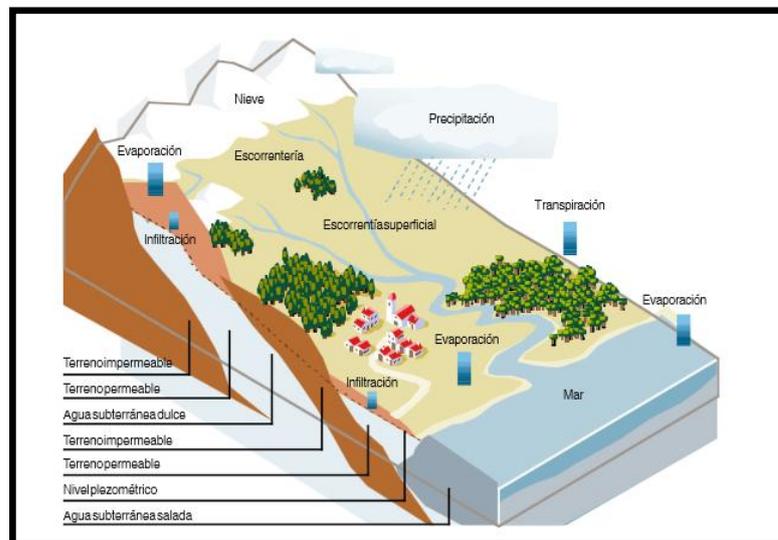
## 1.2 Agua

Esta es una de las principales sustancias para conservación de la vida en todas sus formas está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Su fórmula molecular es H<sub>2</sub>O.

Este componente es el más excesivo en nuestro planeta cubre más del 72 % de la superficie del planeta y este protagoniza un 50% a 90 % de la composición vital de los seres vivos de ahí su importancia para la vida.

Esta sustancia se la puede localizar casi en cualquier lugar de la biósfera se caracteriza generalmente por ser inodoro, insípido e incoloro en su estado de materia físico se podemos encontrar en tres formas: sólido, líquido y gaseoso. (Jiménez B, 2005)

**Gráfico 1-2: CICLO HIDROLÓGICO**



Fuente: agua: <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.htm>

## 1.3 Ecosistemas Acuáticos

Los ecosistemas acuáticos son aquellos ecosistemas que están formados por algún cuerpo de agua como biotopo ya sea ecosistema marino o de agua dulce.

La clasificación de ecosistemas acuáticos no está definida por la continuidad que existe entre las diferentes unidades y subunidades que se proponen.

### ***1.3.1 Ríos y otros sistemas de aguas corrientes (sistemas lóticos).***

Proviene del latín lotus que significa lavar son los sistema de agua que se mantiene en constante movimiento y rápido flujo como los ríos, arroyos y manantiales creando así condiciones necesarias para la vida y para la organización de las estructuras y procesos ecológicos básicos.

### ***1.3.2 Lagos y otros sistemas de aguas lentas (sistemas lénticos)***

Estos sistemas son de agua quieta, bajo caudal como en los lagos, estanques, pantanos y embalses.

Las lagunas y lagos su principal característica es la profundidad, son cuerpos de agua tienen bajas tasas de renovación teniendo un flujo unidireccional debido a la corriente afluente y la otra efluente, exceptúan los lagos endorreicos, que carecen de efluente y pierden agua sólo por evaporación.

### ***1.3.3 Humedales***

Son las áreas de suelo que están saturadas de agua o permanecen inundados una estación del año. Los humedales incluyen las ciénegas y pantanos la principal característica es que sus aguas permanecen estancadas, de flujo lento y reversible este flujo puede hacerse de desde un rio hacia un humedal o viceversa, desde los niveles freáticos a la superficie y viceversa durante el estancamiento existen pérdidas de agua por evaporación.

### ***1.3.4 Embalses***

Los embalses son cuerpos de agua artificiales formados por el represamiento de ríos, son considerados diferentes debido a que son ecosistemas intermedios entre aguas corrientes (ríos) y aguas lentas (lagos), pues su agua se mueve y renueva mucho más lentamente que en los primeros, pero mucho más rápido que en los últimos. (Bustos E, 2012)

## 1.4 Ríos

Un río es un curso natural de agua que mantiene su propio cauce extendiéndose a través de la superficie terrestre, en su trayecto va acarreado y dejando sedimentos de lodo, rocas de diferente tamaño, arena, etc. Pudiendo presentar acreción por sedimentos o erosión por arrastre de partículas, dichos cambios en las secciones de un río son efecto de las variables hidrológicas, velocidad y del propio caudal dependiendo de las condiciones a las cuales este expuesto. Manteniéndose en constante movimiento y fluctuación.

El río mantiene una comunicación con todo el medio que lo rodea con el nivel freático, etc. A sus orillas se forman ecosistemas húmedos manteniendo su cauce y circulación apropiada tanto para la vida animal como para la vida vegetal. (Roldan G, 2008)

**Gráfico 1-3: RIO**



Fuente: Vásquez, 1997

### ***1.4.1 Clasificación de los ríos***

Todos los ríos poseen su propio régimen hidrológico determinado por las condiciones y características de la cuenca y las precipitaciones presentes en el lugar.

**Efímeros:** estos ríos tienen agua únicamente durante y después de una fuerte precipitación, después se secan, son comunes en lugares secos.

**Perennes:** estos ríos poseen agua durante todo el año debido a las precipitaciones pueden aumentar o disminuir su caudal.

**Aluviales:** estos ríos son altamente complejos y dinámicos, interactuando las distintas variables cambiando así su morfología, principalmente el régimen de caudal, la carga de sedimentos, la pendiente de cauce, las características geológicas propias del suelo por donde discurren. (Martín J, 2006)

#### **1.4.1.1 Clasificación según su geomorfología**

**Ríos rectilíneos:** estos ríos generalmente presentan un solo canal y sinuosidad baja. Su principal característica es su inestabilidad y suelen transformarse en otro tipo de río. Debido a su característica el agua posee gran fuerza causando erosión por el trayecto de su cauce.

**Ríos anastomosados:** estos ríos generalmente presentan diferentes canales Como están muy ramificados tienen a formar islas sedimentarias en donde crece vegetación, sus corrientes no suelen ser fuertes pero son muy capaces de transportar materiales y sedimentos.

**Ríos meándricos:** estos ríos son de sinuosidad alta y presentan un único canal. Poseen muchos meandros en su trayecto, según su corriente tiene la capacidad erosiva y de transportar sedimentos debido a las dos velocidades que son muy distintas en ambas orillas del río. (Martín J, 2006)

#### **1.4.2 Componentes de un río**

Entre las partes más importantes tenemos las siguientes:

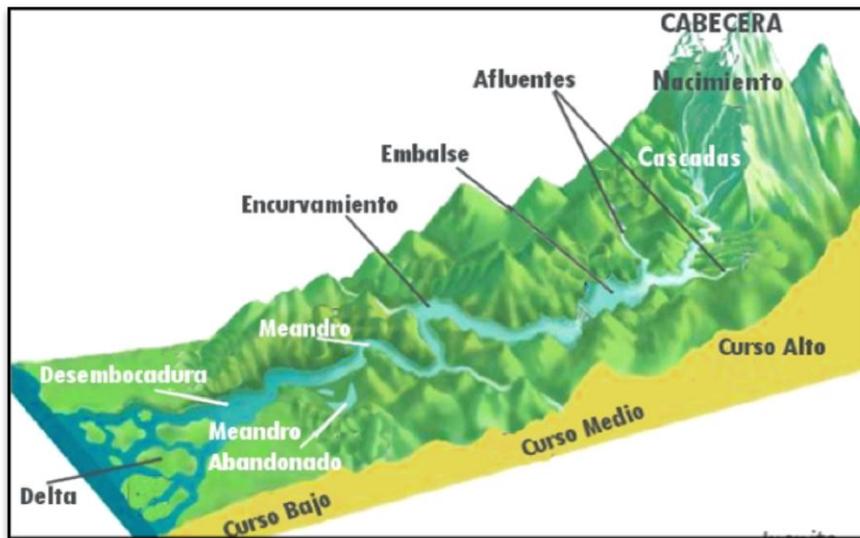
**Naciente:** lugar donde se origina el río.

**Curso alto:** es la primera parte del río generalmente montañosa donde la pendiente es vertical, generalmente el agua va con una máxima velocidad provocando erosión.

**Curso medio:** el río recorre por la llanura con una pendiente menos pronunciada su velocidad disminuye transportando el material erosionado pudiendo formar meandros.

**Curso bajo:** es la parte donde termina el río, su velocidad es menor almacenando todo el material arrastrado, desembocando en el mar. (Pagano S, 2010)

**Gráfico 1-4: COMPONENTES DE UN RIO**



Fuente: Romero, 2002.

### ***1.4.3 Factores que influyen en la forma de un río***

Existen diversos factores que influyen en la forma de un río entre ellas tenemos las siguientes.

La litología

Existen distintas clases de rocas las mismas que no todas se meteorizan y erosionan de igual manera, debido a su composición mineralógica, a su grado de fracturación y sus características estructurales.

La estructura

Las estructuras geológicas presentes en las rocas funcionan como guía de los cauces fluviales. Las fracturas presentes en las rocas son zonas aprovechadas por las

circulaciones de agua, las mismas que se encausan las discontinuidades de la corteza terrestre.

#### Permeabilidad y Porosidad

La porosidad y permeabilidad de los materiales geológicos presentes en un río juegan un papel muy importante en la densidad de los cauces de una red de drenaje, si el material por donde circula el agua es permeable tiende a infiltrarse el agua, si la tasa de infiltración es muy grande la densidad y tamaño del río será menor.

#### Las Pendientes

Mientras mayor sea la pendiente del río mayor será la velocidad del agua que escurre por su cauce, mayor será la capacidad de carga, siendo así mayor la capacidad erosiva y sedimentaria del río, Si a esto se le suma un sustrato favorable, con mayores pendientes tendremos mayor concentración de oxígeno en el agua.

#### Condiciones Climáticas

Este factor está relacionado directamente con la existencia de agua. En condiciones secas y con un sustrato con gran capacidad de infiltración, tendremos una red de drenaje efímera teniendo una pequeña cantidad de cauces con un mínimo de caudal.

#### Vegetación

La disponibilidad de la vegetación va de la mano con las condiciones climáticas presentes en la región. Las zonas con mayor vegetación tendrán suelos con mayor permeabilidad, y por ende mayor capacidad de infiltración, al contrario serán aquellos terrenos poco vegetados, esto debido al enraizamiento generado por la flora.

Zonas muy vegetadas inhiben el proceso de escorrentía por el fenómeno de intersección, sumado esto a la mayor infiltración la escorrentía se vuelve mínima, pero al estar el suelo casi en estado saturado por las precipitaciones extremas, la escorrentía puede ser muy importante.

Las zonas vegetadas mantienen la estructura del suelo, disminuyendo la tasa de erosión, favoreciendo a la presencia de aguas claras, con poca turbidez, aguas especiales para los salmónidos de nuestros ríos. (Ciencia Geográfica, 2008)

## 1.5 Cuenca Hidrográfica

Es el espacio de una extensión de terreno delimitado por las partes más altas de las montañas, teniendo un sistema de drenaje superficial proveniente de los deshielos de las montañas formando un río principal el cual se une al mar, lago u otro cuerpo de agua.

La cuenca hidrográfica está conformada por los recursos naturales agua, suelo, vegetación entre otras en donde el hombre desarrolla sus actividades.

Su importancia es de alta relevancia para los seres vivos como para el ambiente ya que su papel fundamental es de actuar como reservorios de agua que son aprovechados para diferentes actividades como para el desarrollo de sistemas bióticos, producción económica y estudios de investigación. (Jiménez F, 2000)

### 1.5.1 Clasificación de Cuencas Hidrográficas

Según el sistema de drenaje y su conducción final se pueden clasificar en: arréicas, exorréicas, criptorréicas y endorréicas.

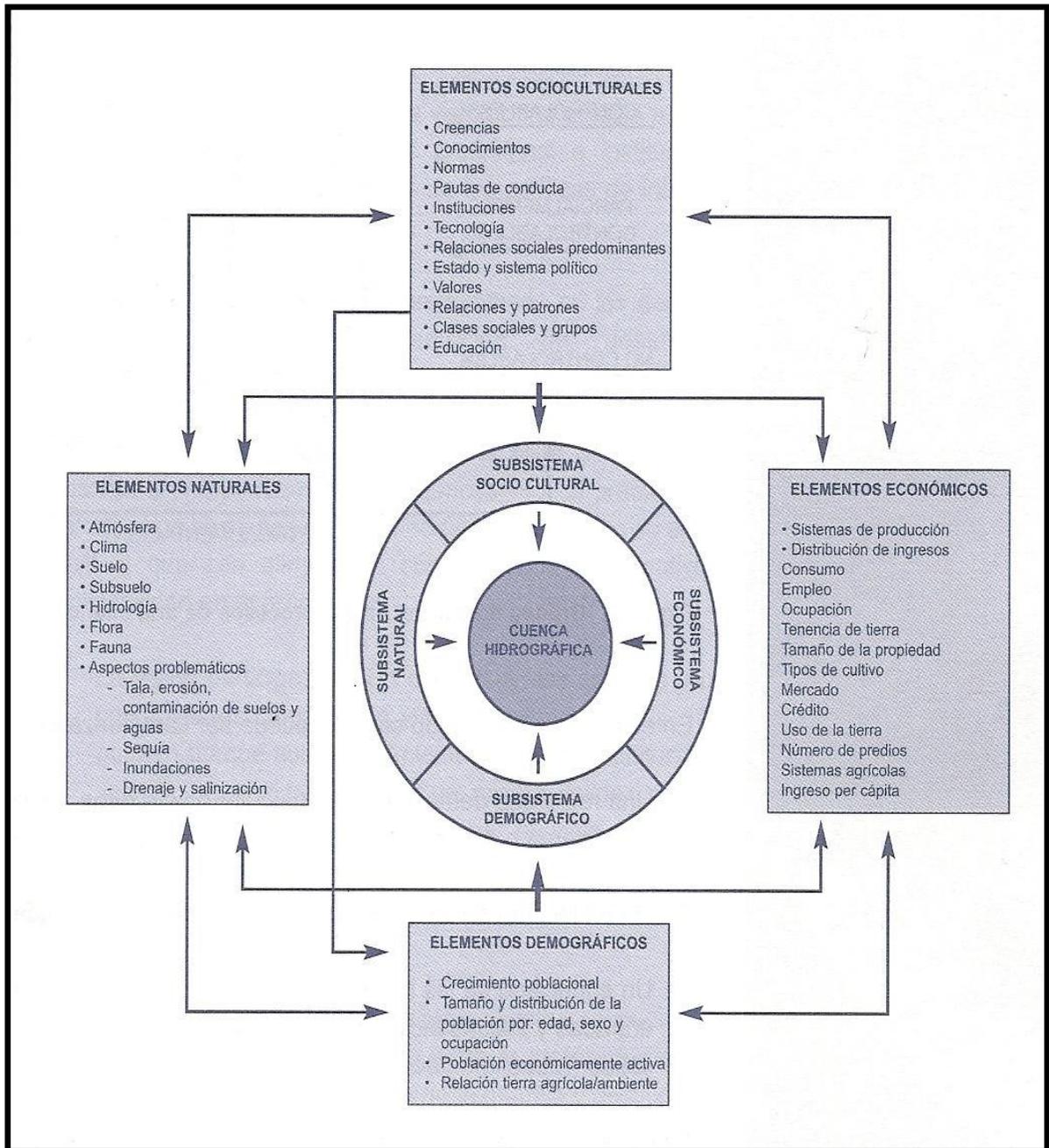
**Arréicas:** su principal característica no pueden drenar en ningún cuerpo de agua, su agua se pierde por evaporación o infiltración.

**Exorréicas:** cuando sus vertientes conducen sus aguas a un sistema mayor de drenaje siendo este un río, lago o mar.

**Criptorréicas:** estas formaciones no tienen redes de drenaje organizadas corren como ríos subterráneos.

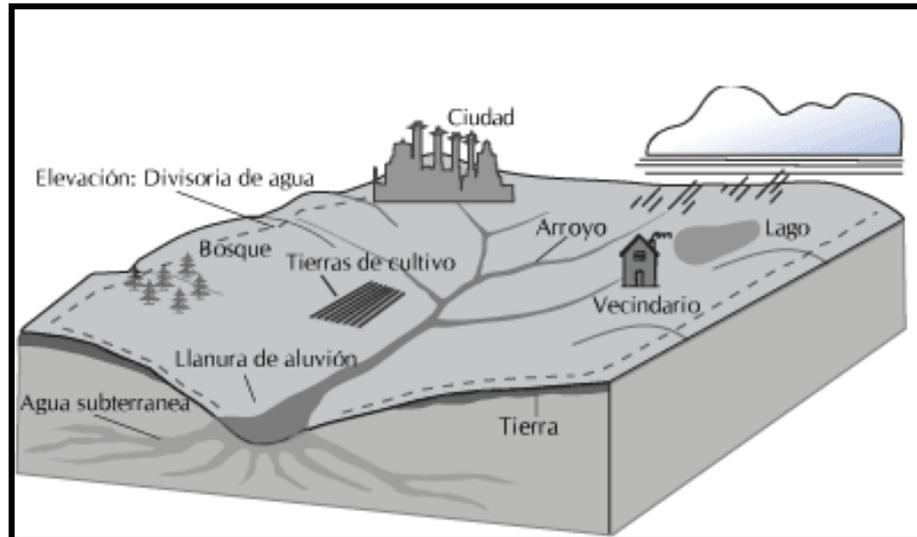
**Endorreicas:** estas formaciones tienen una red de drenaje que forma lagos o lagunas sin llegar al mar. (Morán W, 2002)

**Gráfico 1-2: LA CUENCA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA, SUS ELEMENTOS E INTERACCIONES**



Fuente: Vásquez, 1997

**Gráfico 1-3: CUENCA HIDROGRÁFICA**



Fuente: <http://www.alianzamountanas.org/issues/watersheds.html>

## 1.6 Recursos hídricos en el Ecuador

En el Ecuador el agua dulce es un recurso limitado, su calidad está bajo presión constante ya que es esencial para los distintos usos como la agricultura, la industria y para cubrir todas las necesidades del hombre, actualmente la calidad del agua ha venido deteriorándose por ello preservar el agua dulce en buenas condiciones es de vital importancia.

El monitoreo de calidad del agua y el inventario participativo de los recursos hídricos es una herramienta fundamental en el manejo de los recursos de aguas dulces, tiene como objetivo revisar, describir y analizar las autorizaciones del uso actual del recurso.

La precipitación media anual del Ecuador es de 2 274 mm, lo que suponen 645 km<sup>3</sup>/año en todo el territorio continental. Ecuador continental tiene dos grandes vertientes hidrográficas. Por un lado la vertiente Pacífica y por otro la vertiente Atlántica o Amazónica (ver Tabla). En total, el país está dividido en 31 Sistemas Hidrográficos, incluidas las Islas Galápagos, con unos recursos hídricos internos renovables de 432 km<sup>3</sup>/año". (Senagua, 2009)

**Tabla 1-1: PRINCIPALES VERTIENTES HIDROGRÁFICAS DE ECUADOR**

<b>Vertiente</b>	<b>Principales cursos hídricos</b>	<b>Superficie drenada<sup>1</sup> (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Precipitación media anual (mm)</b>	<b>Escorrentía media anual (mm)</b>	<b>Evaporación media anual (mm)</b>
Pacífico	Guayas Esmeraldas Catamayo Chira	121279	1543	950	593
Amazonas	Napo Santiago Pastaza	139634	3006	2256	750
Islas Galápagos		8006	600	197	403
Total		268919 <sup>1</sup>	2274	1606	668

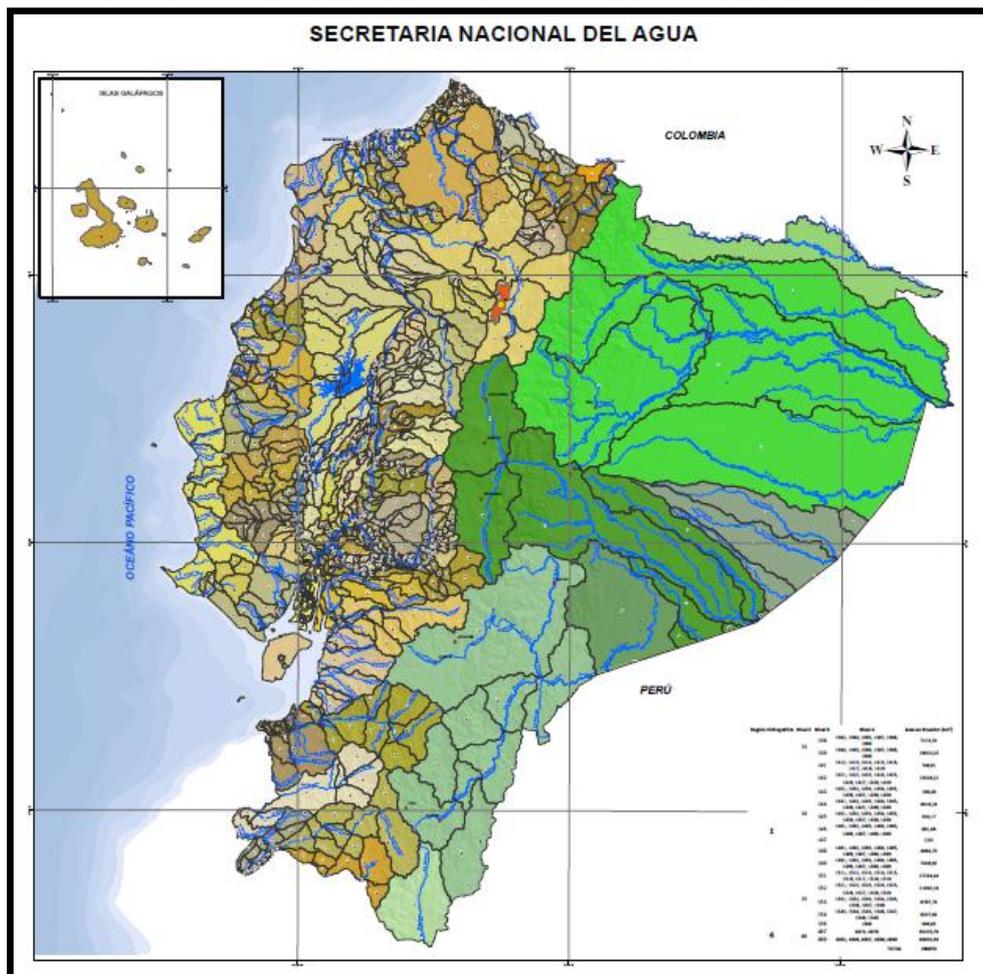
Fuente: Senagua

### 1.7 Calidad del agua

Calidad del agua es un término que describe las características físicas, químicas y biológicas del agua determinando así los parámetros que deben ser aceptables para los distintos tipos de usos.

Siendo así según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos establecen indicadores primarios y secundarios que determinan la calidad del agua. (ONU, 2014)

**Gráfico 1-7: VERTIENTES HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR**



Fuente: Aplicaciones.senagua.gob.ec

Los indicadores primarios lo componen cuatro grupos:

1. Productos químicos inorgánicos (presencia de metales y compuestos).
2. Productos químicos orgánicos (por ejemplo, pesticidas).
3. Sustancias radioactivas.
4. Microorganismos.

Los indicadores secundarios hacen referencia a parámetros físicos del agua (por ejemplo color, turbidez, olor, sustancias en suspensión, etc.)

La calidad del agua depende de la presencia y cantidad de los contaminantes, y de los factores naturales o antropogénica a los cuales se ve expuesta determinando así su calidad. Se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. (Romero J, 2009)

## 1.8 Aguas residuales

Las aguas residuales son un conjunto de aguas que son modificadas sus características iniciales durante el uso de las mismas, en actividades industriales, domesticas, uso recreativo, agricultura, etc.

Mientras tanto que las aguas servidas son vertidos líquidos como resultados de descargas de domicilios, principalmente se refiere a las aguas de desecho provenientes de tinas de baño, lavaplatos, lavamanos, lavanderías, y demás electrodomésticos que no descargan materias fecales. Debido a la alteración que presentan sus características físicas, químicas y biológicas no se deben verter directamente a los cuerpos receptores de agua.

La composición de las aguas residuales es 99,9% de agua y un 0,01 % de otros materiales como coliformes fecales, residuos de metales pesados, materia orgánica, solidos suspendidos, entre otros. (Ramalho R, 2003)

**Tabla 1-2:** PROBLEMAS DE CALIDAD DE AGUA RELACIONADOS CON LA AGRICULTURA, PRINCIPALES FUENTES/CAUSAS Y VARIABLES DE MEDICIÓN EN COMÚN

PROBLEMA	PRINCIPALES CAUSAS/FUENTES	VARIABLES DE MEDICIÓN COMÚN
Temperatura elevada	Falta de riego, drenaje de riego, calentamiento de embalse	Temperatura
Salinidad	Drenaje de riego, evaporación de embalse	Conductividad específica, sólidos disueltos
Nitratos	Fertilizantes inorgánicos, comederos	Nitratos
Calidad sanitaria	Comederos, residuos de mataderos, pastoreo de ganado	Coliformes fecales, estreptococos fecales, E. Coli, otros.
Residuos orgánicos degradables	Comederos, residuos de mataderos, operaciones de lechería, procesamiento de alimentos, fábricas de pulpa y papel	DO, BOD, COD, amonio, sólidos en suspensión.
Erosión/sedimentación	Cultivo intensivo (especialmente en terrenos frágiles), producción de madera, pastoreo de ganado	Sedimentos en suspensión, acumulación de sedimentos en el fondo.
Enriquecimiento de nutrientes	Fertilizantes, comederos, procesamiento de alimentos, fábricas de pulpa y papel	Nitratos, nitritos, amonio, fosforo total, ortofósforo, algas, clorofila.
Microelementos tóxicos	Drenaje de riego	Selenio, arsénico, molibdeno, boro, litio
Plaguicidas	Herbicidas e insecticidas aplicados	Atrazine, alachior, chlordane, DDT, malathion, parathion, muchos otros

Fuente: Roldan, 2003

**Gráfico 1-8: AGUA RESIDUAL**



Fuente: Romero, 2002

### **1.9 Contaminación del agua**

Se comprende como contaminación del agua a la alteración negativa en su calidad y en especial su composición química de dicho recurso debido a la acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua de tal forma implican una alteración perjudicial a su calidad en relación al uso al que está destinada, Es decir cuando su composición ha sido modificada de tal modo que no tenga las condiciones necesarias para su uso, que se hubiera destinado en su estado natural. (Blancas C, 2001)

La principal contaminación a este recurso se da por las actividades antropogénica, y tóxicos vertidos ya que estos provocan interacción con la biosfera y desencadenan efectos que alteran de forma nociva para el ambiente.

Esta se convierte en un agente portador de contaminantes infecciosos, tóxicos y perjudiciales para la salud como para el ambiente acuático y su interacción con la biosfera.

## 1.10 Fuentes de contaminación

Las principales fuentes de contaminación que se encuentran en los ríos son las fuentes naturales y las fuentes antrópicas.

**Fuentes naturales:** Según el cauce del río a su paso puede ir cambiando su composición física-química es así, que puede contener minerales de origen natural como: Sales minerales, calcio, Magnesio, hierro, entre otros.

**Fuentes antrópicas:** son el resultado de las distintas actividades humanas entre ellas tenemos: industria, vertidos urbanos, navegación, agricultura y ganadería.

**Industria:** según el tipo de industria, desechan diferentes residuos es la más diversa compleja y más difícil de eliminar, estas aguas con carga contaminante sin darles un tratamiento y una disposición final adecuada van a contaminar el recurso hídrico.

Las principales sustancias contaminantes son: metales pesados fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas, ácidos, Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales, etc.

Los vertidos industriales se caracterizan por:

- Materia en suspensión.
- Materia orgánica disuelta o en suspensión.
- pH generalmente ácido.
- Elementos tóxicos disueltos.
- Temperaturas superiores a la del receptor.
- Aceites y grasas.

Vertidos humanos: la contaminación del agua debido a las distintas actividades urbanas son producto de una inadecuada descarga sin tratamiento previo alguno.

Las aguas residuales urbanas son producto de las actividades diarias domésticas del núcleo urbano, aguas grises y aguas negras.

Estos vertidos humanos contienen fundamentalmente contaminantes orgánicos procedentes de vertidos de residuos sólidos, efluentes líquidos domésticos, lavado viario, fugas de colectores y alcantarillas, fosas sépticas, así como papeles, detergentes, aceites, restos de plásticos, etc.;

También bacterias, virus y otros microorganismos acompañando a algunos de los anteriores.

**Agricultura:** la contaminación por prácticas agrícolas es principalmente por la utilización de fertilizantes, biocidas en exceso y demás residuos agrícolas.

Los principales componentes de los fertilizantes son los compuestos nitrogenados y fosforados los mismos que por acción de la lluvia son arrastrados por suelo causándolo contaminación llegando así a los distintos recursos hídricos produciendo principalmente la eutrofización siendo así alta su capacidad de bioacumulación en los seres vivos.

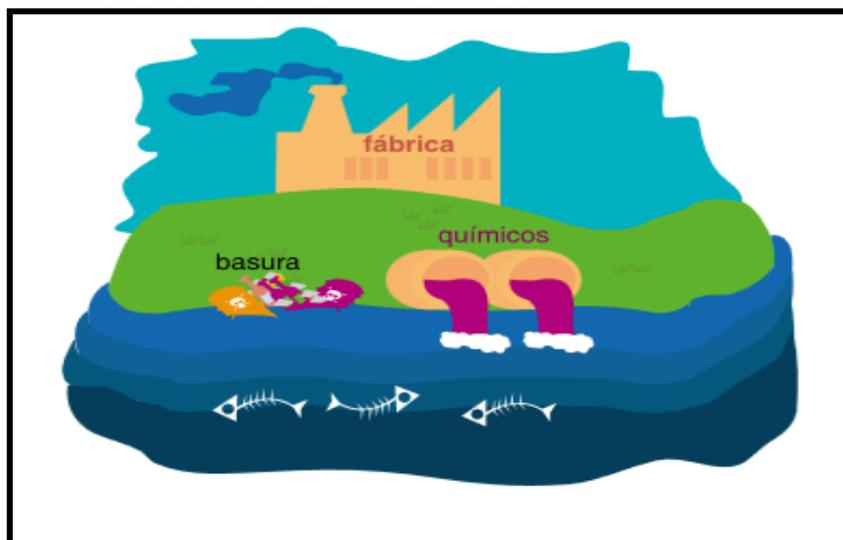
**Ganadería:** como resultados de esta actividad tenemos vertidos que contienen residuos vegetales y animales, materia orgánica, nutrientes y microorganismos.

Las aguas utilizadas en las actividades ganaderas, en todo su proceso productivo sobre todo para operaciones de limpieza, pueden arrastrar el estiércol, los purines producidos, así como restos de plaguicidas de origen ganadero contaminan el terreno y por consiguiente los acuíferos.

**Navegación:** en las actividades de transporte se contamina con hidrocarburos muchas veces accidentales como derrames de petróleo provocando contaminación al recurso hídrico.

**Pluvial:** el agua de lluvia va a arrastrando lo que encuentra a su paso como la basura, sedimentos, y material de menor tamaño. (Da Ros G, 1995)

**Gráfico 1-9: FUENTES DE CONTAMINACIÓN**



Fuente: Romero, 2002

### **1.11 Causas de la contaminación del agua en la ciudad de Riobamba**

Es la alteración de sus características naturales principalmente producida por la actividad humana que la hace total o parcialmente inadecuada para el consumo humano o como soporte de vida para plantas y animales (ríos, lagos, agua subterránea, etc.).

Principales causas:

- Arrojo de residuos sólidos domésticos e industriales.
- Descarga de desagües domésticos e industriales.
- Arrojo de aceites usados.

(Abarca G, 2012)

#### ***1.11.1 Tipos de contaminantes***

Se consideran estos en base a que pueden ser ocasionados de forma natural o de forma antropogénica por tanto estos son los tipos de contaminantes hídricos:

**Contaminantes Químicos:** Estos contaminantes están formados por materia orgánica o inorgánica que son aquellos que alteran de manera representativa la composición natural de agua de manera negativa y tienden a interactuar con esta para formar compuestos nocivos.

Contaminantes Físicos: Este tipo de contaminantes tiene propiedades que no les permiten reaccionar con el agua, pero estos pueden afectar el ecosistema.

Contaminantes Biológicos: Este tipo de contaminación es caracterizado por organismos, o microorganismos que degradan la calidad de este recurso son extremadamente dañinos y producen efectos negativos sobre el ambiente. (Abarca G, 2012)

### **1.12 Índices de la calidad del agua**

Encontrar indicadores de contaminación globales por cantidad de producto para una región, una cuenca, un área o un río, e inclusive, para un solo yacimiento es una tarea muy compleja y difícil. Existe una cantidad de factores y variables que intervienen en la generación de contaminantes, los mismos que, además, pueden cambiar con el correr del tiempo.

Los principales factores que deben considerarse para estimar niveles de contaminación son:

- La naturaleza mineralógica del yacimiento.
- La naturaleza de la roca encajonante.
- La distribución de los minerales del yacimiento.
- El tipo de explotación minera que se realiza.
- Los sistemas metalúrgicos que se emplean en la concentración.
- Las técnicas de seguridad industrial que se emplean.
- Los factores climáticos del área del yacimiento.
- Los sistemas de control medio-ambiental que se han diseñado y puesto en marcha, (si estos existiesen).

La contaminación hídrica es la más importante y la que más directamente afecta al medio ambiente. (Roldán G, 2003)

## **1.13 Parámetros para determinar la calidad del agua características físicas**

### ***1.13.1 Color***

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el  $Al^{+++}$  o el  $Fe^{+++}$ .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero y el color aparente, La unidad de color es el color producido por un mg/L de platino, en la forma de ion cloroplatinato. (Romero J, 2002)

### ***1.13.2 Turbidez***

La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua, en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otra arcilla, limón, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en un gran número de industrias procesadora de alimentos y bebidas. Los valores de turbidez sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la portabilidad del agua". (Carrera C, 2001)

### ***1.13.3 Temperatura***

La determinación de la temperatura es importante para los diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

“Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad, El termómetro debe sumergirse en agua, preferiblemente con el agua en movimiento, y efectuar la lectura después de un lapso suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es venenoso, hay que prevenir cualquier posible rotura del termómetro en agua utilizada para consumo.” (Romero J, 2002)

### ***1.13.4 Conductividad***

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de los sólidos disueltos. (Romero J, 2002)

### ***1.13.5 Potencial de Hidrógeno***

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias. La sigla significa "potencial de hidrógeno", el término "pH" se ha utilizado universalmente por lo práctico que resulta para evitar el manejo de cifras largas y complejas. En

disoluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno.

La escala de pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución), y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH igual a 7 indica la neutralidad de la disolución. (Chiliquinga C, 2012)

#### ***1.13.6 Sólidos totales***

Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). (Carrera C, 2001)

#### ***1.13.7 Sólidos disueltos***

(Residuo filtrable). Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.

#### ***1.13.8 Sólidos suspendidos***

(Residuo no filtrable o material no disuelto). Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol gooch previamente pesado.

#### **Sólidos volátiles y sólidos fijos**

Esta determinación se suele hacer en aguas residuales y lodos con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente.

## **1.14 Características químicas del agua**

### ***1.14.1 Cloruros***

“Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. El sabor salado del agua, producido por los cloruros, es variable y dependiente de la composición química del agua, cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio, el sabor salado es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl. Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio o de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 ppm. El cloruro es esencial en la dieta y pasa a través del sistema digestivo, inalterado.

Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial, puede causar corrosión en las tuberías metálicas y en las estructuras”. (Diccionario aguas, 2011)

### ***1.14.2 Alcalinidad***

La alcalinidad es la medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Los componentes alcalinos en el agua como los bicarbonatos, carbonatos y los hidróxidos remueven iones de  $H^+$  y reducen la acidez del agua la cual (incrementa el pH). Hacen esto combinando iones de  $H^+$  para hacer nuevos componentes. Sin esta capacidad de neutralizar la acidez cualquier ácido añadido al río podría inmediatamente cambiar el pH. Es importante medir la alcalinidad para determinar la habilidad del río para neutralizar la contaminación ácida del aire y de las aguas residuales.

La alcalinidad es una de las mejores medidas de la sensibilidad de los ríos a ingresos de ácidos.

La alcalinidad en los ríos está influenciada por las rocas, el suelo, sales, y ciertas descargas industriales. La alcalinidad total se mide calculando la cantidad de ácido necesario para llevar una muestra a pH 4,2.

A este pH todos los componentes alcalinos de la muestra son “usados”. El resultado es reportado como ppm o mg/L de Carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). (Carrera C, 2001)

### **1.14.3 Dureza**

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes (principalmente divalentes y específicamente los alcalinotérreos) que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. Son éstas las causantes de la dureza del agua y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales de esos metales alcalinotérreos.

Se expresa normalmente como cantidad equivalente de carbonato de calcio (aunque propiamente esta sal no se encuentre en el agua) y se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua; que puede ser expresado en concentraciones de CaCO<sub>3</sub>. (Camacho A, Enrique A, 2002)

Es decir:

Dureza (mg/L de CaCO<sub>3</sub>) = 2,50 [Ca<sup>++</sup>] + 4,16 [Mg<sup>++</sup>]. Dónde:

[Ca<sup>++</sup>]: Concentración de ion Ca<sup>++</sup> expresado en mg/L

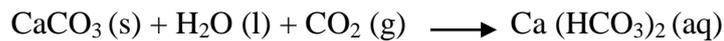
[Mg<sup>++</sup>]: Concentración de ion Mg<sup>++</sup> expresado en mg/L

#### **1.14.3.1 Tipos de dureza**

En la dureza total del agua podemos hacer una distinción entre dureza temporal (o de carbonatos) y dureza permanente (o de no-carbonatos) generalmente de sulfatos y cloruros”.

#### **1.14.3.1.1 Dureza temporal**

La dureza temporal se produce a partir de la disolución de carbonatos en forma de hidrógeno carbonatos (bicarbonatos) y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición del hidróxido de calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>).



El carbonato de calcio es menos soluble en agua caliente que en agua fría, así que hervir (que contribuye a la formación de carbonato) se precipitará el bicarbonato de calcio fuera de la solución, dejando el agua menos dura.

#### **1.14.3.1.2 Dureza permanente**

Esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia de sulfatos y/o cloruros de calcio y de magnesio en el agua, sales que son más solubles mientras sube la temperatura hasta cierta temperatura luego la solubilidad disminuye conforme aumenta la temperatura.

(Camacho A, Enrique A, 2002)

#### **1.14.4 Grupo nitrógeno**

Los nitratos son una forma de nitrógeno que se encuentra en diferentes formas en los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Las diferentes formas presentes son amonio (NH<sub>3</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>) y nitritos (NO<sub>2</sub>). Los nitratos (NO<sub>3</sub>) son esenciales para las plantas, pero cuando entran en exceso a los ecosistemas acuáticos pueden provocar serios problemas. El exceso de nitratos junto con el fósforo puede acelerar la eutrofización, provocando el crecimiento excesivo de plantas, que a la vez afectan a los animales que viven en los ríos. Además, el exceso de nitratos afecta el oxígeno disuelto en el agua, la temperatura y otros parámetros.

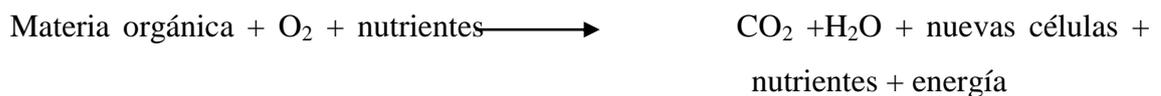
El exceso de nitratos puede provocar hipoxia (bajos niveles de oxígeno disuelto), y puede ser tóxico para animales cuando las concentraciones son mayores a 10mg/l. Las fuentes de nitratos son las plantas de tratamiento de aguas servidas, la escorrentía de campos de cultivos, las fallas de los pozos sépticos, y descargas industriales. (Romero J, 2002)

#### **1.14.5 Cromo**

El cromo se genera de forma natural, se encuentra en rocas, tierra y polvo y gases volcánicos y puede producirse en diversos estados de oxidación. Mientras que las formas trivalentes predominan en organismos vivos, el cromo hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ) y el cromo ( $\text{Cr}^0$ ) son formas producidas normalmente por procesos industriales. El cromo trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ) es un elemento residual necesario para mantener un buen estado de salud, ya que ayuda al cuerpo a utilizar el azúcar, la grasa y las proteínas. El cromo hexavalente se convierte en cromo trivalente dentro del cuerpo. El cromo hexavalente del medio ambiente suele ser el resultado de aplicaciones como la fabricación de productos químicos, textiles y de cuero, además de la pintura para electrodeposición. (Chiliquinga C, 2012)

#### **1.14.6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La oxidación microbial o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterotróficos, que hay que cuantificar.



Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de la DBO a cinco días.

Esencialmente, la DBO es una medida de cantidad de oxígeno utilizada por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días y a 200°C. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de materia orgánica oxidable. (Romero J, 2002)

#### ***1.14.7 Demanda química de oxígeno (DQO)***

La demanda química de oxígeno es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente, representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por bicromato de solución ácida. El ensayo tiene la ventaja de ser más rápido que el de DBO y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico. Todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO<sub>2</sub> y aguas mediante la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones ácidas. (Romero J, 2002)

#### ***1.14.8 Relación DBO5/DQO***

La relación entre DBO y DQO nos indicará el tipo de vertido y su posibilidad de depuración:

DBO/DQO > 0,6, es un vertido orgánico, fácilmente depurable de forma biológica.

DBO/DQO < 0,2, es un vertido inorgánico, imposible de depurar de forma biológica.

(Romero J, 2002)

### **1.15 Bacteriología del agua**

Todo organismo debe encontrar en su medio ambiente las unidades estructurales y las fuentes de energía necesarias para formar y mantener su estructura y organización.

Dichos materiales son llamados nutrientes. Casi todos los organismos vivos requieren los siguientes nutrientes:

- Fuente de carbono
- Fuente de energía
- Fuente de nitrógeno
- Agua
- Fuente mineral

Además, algunos organismos requieren ciertos factores accesorios de crecimiento, tales como vitaminas y aminoácidos. Con base a sus requerimientos nutricionales, es común clasificar los organismos como se indica en la tabla 3. (Romero J, 2002)

#### Microbiología del agua

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto del aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

La transmisión de organismos patógenos a través del agua ha sido la fuente más grave de epidemia de algunas enfermedades. (Romero J, 2002)



## **1.16 Características del método Delphi**

### Ventajas

- Mayor grado de objetividad.
- Consenso logrado de credibilidad.
- Evita conflictos entre expertos y como resultado se obtiene la mayor libertad para comentarios y para la creatividad de los mismos.
- Permite obtener información de diferentes puntos de vista sobre un mismo tema resolviendo un problema.
- Permite la participación de un gran número de personas, es garantiza un mayor número de expertos calificados.
- Elimina efectos negativos y conflictos en reuniones de grupo.

### Desventajas

- Es muy Laborioso, y su tiempo de ejecución es amplia.
- Es más costoso que otros métodos.

## CAPITULO II

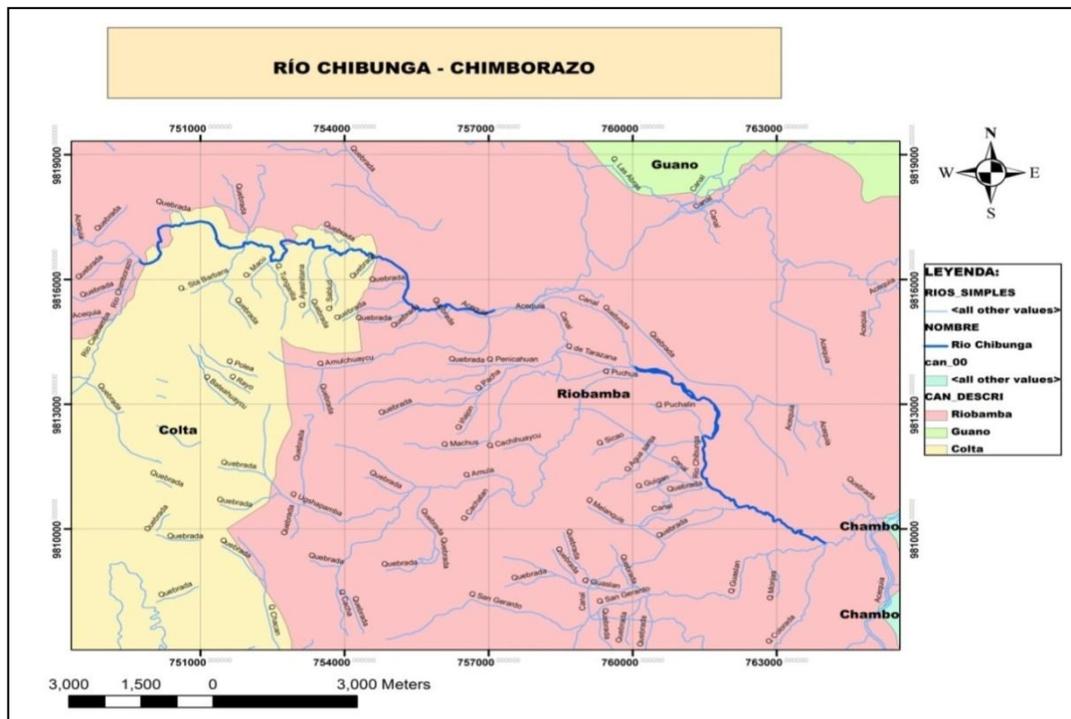
### 2 METODOLOGÍA

#### 2.1 Unidad de estudio

##### 2.1.1 Localización

La Microcuenca del Río Chibunga se encuentra localizada en la Provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba, cuyo cauce del Río Chibunga tiene una longitud aproximada de 14 km, como se indica en la gráfico 1-2.

**Gráfico 2-1:** MAPA DE LA LOCALIZACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA

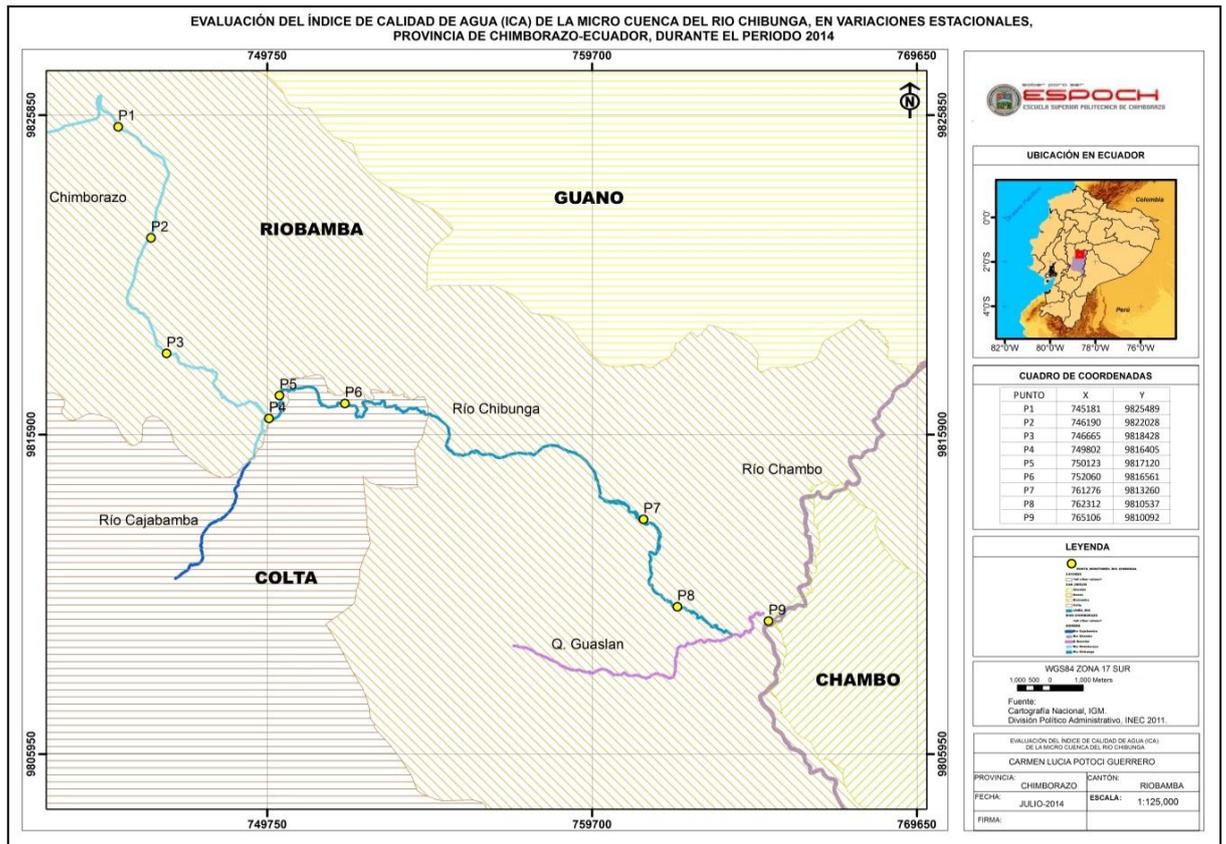


Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

## 2.1.2 Ubicación geográfica

La Microcuenca del Río Chibunga limita: al Norte: Comunidades del cantón Riobamba; al Sur con el Cantón Chambo; al Este: Cantón Riobamba; al Oeste: Cantón Colta. Según Cartografía base IGM.

**Gráfico 2-2: MAPA DE LOS LÍMITES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA**



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

## 2.2 Tipo de investigación

Por el tipo de investigación: Aplicada, porque persigue un fin directo e inmediato. Se propone evaluar el recurso agua en este caso la microcuenca del Río Chibunga para lograr su mejor aprovechamiento, o conocer las causas que provoca la contaminación con el fin de precautelar la calidad del agua del Río Chibunga.

Por la temporalidad: Longitudinal, ya que se va a recolectar datos a través del tiempo en puntos o periodos especificados para hacer inferencias respecto al cambio de los indicadores de calidad del agua, condiciones meteorológicas y su evolución y consecuencias.

Por el tipo de enfoque: Cualitativo y Cuantitativo. Cualitativo porque se va a recolectar datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación como es en la aplicación del método DELPHI en la asignación de indicadores de calidad del agua. Cuantitativo porque se va a recolectar datos físicos, químicos, microbiológicos de la calidad del agua, meteorológicos, hidroquímicos, durante el periodo enero a noviembre 2014 para probar una hipótesis con base a una relación numérica y el análisis estadístico y la modelación matemática.

Por el diseño de investigación: Cuasi experimental.

Diseño de un grupo con medición antes y después, Este diseño tiene las siguientes características: Es un diseño de un solo grupo (Microcuenca del Rio Chibunga) con medición en variaciones estacionales (seca y lluviosa) de la variable independiente (Factores condicionantes de contaminación), pero sin grupo control.

## **2.3 Métodos y técnicas**

### **2.3.1 El método Delphi**

El nombre “Delphi” es nombrado gracias a Delfos una ciudad de la antigua Grecia, donde se determinó el Oráculo donde éste predecía eventos del futuro. Este método se determina en la utilización del juicio intuitivo y lograr un consenso de un grupo de expertos para lograr acontecimientos futuros.

Determinando la elaboración de la investigación propuesta se aplicó el método DELPHI cuya estructuración para su mejor eficiencia se detalla en cumplir los siguientes requisitos:

Manteniendo de Incógnito a los expertos garantiza su efectividad.

Retroalimentación controlada por el facilitador generando una respuesta estadística del grupo y la información obtenida se procesa por medio de técnicas de diseño experimental.

### **2.3.1.1** *Las Rondas de Encuestas del Método Delphi*

#### **2.3.1.1.1** *Primera Ronda*

El coordinador realiza una pequeña explicación a los expertos por qué fue seleccionado y cuál es el objetivo del trabajo investigativo que se va a llevar a cabo. De forma escrita se pone en consideración sus conocimientos y experiencia al respecto, a continuación se formula preguntas en forma clara y precisa, estas preguntas deben estar en forma abierta y sus criterios son en forma escrita.

Una vez recibidas las respuestas por parte del facilitador se construye una tabla en donde las filas se reserven a los expertos supongamos  $m$  y las columnas a los criterios emitidos  $n$ . A esa tabla se le pondrá unos valores en la intersección del experto con el criterio que formuló. El facilitador aquí debe agrupar los criterios, eliminando las repeticiones literales, de manera que todos los expertos vean sus ideas reflejadas. Aquí se deben agrupar los criterios en un orden de aparición, nunca en orden de importancia, dado que el facilitador no debe participar en el proceso de forma directa.

Su aplicación es:

Seleccionar el coordinador, elaborar lista de candidatos a expertos que cumplan los requisitos predeterminados de experiencia, años de servicio, conocimientos sobre el tema, intuición.

Para la aplicación del siguiente método se realiza el cálculo de distintas variables como son:

Determinación del coeficiente de competencia de cada experto:

$$K_{\text{comp}} = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$$

Dónde:

Kc: Coeficiente de Conocimiento; se hace una encuesta en donde el candidato le otorga a cada una de las preguntas un valor, según el conocimiento que considere tenga al respecto. El coeficiente resulta del promedio de los valores que se otorga al candidato.

**Tabla 2-1: VALORES DE LAS FUENTES DE CONOCIMIENTO**

<b>FUENTES DE CONOCIMIENTO</b>	
Preguntas	Valor
1	0,5
2	0,1
3	0,1
4	0,1
5	0,1
6	0,05
7	0,05

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Ka: Coeficiente de Argumentación. Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón.

La elaboración de una tabla patrón a manejar por el coordinador, en donde el experto debe poner el grado de influencia de cada una de las fuentes en su conocimiento y criterio según sea alto, medio o bajo:

**Tabla 2-2: TABLA PATRÓN**

<b>FUENTES DE ARGUMENTACIÓN</b>	<b>GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE</b>		
	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teóricos realizados por usted.	0,30	0,20	0,10
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50	0,40	0,20
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.	0,10	0,08	0,06
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:	0,10	0,08	0,06

Fuente: Manuel Cortés. Ph.D

Se suman todos los valores obtenidos y ese resultado forma el coeficiente de argumentación  $K_a$  de cada experto. Dados los coeficientes  $K_c$  y  $K_a$  se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia  $K_{comp}$  siguiendo los criterios siguientes:

- Si  $K_{comp} \geq 0.8$ . La competencia del experto es ALTA
- Si  $0.5 < K_{comp} < 0.8$  La competencia del experto es MEDIA
- Si  $K_{comp} \leq 0.5$  La competencia del experto es BAJA

Se eligen los expertos de entre los auto evaluados de alta competencia.

Los expertos seleccionados no deben conocer a los restantes que fueron escogidos, todo debe ser hecho en forma individual, el método mantiene el anonimato y ese es uno de sus éxitos principales.

#### **2.3.1.1.2 Segunda Ronda**

Los criterios agrupados en la tabla antes expuesta le son enviados a los expertos para que marquen con un valor considerando los parámetros más importantes, aquí van los criterios nunca quién los emitió porque el anonimato debe continuar hasta el final.

El facilitador recibe los resultados de los expertos y entonces debe iniciar una labor de eliminación de aquellos que no representan a la mayoría de los expertos.

Los criterios que estén avalados por menos del percentil, elegido para la investigación. Se trabaja con los intervalos de confianza no menor a 25 lo que demuestra su importancia determinando sus valores. En forma general esta ronda logra hacer la decantación de los criterios minoritarios.

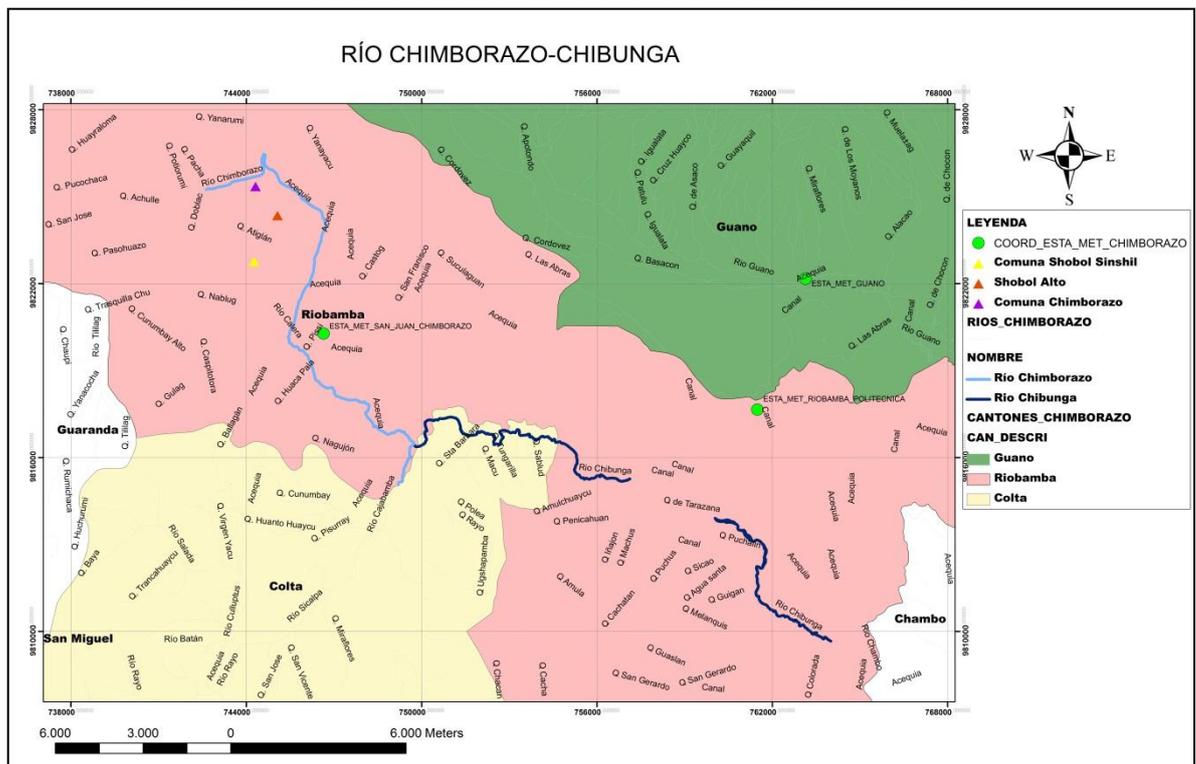
#### **2.3.1.1.3 Tercera Ronda**

Esta es la etapa final, con los parámetros se realiza un análisis de las respuestas obtenidas para determinar los constituyentes de calidad de agua para utilizarlos en el ICA.

### 2.3.2 Determinación de las fechas de monitoreo

Para la determinación de las fechas adecuadas de los monitoreos se tomó como referencia los datos de precipitación de los últimos 5 años de las 4 estaciones meteorológicas más cercanas a la microcuenca siendo estas: Estación M039 ESPOCH, Estación M0393 SAN JUAN-CHIMBORAZO, Estación M0407 LICTO, Estación M0408 GUANO.

**Gráfico 2-3: MAPA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS**



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Se realizaron 2 monitoreos en los puntos antes mencionados los mismos que se realizara un monitoreo en época lluviosa el mes de noviembre y otro monitoreo en época seca el mes de agosto.

### **2.3.3 *Determinación de los puntos de monitoreo***

Después de realizar la respectiva inspección a lo largo de la microcuenca del Río Chibunga se determinó los 9 puntos de monitoreo siendo estos: Inicio del Río Chimborazo, Descarga de la comunidad de Shobol, Descarga de la comunidad de San Juan, Unión de los ríos Chimborazo y Cajabamba, Descarga de la fábrica Cemento Chimborazo, Comunidad Gatazo, Parque Ecológico, Descarga en San Luis y finalmente la Descarga del Río Chibunga en el Río Chambo de acuerdo a las descargas encontradas y a las anomalías presentes con lo cual se ve alterada la calidad del agua.

### **2.3.4 *Metodología Ambiental de Monitoreo***

La metodología utilizada para la toma de muestra y monitoreo ambiental se describe a continuación; se tomaron dos estaciones de monitoreo en Estación seca 07 de Agosto de 2014 y en Estación lluviosa 06 de Noviembre de 2014, teniendo un total de 9 puntos en cada estación monitoreada.

#### **2.3.4.1 *Procedimiento***

El procedimiento que a continuación se presenta tiene por objeto realizar de manera segura y correcta la toma de muestras con el fin de garantizar la calidad de los análisis y la veracidad de los resultados que sean obtenidos.

##### **2.3.4.1.1 *Muestra Simple***

Este tipo de muestra se caracteriza por proporcionar información sobre el punto dado en calidad y tiempo específico.

##### **2.3.4.1.2 *Muestreo***

Este se realizó tomando en cuenta la recolección de muestras, además los parámetros a ser analizados y la preservación de las mismas.

#### **2.3.4.1.3 *Recolección y Preservación de la Muestra***

El principal objetivo de la toma de muestras es la representatividad de la muestra, es decir obtener el volumen sea lo suficientemente necesario para su posterior transporte, esto facilita su manipulación en la laboratorio. Este procedimiento implica que la concentración relativa de los componentes serán las mismas en las muestras que del material que proceden, es determina que dichas muestras al ser manejadas no produzcan alteraciones significativas en su composición antes de sus análisis correspondientes.

#### **2.3.4.2 *Procedimiento para la toma de Muestras Líquidas***

A continuación de determina el procedimiento correcto para la toma de muestra:

- Se retira la tapa de la botella, se sostiene la botella cerca de su base, luego se baja la botella con la boca hacia abajo y se la sumerge en el agua donde la muestra va a ser tomada.
- Se debe enjuagar el envase de 2 a 3 veces con el agua que va a ser recolectada.
- Se coloca la boca de la botella de manera horizontal, en contracorriente de la descarga de agua, al mismo tiempo que se va llenando la botella, evitar el ingreso de hojas ramas u otro tipo de sólidos grandes en su interior.
- Cuando la botella está llena con la muestra, se saca a la superficie y se cierra herméticamente.

#### **2.3.4.3 *Toma de la Muestra en Campo***

Para el muestreo en campo se siguieron los siguientes pasos:

- Identificar los puntos de muestreo
- Codificar la muestra.
- Homogenizar el envase.
- Tomar la muestra.
- Analizar los parámetros in situ.
- Sellar el envase.
- Preservar y transportar la muestra.

#### 2.3.4.4 Recomendaciones Generales para el Muestreo

Al momento de realizar la toma de muestra, el envase debe ser lavado dos o tres veces con el agua que se va a recoger.

Para los análisis a realizarse, hay que llenar el envase casi por completo, ya que la mayoría de los análisis orgánicos se deja un espacio para que se produzca aireación.

La toma de muestra debe realizarse con cuidado, y cumpliendo con las especificaciones antes expuestas; esto garantiza que el resultado analítico represente la composición real.

#### 2.3.5 Parámetros a analizar

Se realizan diferentes mediciones tanto en laboratorio como “in-situ” a continuación se especifica los parámetros realizados:

**Tabla 2-3: PARÁMETROS ANALIZADOS IN- SITU**

PARÁMETROS	EXPRESADO	UNIDAD
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L
Potencial Hidrógeno	pH	Unidad
Temperatura	T	°C
Caudal	Q	L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Las muestras se conservan y almacenan en un cooler a una temperatura de 4°C para su posterior traslado al laboratorio para realizar los análisis que se detallan en la tabla 7.

**Tabla 2-4: PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>
Potencial de Hidrógeno	pH
Oxígeno Disuelto	mg/L
Cadmio	mg/L
Plomo	mg/L
DBO5	mg/L
Coliformes Fecales	UFC/100mL
Fósforo Total	mg/L
Grasas y Aceites	mg/L
Sólidos Suspendidos	mg/L
Nitratos	mg/L
Tensoactivos	mg/L

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### ***2.3.6 Métodos de Análisis de la Determinación de Parámetros***

Los métodos de análisis son los que sigue el LABCESTTA para su proceso de acreditación como métodos internos y siguiendo la metodología del APHA Estándar Methods edición 21, y se detalla en la tabla 2-5.

**Tabla 2-5: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN AGUA**

PARÁMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	EXPRESADO COMO
Potencial Hidrógeno (IN SITU)	PEE/LABCESTTA/164 Standard Method 4500- H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	pH
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	pH
Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	--
Conductividad eléctrica (INSITU)	PEE/LABCESTTA/199 Standard Method No. 2510 B	uS/cm	CE
Oxígeno disuelto (IN SITU)	PEE/LABCESTTA/206 Standard Methods No. 4500 – O G / EPA 360.1	mg/L	OD
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	DQO
Sólidos Suspendedos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	SST
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No 4500 –NO <sub>2</sub> –B	mg/L	NO <sub>2</sub>
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	-
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	-
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 Standard Methods No. 4500 – O G	mg/L	OD
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	DBO5
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	-
*Materia Flotante	Visual	-	-
*Caudal	Volumétrico	L/s	Q
Fósforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5	mg/L	P

Fuente: Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental

**Tabla 2-6: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA DETERMINACIÓN DE METALES EN AGUA**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO DE ANÁLISIS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>
Plomo	PEE/LABCESTTA/ 29 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/L	Pb
Cadmio	PEE/LABCESTTA/33 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/L	Cd

Fuente: Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental

**Tabla 2-7: MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS – AGUA**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MÉTODO DE ANÁLISIS</b>
Coliformes Fecales	CF	UFC/100 ml	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221

Fuente: Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental

## **CAPITULO III**

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Consulta a expertos (Método Delphi)**

En base al desarrollo del Método Delphi, aplicamos las correspondientes encuestas para la determinación del Índice de Calidad Ambiental (ICA) del Río Chibunga.

##### ***3.1.1 Primera Encuesta***

Según los resultados obtenidos en la primera encuesta indicado en la Tabla 3-1., se tabula el grado de competencia de los expertos en cuanto a su conocimiento. Los expertos participantes son 20 y de ellos 8 cuentan con un nivel de competencia alto, que corresponde al 40 % y esto determina su selección para la siguiente encuesta.

**Tabla 3-1:** RESULTADOS PRIMERA ENCUESTA A EXPERTOS SELECCIONADOS

EXPERTOS	VARIABLES		K comp	COMPETENCIA		
	FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	FUENTES DE CONOCIMIENTO		ALTA	MEDIA	BAJA
	Ka	Kc		≥ 0,8	0,5 < K < 0,8	≤ 0,5
1	0,78	0,75	0,77		X	
2	0,84	0,80	0,82	X		
3	0,96	0,95	0,96	X		
4	0,98	0,95	0,97	X		
5	0,86	0,85	0,86	X		
6	0,98	0,95	0,97	X		
7	0,88	0,90	0,89	X		
8	0,90	0,95	0,93	X		
9	0,98	1,00	0,99	X		
10	0,76	0,75	0,76		X	
11	0,76	0,70	0,73		X	
12	0,76	0,75	0,76		X	
13	0,59	0,60	0,60		X	
14	0,59	0,50	0,55		X	
15	0,76	0,75	0,76		X	
16	0,76	0,30	0,53		X	
17	0,74	0,60	0,67		X	
18	0,44	0,42	0,43			X
19	0,54	0,35	0,45			X
20	0,62	0,35	0,49			X

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

En la tabla 3-2 se presentan los resultados de los expertos seleccionados tomando en cuenta el valor de Ka, kc y caracterizando su competencia.

**Tabla 3-2: RESULTADOS DE LOS EXPERTOS SELECCIONADOS**

No. Experto	Valor K	Competencia
E1	0,82	Alta
E2	0,96	Alta
E3	0,97	Alta
E4	0,86	Alta
E5	0,97	Alta
E6	0,89	Alta
E7	0,93	Alta
E8	0,99	Alta

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### **3.1.2 Segunda encuesta**

Aplicando la siguiente encuesta a los expertos calificados, se determinó los parámetros obtenidos con sus respectivas calificaciones.

#### **3.1.2.1 Parámetros Establecidos para la realización del ICA**

Cada parámetro seleccionado de este proceso de sucesión de encuestas determina un subíndice de valoración máxima de 4, que será utilizado en procesos de agregación y cuyos resultados se presentan en la tabla 3-3.

**Tabla 3-3: PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN LA SEGUNDA ENCUESTA**

PARÁMETROS	Unidad	Valor ponderado medio
Potencia Hidrógeno	pH	3,75
Oxígeno Disuelto	mg/L	3,75
Manganeso	mg/L	3,25
Cadmio	mg/L	3,25
Plomo	mg/L	3,50
Plata	mg/L	3,25
Selenio	mg/L	3,25
Vanadio	mg/L	3,38
Berilio	mg/L	3,38
Aluminio	mg/L	3,50
Zinc	mg/L	3,25
Hierro	mg/L	3,25
DBO5	mg/L	3,50
Coliformes Totales	UFC/100ml	3,38
Coliformes Fecales	UFC/100ml	3,75
Fósforo Total	mg/L	3,38
Grasas y Aceites	mg/L	4,00
Nitratos	mg/L	3,50
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	3,25
Tensoactivos	mg/L	3,63
Temperatura	°C	3,63
Pesticidas organoclorados		3,25
Sólidos suspendidos		3,50
Materia Flotante	Visible	3,63

**Media= 3,16**

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Con los resultados de la segunda encuesta realizados a los 8 expertos se determina los parámetros para el cálculo del ICA del Río Chibunga y que son los indicados en la tabla 3-4.

**Tabla 3-4: PARÁMETROS ESTABLECIDOS PARA DETERMINAR EL ICA**

<b>PARAMETROS SELECCIONADOS CON LA TERCERA ENCUESTA</b>											
<b>EXPERTOS</b>	<b>Cadmio</b>	<b>Fósforo Total</b>	<b>Coliformes Fecales</b>	<b>Grasas y Aceites</b>	<b>Sólidos Suspendidos</b>	<b>Nitratos</b>	<b>Oxígeno Disuelto</b>	<b>DBO 5</b>	<b>Potencial Hidrógeno</b>	<b>Tensoactivos</b>	<b>Plomo</b>
E1	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3
E2	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4
E3	4	3	4	3	1	3	4	2	3	4	4
E4	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	4
E5	1	2	4	4	4	2	4	4	3	3	2
E6	2	3	4	3	3	3	4	4	4	3	2
E7	4	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2
E8	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3
<b>Sumatoria</b>	24	24	30	29	25	26	31	27	28	26	24
<b>Promedio</b>	3,00	3,00	3,75	3,63	3,13	3,25	3,88	3,38	3,50	3,25	3,00

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### **3.2 Revisión ambiental de los puntos de monitoreo**

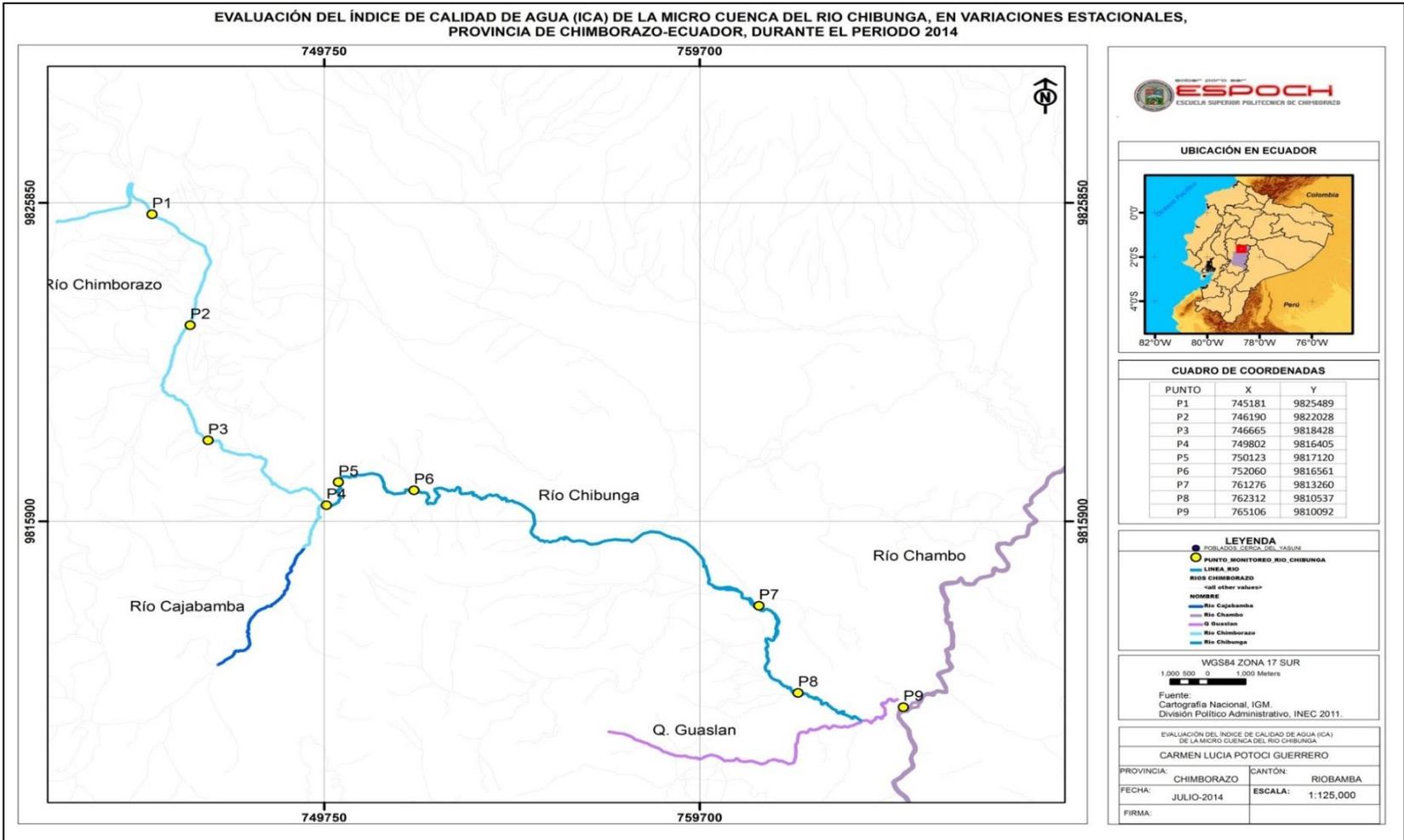
Para realizar el monitoreo de la microcuenca del Río Chibunga se delimitaron los puntos de toma de muestra tomando en cuenta la necesidad del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo y fuentes antropogénicas que pudiesen alterar las características fisicoquímicas o microbiológicas del agua de la microcuenca indicada en la presente investigación. En la tabla 3-5 se detallan los puntos de monitoreo con su respectiva ubicación geográfica y en la Gráfico 3-1se encuentran identificados gráficamente en el mapa base de monitoreo.

**Tabla 3-51: PUNTOS DE MONITOREO**

N°	PUNTOS	COORDENADAS UTM 17 M	
		X	Y
1	Inicio del Río Chimborazo	0745181	9825489
2	Descarga de la comunidad de Shobol	0746190	9822028
3	Descarga de la comunidad de San Juan	0746665	9818428
4	Unión de los ríos Chimborazo y Cajabamba	0749802	9816405
5	Descarga de la fábrica Cemento Chimborazo	0750123	9817120
6	Comunidad Gatazo	0752060	9816561
7	Parque Ecológico	0761276	9813260
8	Descarga en San Luis	0762312	9810537
9	Descarga del Río Chibunga en el Río Chambo	0765106	9810092

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### Gráfico 3-1: MAPA BASE DE LOS PUNTOS DE MONITOREO RÍO CHIMBORAZO - CHIBUNGA.



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### 3.2.1 Aspectos ambientales

A lo largo de la microcuenca encontramos una gran variedad de flora, al igual que la fauna, ya sean propias de la zona o introducidas. En algunos lugares existe la deforestación debido a la introducción de cultivos o bosques. Es predominante una vegetación del tipo arbustiva, herbácea y en menor cantidad arbórea.

En la Tabla 3-6 y Tabla 3-7. Se indica el Nombre científico y Nombre común de la flora y fauna respectivamente.

**Tabla 3-6: FLORA CARACTERÍSTICA DEL SECTOR**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
<i>Pinus sylvestris L.</i>	Pino
<i>Cupres sussempervirens L.</i>	Ciprés
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	Eucalipto
<i>Mespilus germanica L.</i>	Níspero
<i>Araucariacun ninghamii</i>	Araucarias
<i>Callistemon citrinus</i>	Cepillo
<i>Populussp</i>	Álamo
<i>Salix alba</i>	Sauce
<i>Falco sparverius.</i>	Cholan
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Tara espinosa
<i>Physalis Peruviana</i>	Capulí
<i>Alnus glutinosa</i>	Alisos
<i>Lupinus polyphyllus</i>	Lupina
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Quicuyo
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de León
<i>Datura stramonium</i>	Chamico
<i>Hypeastrum SP</i>	Acacia
<i>Puya sp.</i>	Achupalla
<i>Azorella pedunculata</i>	Almohadilla
<i>Werneria sp.</i>	Almohadilla
<i>Lupinus pubescens</i>	Ashpachocho
<i>Amaranthus hybridus</i>	Bledo
<i>Dipsacus sativus</i>	Cardo
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Cartucho
<i>Datura stramonium</i>	Chamico
<i>Gynoxis sp.</i>	Chilca negra
<i>Chamonilla sp.</i>	Manzanilla

Continuación tabla 3-6	
<i>Chuquiraga jussieui</i>	Chuquiragua
<i>Bomarea hirsuta</i>	Coralillo
<i>Gentianella sp.</i>	Genciana
<i>Brugmansia sanguine</i>	Guanto/ Wanto
<i>Usnea barbata</i>	Liquen fruticoso
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal
<i>Stipa ichu</i>	Paja
<i>Agrostis sp.</i>	Paja sigse
<i>Agave americana</i>	Penco chahuarquero
<i>Sambucus peruviana</i>	Tilo-sauco
<i>Deacus carota</i>	Zanahoria
<i>Spartium junceum</i>	Retama
<i>Hypericum laricifolium</i>	Romerillo
<i>Salvia sp</i>	Salvia
<i>Trifolium repens</i>	Trebol
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Tuna
<i>Calceolaria sp.</i>	Zapatito
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa
<i>Equisetum arvense</i>	Caballo chupa
<i>Baccharis sp</i>	Chilca blanca
<i>Columnnea cf. Bilabiata</i>	Lengua de vaca
<i>Plantago major</i>	Llantén
<i>Plantago lanceolata</i>	Llantén macho
<i>Anthemis nobilis</i>	Manzanilla
<i>Artemisa folia</i>	Marco
<i>Urtica urens</i>	Ortiga blanca
<i>Urtica dioica</i>	Ortiga negra
<i>Chenopodium ambrrosioides</i>	Paico
<i>Hordeum</i>	Cebada
<i>Vicia sativa</i>	Vicia
<i>Solanum Tuberosa</i>	Papas
<i>Zea mays</i>	Maíz
<i>Vicia faba</i>	Haba

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Chimborazo, 2011.

**Tabla 3-7: FAUNA CARACTERÍSTICA DE LA ZONA**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
<i>Colibrí coruscons</i>	Colibrí
<i>Notiochelidon</i> sp	Golondrina
<i>Zenaida</i> sp	Tórtola
<i>Columba</i> sp	Paloma
<i>Turdus</i> sp	Mirlo
<i>Didelphis albiventris</i>	Raposa
<i>Thomasomys rhoadsi</i>	Ratón andino de páramo
<i>Conepatus semiestriatus</i>	Zorro
<i>Asio stygius</i>	Búho
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión común
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Guarro/ águila pechinegra
<i>Tito alba</i>	Lechuza campanaria
<i>Bos Taurus</i>	Ganado vacuno
<i>Ovis aries</i>	Ganado ovino
<i>Bos Taurus</i>	Ganado vacuno
<i>Ovis aries</i>	Ganado ovino
<i>Sus scrofa ssp. Domestica</i>	Ganado porcino
<i>Canis lupus familiaris</i>	Perro

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Chimborazo, 2011.

Al tener una diversidad de flora a lo largo de la microcuenca, principalmente pastizales, quicuyo, trébol, bleado, entre otras. Estos son utilizados como alimento del ganado vacuno ovino, equino, y especies menores las mismas son criadas para el consumo interno y para la venta, mejorando así la economía familiar.

El agua de la microcuenca del río Chibunga es utilizada como abrevaderos para animales, y con fines agrícolas ya que desde el Punto 1. Inicio de río Chimborazo hasta el Punto 6. Comunidad Gatazo se usa para dotar de riego a los cultivos de maíz, papas, brócoli, alfalfa, vicia, habas entre otros.

En el Punto 7. Parque Ecológico este recurso no se utiliza para ningún fin, debido a la contaminación presente por las descargas de aguas negras y grises provenientes de la ciudad.

En el Punto 8. Descarga San Luis y Punto 9. Descarga del Río Chibunga al Río Chambo. El agua es utilizada con fines agrícola.

En ninguno de los 9 puntos se evidencio erosión del suelo.

### 3.2.1.1 Punto 1 (Inicio Río Chimborazo)

En este punto de monitoreo se observa que no existe mayor intervención que afecte la calidad del agua, según entrevistas realizadas con los moradores del sector indican que no hay industrias o actividades de gran impacto que generen contaminación al recurso hídrico, por lo que es de mucha importancia conocer el ICA en este sector para comparar los datos con sectores donde haya mayor intervención.

Las características físicas del agua en este lugar son: su color casi transparente y no presenta ningún olor.

**Tabla 3-8: ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 1**

Punto de Muestreo		Inicio Río Chimborazo	
Clima		Páramo	
Coordenadas		17M 0745181 / 9825489	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	17°C	Temperatura ambiente:	15°C
Temperatura del agua:	10 ° C	Temperatura del agua:	9,5 ° C
Caudal:	412,19 L/s	Caudal:	446,07 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Fotografía 3-1:** SECTOR RÍO CHIMBORAZO



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### **3.2.1.2 Punto 2 (Descarga Comunidad Shobol)**

En este punto de monitoreo se observa la presencia de la descarga de aguas servidas de la comunidad, aumentado la carga contaminante alterando así las características del recurso, no existen industrias que generen mayor contaminación.

El agua en este lugar presenta un color casi transparente y existe ausencia de olor.

**Tabla 3-9:** ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 2

Punto de Muestreo		Descarga comunidad Shobol	
Clima		Páramo	
Coordenadas		17M 0746190 / 9822028	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	17°C	Temperatura ambiente:	17°C
Temperatura del agua:	10 ° C	Temperatura del agua:	10,6 °C
Caudal:	256,09 L/s	Caudal:	539,92 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

### Fotografía 3-2: SECTOR COMUNIDAD SHOBOL



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

#### **3.2.1.3 Punto 3 (Descarga comunidad San Juan)**

En este punto de monitoreo se observa la descarga de la comunidad San Juan al igual que la presencia de queseras, estas actividades podrían generar la alteración en la calidad del agua debido a la presencia de aceites y grasas, materia orgánica que no tienen efectos tóxicos, pero que en mayores concentraciones afectan a las aguas por su fuerte demanda de oxígeno y su elevada concentración de DQO y DBO. En este punto el agua es utilizada como riego para los cultivos. Por lo que es de mucha importancia conocer el ICA y determinar los parámetros alterados.

El agua en este lugar presenta un color casi transparente y no presenta ningún olor, A su orilla existen restos de basura.

**Tabla 3-10:** ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 3

Punto de Muestreo		Descarga comunidad San Juan	
Clima		Páramo	
Coordenadas		17M 0746665 / 9818428	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	17°C	Temperatura ambiente:	17°C
Temperatura del agua:	12 ° C	Temperatura del agua:	11,2 °C
Caudal:	226,71 L/s	Caudal:	534,66 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Fotografía 3-3:** SECTOR COMUNIDAD SAN JUAN



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

#### 3.2.1.4 Punto 4 (*Unión Río Chimborazo y Río Cajabamba*)

En este punto de monitoreo se observa mayor intervención antropogénica y la presencia de industrias como la cemento Chimborazo. Las descargas de aguas negras y grises de las comunidades Shobol, San Juan y sus alrededores, junto a las descargas industriales de la

fábrica podrían generar mayor impacto en la contaminación al recurso hídrico, por lo que es de mucha importancia conocer el ICA en este sector y conocer los principales contaminantes.

En la orilla se observa basura y demás desechos provenientes de la corriente del Río, el color del agua en este lugar es de color gris claro y no presenta ningún olor.

**Tabla 3-11: ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 4**

Punto de Muestreo		Unión Río Chimborazo y Río Cajabamba	
Clima		Templado	
Coordenadas		17M 0749802 / 9816405	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	17°C	Temperatura ambiente:	18°C
Temperatura del agua:	16 °C	Temperatura del agua:	13,3 °C
Caudal:	786,21 L/s	Caudal:	1052,06 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Fotografía 3-4: SECTOR UNIÓN RÍO CHIMBORAZO Y RÍO CAJABAMBA**



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### 3.2.1.5 Punto 5 (Descarga de la fábrica Cemento Chimborazo)

En este punto de monitoreo se observa intervención antropogénica directa por la presencia de las descargas tanto de aguas negras y grises por parte de la comunidad, al igual que la presencia de descargas industriales de la fábrica Cemento Chimborazo, la carga contaminante que el río lleva consigo, todo esto podría generar mayor alteración en las características del recurso hídrico.

En el recurso hídrico se observa la presencia de basura proveniente de la corriente del Río, El agua en este lugar presenta un color gris claro con presencia de cúmulos de detergente, grasas y aceites, no presenta ningún olor particular.

**Tabla 3-12:** ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 5

Punto de Muestreo		Descarga de la fábrica Cemento Chimborazo.	
Clima		Templado	
Coordenadas		17M 0750123 / 9817120	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	17°C	Temperatura ambiente:	26°C
Temperatura del agua:	16,0 °C	Temperatura del agua:	14,9 °C
Caudal:	573,93 L/s	Caudal:	577,93 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### **Fotografía 3-5: FABRICA CEMENTO CHIMBORAZO**



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

#### **3.2.1.6 Punto 6 (Comunidad Gatazo)**

En este lugar la presencia e intervención antropogénica de las comunidades de la zona es evidente, debido a las descargas de aguas negras y grises principalmente de la comunidad Gatazo, que podría generar un aumento en la concentración de los indicadores de contaminación al agua.

Se evidencia la presencia de material sólido como restos de basura. Las características físicas presentes en el agua son: el color es gris claro contiene materia flotante debido a la carga orgánica, no presenta ningún olor particular.

**Tabla 3-13:** ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 6

Punto de Muestreo		Comunidad Gatazo	
Clima		Templado	
Coordenadas		17M 0752060 / 9816561	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	17°C	Temperatura ambiente:	25°C
Temperatura del agua:	15,0 °C	Temperatura del agua:	14,6 °C
Caudal:	529,7 L/s	Caudal:	468,74 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Fotografía 3-6:** SECTOR COMUNIDAD GATAZO



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### 3.2.1.7 Punto 7 (Parque Ecológico)

Es muy importante evaluar los aspectos ambientales en este punto de monitoreo ya que se evidencia una mayor intervención antropogénica por los moradores de la zona y la falta de cuidado por la entidad municipal responsable. Se observa un sistema de tratamiento para la

descarga de aguas residuales, negras y grises de la ciudad de Riobamba, con problemas de funcionamiento que podrían afectar la calidad del agua del recurso hídrico, esta agua definitivamente no es apta para usos agrícolas, ni recreacional como se está utilizando,

Es de mucha importancia conocer el ICA en este sector para tener un precedente y una base informativa, para que tomen acciones correctivas los entes reguladores.

En la orilla se observa la presencia de acumulación de basura y desechos sólidos proveniente de personas que acuden para recreación, además en su rivera existe flora característica como amor seco, sigse, chilca, quicuyo.

El agua en este lugar, presenta un color gris oscuro contiene materia flotante debido a la carga orgánica, se siente la presencia de olores a materia en descomposición.

**Tabla 3-14: ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 7**

Punto de Muestreo		Parque Ecológico	
Clima		Templado	
Coordenadas		17M 0761276 / 9813260	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	17°C	Temperatura ambiente:	27°C
Temperatura del agua:	17,0 °C	Temperatura del agua:	15,7 °C
Caudal:	598,76 L/s	Caudal:	869,4 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Fotografía 3-7: SECTOR PARQUE ECOLÓGICO**



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### **3.2.1.8 Punto 8 (Descarga San Luis)**

En este punto de monitoreo se observa intervención antropogénica y la presencia de contaminantes debido a las descargas de aguas residuales, grises y negras de las ciudad de Riobamba, descargas de San Luis principalmente de las industrias Lácteas del sector, que podrían afectar la calidad del recurso hídrico, las características del agua que presenta este punto de monitoreo no son aptas para el consumo ni para la agricultura, sin embargo en la zona se realiza esta actividad y la crianza de animales vacunos, ovinos, porcinos, etc.

En la orilla se observa la presencia de acumulación de basura y demás desechos proveniente de las descargas, grasas y aceites, residuos de detergentes.

Las características del agua en este lugar, presenta un color gris oscuro contiene materia flotante debido a la carga orgánica, aceites y grasas, Tensoactivos, presenta malos olores particulares de la contaminación por descargas residuales y demás residuos.

**Tabla 3-15: ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 8**

Punto de Muestreo		Descarga San Luis	
Clima		Templado	
Coordenadas		17M 0762312 / 9810537	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	21°C	Temperatura ambiente:	24°C
Temperatura del agua:	19 °C	Temperatura del agua:	16,8 °C
Caudal:	1526,78 L/s	Caudal:	1902,0 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Fotografía 3-8: SECTOR COMUNIDAD SAN LUIS**



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### **3.2.1.9 Punto 9 (Descarga Río Chibunga en el Río Chambo)**

En la unión del Río Chibunga al Río Chambo no se observa mayor intervención antropogénica, sin embargo se evidencia un cambio de coloración en la unión de los dos

ríos, que podrían afectar la calidad del recurso hídrico, las características del agua que presenta este punto de monitoreo no es apta para el consumo ni para la agricultura, sin embargo la zona es eminentemente agrícola y ganadera, se evidencia grandes zonas de cultivos de papa, cebolla, lechuga, zanahoria.

Las características del agua en este lugar, presenta un color café claro contiene materia flotante, no presenta ningún olor.

**Tabla 3-16:** ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PUNTO 9

Punto de Muestreo		Descarga Río Chibunga en el Río Chambo	
Clima		Templado	
Coordenadas		17M 0765106 / 9810092	
Primer monitoreo		Segundo monitoreo	
Precipitación	1.0 mm	Precipitación	7.9 mm
Temperatura ambiente:	18°C	Temperatura ambiente:	24°C
Temperatura del agua:	19 ° C	Temperatura del agua:	17,9 °C
Caudal:	1355,0 L/s	Caudal:	1786,32 L/s

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Fotografía 3-9:** DESEMBOCADURA DEL RÍO CHIBUNGA AL RÍO CHAMBO



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

### 3.3 Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la microcuenca del río Chibunga

Se realizó un previo análisis de agua de la microcuenca del Río Chibunga con los resultados de la segunda encuesta aplicada a los expertos detallados en la Tabla 3-3, los resultados del análisis de los 24 parámetros se encuentran en el anexo 5. Los resultados se analizaron tomando en cuenta la tabla 3 del TULSMA: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces.

En el punto 7 Parque Ecológico el Zinc 2,32 mg/L se encuentra fuera de norma 2 mg/L; Coliformes fecales fuera de norma 200 UFC/100 mL en toda la microcuenca, grasas y aceites fuera de norma 0,3 mg/L en todos los puntos; Aluminio norma 0,1 supera en todos los puntos en toda la microcuenca; Hierro límite máximo 0,3 mg/L fuera de norma en los puntos 1 (Inicio río Chimborazo), 2 (Comunidad Shobol), 4 (Unión Río Chimborazo y Río Cajabamba), 6 (Comunidad Gatazo), 7 (Parque Ecológico), 9 (Descarga Río Chibunga a Río Chambo); Materia flotante norma indica ausencia, en el punto 7 (Parque Ecológico) existe presencia; Amoniacado expresado como nitrógeno amoniacal límite de norma 0,02 mg/L, fuera de norma en Comunidad Shobol, Comunidad San Juan, Parque Ecológico, Parroquia San Luis y Descarga Río Chibunga a Río Chambo.

Se realizó el monitoreo en las dos estaciones seca en el mes de agosto y lluviosa en el mes de noviembre, tomando en cuenta el procedimiento de toma de muestra, conservación, transporte y almacenamiento que el LABCESTTA sigue.

En el laboratorio se analizaron los 11 parámetros que se concluyeron en el Método Delphi y son: pH, oxígeno disuelto, plomo, cadmio, DBO5, coliformes fecales, fosforo total, aceites y grasas, sólidos suspendidos, nitratos, tensoactivos. *In Situ* se tomaron datos de temperatura y caudal. En la tabla 3-17 se detallan los resultados del primer monitoreo en estación seca y en la tabla 3-18 los resultados en estación húmeda.

**Tabla 3-17: RESULTADOS DE LABORATORIO DEL PRIMER MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA**

Parámetros	Unidad	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9
Potencial Hidrógeno	pH	7,32	7,73	7,76	8,12	8,38	8,4	7,66	7,68	7,64
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,97	6,36	6,54	6,64	7,13	6,76	1,18	1,02	3,5
Plomo	mg/L	0,0314	0,0405	0,0357	0,0351	0,0001	0,0005	0,3604	0,0012	0,027
Cadmio	mg/L	0,0003	0,0004	0,0006	0,0004	0,0003	0	0,0005	0,0002	0,0003
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1	1	4	4	3	3	39	31	7
Coliformes Fecales	UFC/100ml	3040	10000	8000	12000	780	1240	170000	100000000	10000
Fósforo Total	mg/L	0,1396	0,002	0,6644	2,3569	0,6419	0,003	0,001	0,002	0,001
Grasas y Aceites	mg/L	0,3	0,4	0,4	0,7	0,5	0,4	0,8	1,6	1,4
Sólidos Suspendedos	mg/L	3	4	5	8	10	11	100	66	12
Nitratos	mg/L	0,0865	1,3788	0,5781	1,377	0,6805	0,9445	6,3444	4,1835	4,8139
Tensoactivos	mg/L	0,012	0,015	0,017	0,021	0,023	0,016	0,218	0,198	0,022
Temperatura	°C	10	10	12	16	16	15	17	19	19
Caudal	L/s	412,19	256,09	226,71	786,21	573,93	529,7	598,76	1526,78	1355

Fuente: LABCESTTA, 2014

**Tabla 3-18:** RESULTADOS DE LABORATORIO DEL SEGUNDO MONITOREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA

Parámetros	Unidad	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9
Potencial Hidrógeno	pH	6,65	7,25	7,94	8,09	8,43	8,4	8,61	8,29	8,18
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,55	8,42	6,97	6,48	6,11	7,04	6,13	5,1	5,96
Plomo	mg/L	0,0004	0,0007	0,0149	0,0001	0,0103	0,0153	0,0172	0,0001	0,0341
Cadmio	mg/L	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003
DBO5	mg/L	5	6	5	6	6	6	7	12	6
Coliformes Fecales	UFC/100ml	400	6600	30000	40000	30000	70000	38000	10000000	60000
Fósforo Total	mg/L	3,6900	5,3900	3,8700	5,2900	5,5400	6,2000	4,5000	1,9300	1,9000
Grasas y Aceites	mg/L	0,60	0,40	0,30	0,30	0,70	1,20	0,90	0,80	1,00
Sólidos Suspendedos	mg/L	2	2	2	6	10	14	16	20	24
Nitratos	mg/L	1,6	1,6	1,39	2,69	2,26	5,75	1,03	1,58	2,7
Tensoactivos	mg/L	0,012	0,018	0,015	0,012	0,011	0,018	0,019	0,083	0,035
Temperatura	°C	9,5	10,6	11,2	13,3	14,9	14,6	15,7	16,8	17,9
Caudal	L/s	446,07	539,92	534,66	1052,06	577,93	468,74	869,4	1902	1786,32

Fuente: LABCESTTA, 2014

### 3.4 Determinación del índice de calidad del agua (ICA)

El ICA se determinó según la clasificación y rango indicado en la tabla 3-19, la cual indica 5 rangos de la calidad del agua que se puede encontrar en una microcuenca.

**Tabla 3-19:** TABLA PARA DETERMINAR EL ICA

Clasificación	Rango	Color	Valor
Excelente	91 - 100		9,09
Bueno	71 - 90		7,27
Regular	51 - 70		5,45
Malo	26 - 50		3,63
Pésimo	0 - 25		1,82

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Los resultados de los parámetros analizados en la presente investigación, toman como referencia los límites permisibles establecidos en la tabla 3. *Criterios para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.* Del Anexo I del libro XI del Texto Unificado de legislación Secundaria, Medio, Ambiente. (TULSMA).

Para la obtención de los datos de ICA se realiza la interpolación con los datos obtenidos de la concentración del contaminante.

Nota: Si la concentración del contaminante es mayor a la indica en la curva el ICA va hacer 0, ya que a mayor concentración de contaminante, menor calidad ambiental.

### 3.4.1 Índice ICA del parámetro Cadmio

**Tabla 3-20: DETERMINACIÓN DEL ICA CADMIO (Cd)**

ICA	Curva	
100	0,0	
90	0,0002	
80	0,0004	
70	0,0006	
60	0,0008	
50	0,0010	Límite permisible
40	0,0012	
30	0,0014	
20	0,0016	
10	0,0018	
0	0,0020	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Los resultados del cadmio para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-21, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-21: RESULTADOS ICA CADMIO (Cd)**

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	0,0003	0,0002	90	90	90	BUENO
2	0,0004	0,0001	80	95	87,5	BUENO
3	0,0006	0,0001	70	95	82,5	BUENO
4	0,0004	0,0001	80	95	87,5	BUENO
5	0,0003	0,0001	85	95	90	BUENO
6	0,0001	0,0001	95	95	95	EXCELENTE
7	0,0005	0,0001	98	95	96,5	EXCELENTE
8	0,0002	0,0001	90	95	92,5	EXCELENTE
9	0,0003	0,0003	85	95	90	BUENO

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

El ICA promedio del Cadmio en el trayecto de la microcuenca nos da un valor de 90 puntos calificándolo como **BUENO**, no se evidencia mayores fuentes alteración en la calidad del agua.

### 3.4.2 Índice ICA del parámetro Fosforo total

**Tabla 3-22:** DETERMINACIÓN DEL ICA FÓSFORO TOTAL

ICA	Curva	
100	0,0	
90	2,0	
80	4,0	
70	6,0	
60	8,0	
50	10,0	Límite permisible
40	12,0	
30	14,0	
20	16,0	
10	18,0	
0	20,0	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Los resultados del Fósforo Total para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-23, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-23:** RESULTADOS ICA FÓSFORO TOTAL

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	0,140	3,690	100	85	93	<b>EXCELENTE</b>
2	0,002	5,390	100	75	88	<b>BUENO</b>
3	0,664	3,870	100	85	93	<b>EXCELENTE</b>
4	2,357	5,290	91	75	83	<b>BUENO</b>
5	0,642	5,540	99	78	89	<b>BUENO</b>
6	0,003	6,200	99	70	85	<b>BUENO</b>
7	0,001	4,500	99	83	91	<b>EXCELENTE</b>
8	0,002	1,930	99	95	97	<b>EXCELENTE</b>
9	0,001	1,900	99	95	97	<b>EXCELENTE</b>

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

El ICA promedio del Fósforo Total a lo largo de la microcuenca nos da un valor de 91 puntos calificándolo como **EXCELENTE**, su alteración no es significativa.

### 3.4.3 Índice ICA Coliformes Fecales

**Tabla 3-24: DETERMINACIÓN DEL ICA COLIFORMES FECALES**

ICA	Curva	
100	0,0	
90	40	
80	80	
70	120	
60	160	
50	200	Límite permisible
40	240	
30	280	
20	320	
10	360	
0	400	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Los resultados de Coliformes Fecales para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-25, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-25: RESULTADOS ICA COLIFORMES FECALES**

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	3040	400	0	0	0	PÉSIMO
2	10000	6600	0	0	0	PÉSIMO
3	8000	30000	0	0	0	PÉSIMO
4	12000	40000	0	0	0	PÉSIMO
5	780	30000	0	0	0	PÉSIMO
6	1240	70000	0	0	0	PÉSIMO
7	170000	38000	0	0	0	PÉSIMO
8	100000000	10000000	0	0	0	PÉSIMO
9	10000	60000	0	0	0	PÉSIMO

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

El ICA promedio de Coliformes Fecales en todo el trayecto de la microcuenca monitoreada tiene un valor de 0 puntos calificándolo como **PÉSIMO**, la alteración de este parámetro es

máxima existiendo una preocupación relevante con los datos obtenidos, superando el límite permisible establecido.

### 3.4.4 Índice ICA Grasas y Aceites

**Tabla 3-26: DETERMINACIÓN DEL ICA GRASAS Y ACEITES.**

ICA	Curva	
100	0,00	
90	0,06	
80	0,12	
70	0,18	
60	0,24	
50	0,30	Límite permisible
40	0,36	
30	0,42	
20	0,48	
10	0,54	
0	0,60	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Los resultados de Grasas y Aceites para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-27, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-27: RESULTADOS ICA GRASAS Y ACEITES**

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	0,30	0,60	50	0	25	PÉSIMO
2	0,40	0,40	45	45	45	MALO
3	0,40	0,30	45	50	47,5	MALO
4	0,70	0,30	0	50	25	PÉSIMO
5	0,50	0,70	25	0	12,5	PÉSIMO
6	0,40	1,20	45	0	22,5	PÉSIMO
7	0,80	0,90	0	0	0	PÉSIMO
8	1,60	0,80	0	0	0	PÉSIMO
9	1,40	1,00	0	0	0	PÉSIMO

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

El ICA promedio de Grasas y Aceites a lo largo de la microcuenca tiene un valor de 19 puntos calificándolo como **PÉSIMO**, existiendo fuentes de contaminación que alteran este parámetro, esto genera gran preocupación debido a su baja calificación.

### 3.4.5 Índice ICA Sólidos Suspendidos

**Tabla 3-28: DETERMINACIÓN DEL ICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS.**

ICA	Curva	
100	0	
90	600	
80	1200	
70	1800	
60	2400	
50	3000	Límite permisible
40	3600	
30	4200	
20	4800	
10	5400	
0	6000	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

Los resultados del Sólidos Suspendidos para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-29, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-29: RESULTADOS ICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS**

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	3	2	100	100	100	EXCELENTE
2	4	2	100	100	100	EXCELENTE
3	5	2	100	100	100	EXCELENTE
4	8	6	100	100	100	EXCELENTE
5	10	10	100	100	100	EXCELENTE
6	11	14	100	100	100	EXCELENTE
7	100	16	100	100	100	EXCELENTE
8	66	20	100	100	100	EXCELENTE
9	12	24	100	100	100	EXCELENTE

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

El ICA promedio de solidos suspendidos en el trayecto de la microcuenca monitoreada nos da un valor de 100 puntos calificándola como **EXCELENTE**, la alteración de este parámetro es mínima.

### 3.4.6 Índice ICA Nitratos

**Tabla 3-30: DETERMINACIÓN DEL ICA NITRATOS**

ICA	Curva	
100	0,0	
90	2,0	
80	4,0	
70	6,0	
60	8,0	
50	10,0	Límite permisible
40	12,0	
30	14,0	
20	16,0	
10	18,0	
0	20,0	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Los resultados de Nitratos para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-31, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-31: RESULTADOS ICA NITRATOS**

Monitoreo			ICA		Total	CLASIFICACIÓN
Puntos	1er	2do	1er	2do		
1	0,09	1,60	99	97	98	EXCELENTE
2	1,38	1,60	98	97	98	EXCELENTE
3	0,58	1,39	99	97	98	EXCELENTE
4	1,38	2,69	97	85	91	EXCELENTE
5	0,68	2,26	99	92	96	EXCELENTE
6	0,94	5,75	99	65	82	BUENO
7	6,34	1,03	74	95	85	BUENO
8	4,18	1,58	84	97	91	EXCELENTE
9	4,81	2,70	85	84	85	BUENO

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

El ICA promedio de Nitratos a lo largo de la microcuenca tiene un valor de 92 puntos. Calificándolo como **EXCELENTE**, al no existir mayor fuente de contaminación que altere dicho parámetro.

### 3.4.7 Índice ICA Oxígeno Disuelto

**Tabla 3-32:** DETERMINACIÓN DEL ICA OXÍGENO DISUELTO (OD)

ICA	Curva	
100	0,0	
90	1,2	
80	2,4	
70	3,6	
60	4,8	
50	10,0	Límite permisible
40	7,2	
30	8,4	
20	9,6	
10	10,8	
0	12,0	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Los resultados de Oxígeno Disuelto para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-33, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-33:** RESULTADOS ICA OXÍGENO DISUELTO (OD)

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	6,97	6,55	42	45	44	MALO
2	6,36	8,42	53	30	41	MALO
3	6,54	6,97	46	42	44	MALO
4	6,64	6,48	45	54	49	MALO
5	7,13	6,11	41	49	45	MALO
6	6,76	7,04	44	41	42	MALO
7	1,18	6,13	90	48	69	REGULAR
8	1,02	5,10	90	50	70	REGULAR
9	3,50	5,96	71	65	68	REGULAR

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

El ICA promedio del Oxígeno Disuelto en los 9 puntos monitoreados presenta un valor de 52 puntos calificándola como **REGULAR**, este parámetro es alterado debido a la presencia de fuentes de contaminación.

### 3.4.8 Índice ICA DBO<sub>5</sub>

**Tabla 3-34:** DETERMINACIÓN DEL ICA DBO<sub>5</sub>

ICA	Curva
100	0
90	2
80	4
70	6
60	8
50	10
40	12
30	14
20	16
10	18
0	20

Límite permisible

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Los resultados de DBO<sub>5</sub> para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-35, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-35:** RESULTADOS ICA DBO<sub>5</sub>

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	1	5	95	75	85	BUENO
2	1	6	95	70	83	BUENO
3	4	5	80	75	78	BUENO
4	4	6	80	70	75	BUENO
5	3	6	94	70	82	BUENO
6	3	6	94	70	82	BUENO
7	39	7	0	65	33	MALO
8	31	12	0	40	20	PÉSIMO
9	7	6	65	70	68	REGULAR

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

El ICA promedio del Oxígeno Disuelto a lo largo de la microcuenca presenta un valor de 67 puntos calificándolo como **REGULAR**, la alteración de este parámetro es máxima con ICA pésimo en Parque Ecológico y Parroquia San Luis.

### 3.4.9 Índice ICA Potencial Hidrógeno

**Tabla 3-36: DETERMINACIÓN DEL ICA POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)**

ICA	Curva	
100	7,5	
90	7,0-7,9	
80	6,8 – 9,2	
70	6,5 – 8,5	
60	6,2 – 8,5	
50	6,0 – 9,0	Límite permisible
40	5,5 – 9,3	
30	5,0 – 9,5	
20	5,0 – 10	
10	4,0 – 11	
0	2,0 – 12	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Los resultados de ICA Potencial Hidrógeno para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-37, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-37: RESULTADOS ICA POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)**

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	7,32	6,65	93	76	85	BUENO
2	7,73	7,25	95	94	95	EXCELENTE
3	7,76	7,94	95	89	92	EXCELENTE
4	8,12	8,09	81	81	81	BUENO
5	8,38	8,43	80	78	79	BUENO
6	8,4	8,4	78	78	78	BUENO
7	7,66	8,61	98	70	84	BUENO
8	7,68	8,29	98	75	87	BUENO
9	7,64	8,18	98	82	90	EXCELENTE

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

El ICA promedio del Potencial de Hidrógeno a lo largo de la microcuenca tiene un valor de 86 puntos calificándolo como **BUENO**.

#### 3.4.10 Índice ICA Tensoactivos

**Tabla 3-38: DETERMINACIÓN DEL ICA TENSOACTIVOS**

ICA	Curva	
100	0,0	
90	0,1	
80	0,2	
70	0,3	
60	0,4	
50	0,5	Límite permisible
40	1,0	
30	1,3	
20	1,5	
10	1,8	
0	2,0	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Los resultados de ICA Tensoactivos para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-39, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-39: RESULTADOS ICA TENSOACTIVOS**

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	0,012	0,012	99	99	99	EXCELENTE
2	0,015	0,018	99	98	98	EXCELENTE
3	0,017	0,015	98	99	98	EXCELENTE
4	0,021	0,012	98	99	98	EXCELENTE
5	0,023	0,011	98	99	98	EXCELENTE
6	0,016	0,018	98	98	98	EXCELENTE
7	0,218	0,019	78	98	88	BUENO
8	0,198	0,083	80	92	86	BUENO
9	0,022	0,035	98	97	97	EXCELENTE

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

El ICA promedio de los Tensoactivos a lo largo de la microfrecuencia presenta un valor de 96 puntos calificándolo como **EXCELENTE**, la alteración de este parámetro es mínima.

### 3.4.11 Índice ICA Plomo

**Tabla 3-40: DETERMINACIÓN ICA PLOMO (Pb)**

ICA	Curva	
100	0,0	
90	0,1	
80	0,2	
70	0,3	
60	0,4	
50	0,5	Límite permisible
40	1,0	
30	1,3	
20	1,5	
10	1,8	
0	2,0	
0	2,5	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Los resultados del ICA Plomo (Pb) para el monitoreo en época seca y lluviosa se presentan en la tabla 3-41, y su calificación según el rango y color.

**Tabla 3-41: RESULTADOS ICA PLOMO (Pb)**

Puntos	Monitoreo		ICA		Total	CLASIFICACIÓN
	1er	2do	1er	2do		
1	0,0314	0,0004	95	95	95	EXCELENTE
2	0,0405	0,0007	95	95	95	EXCELENTE
3	0,0357	0,0149	95	95	95	EXCELENTE
4	0,0351	0,0001	95	95	95	EXCELENTE
5	0,0001	0,0103	95	95	95	EXCELENTE
6	0,0005	0,0153	95	95	95	EXCELENTE
7	0,3604	0,0172	70	95	83	BUENO
8	0,0012	0,0001	95	99	99	EXCELENTE
9	0,0270	0,0341	95	95	99	EXCELENTE

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

El ICA promedio del Plomo en el trayecto de la microcuenca nos da un valor de 95 puntos, calificándolo como **EXCELENTE**, la alteración es mínima. En el Parque Ecológico el ICA es Bueno por lo que se debería tomar como un punto de control.

### 3.5 Determinación de índices de calidad por puntos de monitoreo en la microcuenca del río Chibunga

Para determinar el ICA en cada uno de los puntos de monitoreo se tomó como base la tabla 3-19 la cual indica los rangos de calidad del agua.

#### 3.5.1 ICA punto 1 en variaciones estacionales

**Tabla 3-42: ICA PUNTO 1 (INICIO DEL RÍO CHIMBORAZO)**

Época Seca (verano)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendedos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0003	0,140	3040	0,30	3	0,09	6,97	1	7,32	0,012	0,0314
ICA	85	99	0	50	100	100	42	95	93	99	95
VALOR ICA	7,27	9,09	1,82	3,63	9,09	9,09	3,63	9,09	9,09	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	BUENO	EXCELENTE	PÉSIMO	MALO	EXCELENTE	EXCELENTE	MALO	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	79,98	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

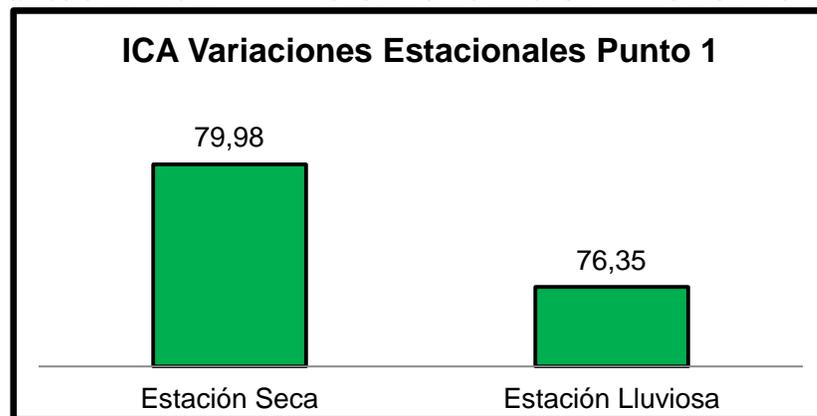
Época Lluviosa (invierno)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspensidos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0002	3,690	400	0,60	2	1,60	5	5	6,65	0,012	0,0004
ICA	90	82	0	0	100	92	75	75	76	99	95
VALOR ICA	7,27	7,27	1,82	1,82	9,09	9,09	7,27	7,27	7,27	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	BUENO	BUENO	PÉSIMO	PÉSIMO	EXCELENTE	EXCELENTE	BUENO	BUENO	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	76,35	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Gráfico 3-2: ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 1



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

La Calidad del agua al inicio del Río Chimborazo en la estación seca y lluviosa no presenta mayor cambio ya que su ICA es de 78,17 lo que nos indica que tiene una calidad **BUENA**. Los parámetros que presentan alteración son: Grasas y Aceites, Coliformes Fecales y Oxígeno Disuelto en época seca debido a que no existe movimiento de agua.

3.5.2 *ICA punto 2 en variaciones estacionales*

**Tabla 3-43:** ICA PUNTO 2 (DESCARGA DE LA COMUNIDAD DE SHOBOL)

Época Seca (verano)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendidos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0004	0,002	10000	0,4	4	1,38	6,36	1	7,73	0,015	0,0405
ICA	80	100	0	42	100	94	53	95	95	99	95
VALOR ICA	7,27	9,09	1,82	3,63	9,09	9,09	5,45	9,09	9,09	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	BUENO	EXCELENTE	PÉSIMO	MALO	EXCELENTE	EXCELENTE	REGULAR	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	<b>81,80</b>	<b>EXCELENTE</b>
-------	--------------	------------------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

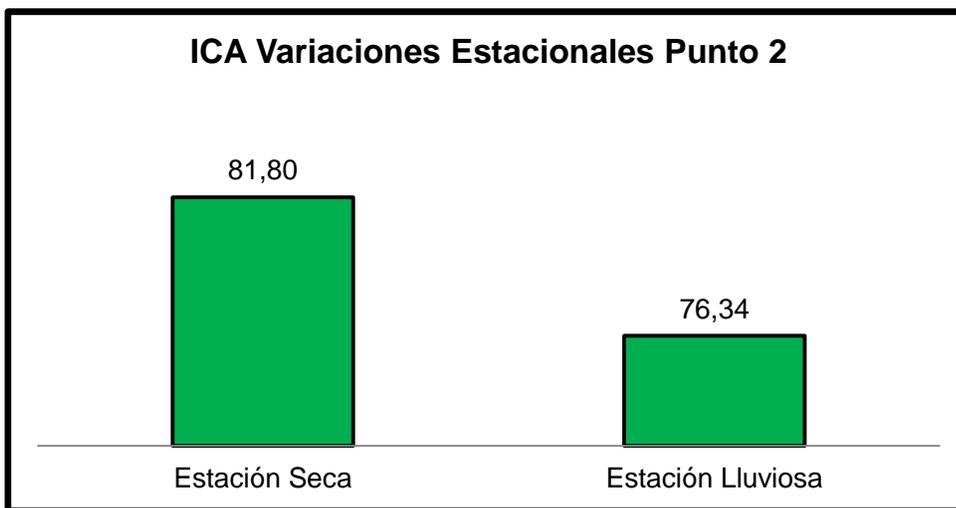
Época Lluviosa (invierno)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspensos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0001	5,390	6600	0,4	2	1,60	8,42	6	7,25	0,018	0,0007
ICA	95	73	0	42	100	92	30	70	94	98	95
VALOR ICA	9,09	7,27	1,82	3,63	9,09	9,09	3,63	5,45	9,09	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	EXCELENTE	BUENO	PÉSIMO	MALO	EXCELENTE	EXCELENTE	MALO	REGULAR	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	76,34	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Gráfico 3-3: ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 2



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

La Calidad del agua en la descarga de la Comunidad de Shobol de estación seca a lluviosa presenta cambio ya que su ICA disminuye de excelente a BUENA 79,07. Los parámetros

que presentan alteración son: Coliformes Fecales, Grasas y Aceites y Oxígeno Disuelto en época lluviosa debido a que el movimiento de agua no es representativo se mantiene sin movimiento.

### 3.5.3 ICA punto 3 en variaciones estacionales

**Tabla 3-44:** ICA PUNTO 3 (DESCARGA DE LA COMUNIDAD DE SAN JUAN)

Época Seca (verano)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendedos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0006	0,664	8000	0,40	5	0,58	6,54	4	7,76	0,017	0,0357
ICA	70	97	0	42	100	98	46	80	95	98	95
VALOR ICA	5,45	9,09	1,82	3,63	9,09	9,09	3,63	7,27	9,09	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	REGULAR	EXCELENTE	PÉSIMO	MALO	EXCELENTE	EXCELENTE	MALO	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	76,27	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

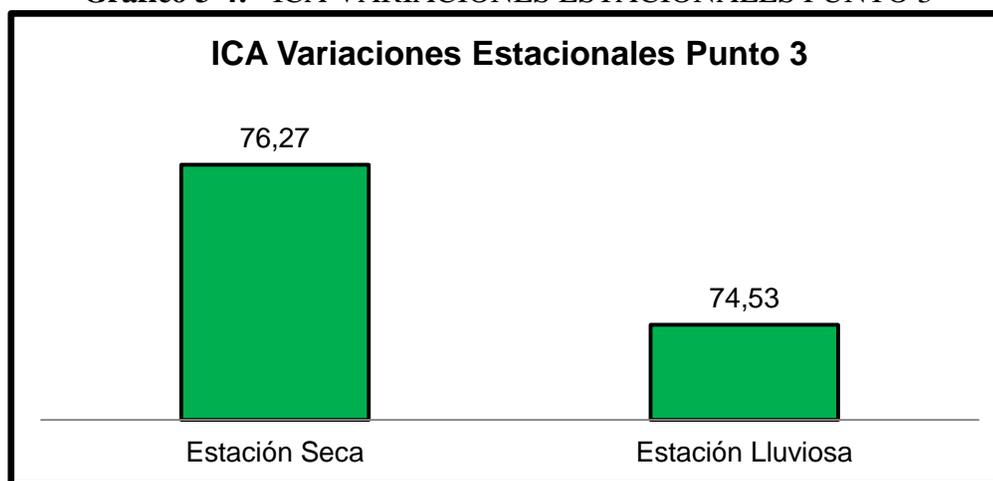
Época Lluviosa (invierno)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendidos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0001	3,870	30000	0,30	2	1,39	6,97	5	7,94	0,015	0,0149
ICA	95	81	0	0	100	93	42	75	89	99	95
VALOR ICA	9,09	7,27	1,82	1,82	9,09	9,09	3,63	7,27	7,27	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	EXCELENTE	BUENO	PÉSIMO	PÉSIMO	EXCELENTE	EXCELENTE	MALO	BUENO	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	74,53	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Gráfico 3-4: ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 3



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

La Calidad del agua en la descarga de la Comunidad San Juan en la estación seca y lluviosa no presenta mayor cambio ya que su ICA es de 75,40 lo que nos indica que tiene una calidad **BUENA**. Los parámetros que presentan alteración son: Coliformes Fecales, Grasas y Aceites y Oxígeno Disuelto en época lluviosa por la presencia de descargas de las queseras, su valor es menor al de la época seca.

### 3.5.4 ICA punto 4 en variaciones estacionales

**Tabla 3-45:** ICA PUNTO 4 (UNIÓN DE LOS RÍOS CHIMBORAZO Y CAJABAMBA)

Época Seca (verano)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspensos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0004	2,357	12000	0,70	8	1,38	6,64	4	8,12	0,021	0,0351
ICA	80	88	0	0	100	93	45	80	81	98	95
VALOR ICA	7,27	7,27	1,82	1,82	9,09	9,09	3,63	7,27	7,27	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	BUENO	BUENO	PÉSIMO	PÉSIMO	EXCELENTE	EXCELENTE	MALO	BUENO	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

<b>TOTAL</b>	<b>72,71</b>	<b>BUENO</b>
--------------	--------------	--------------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

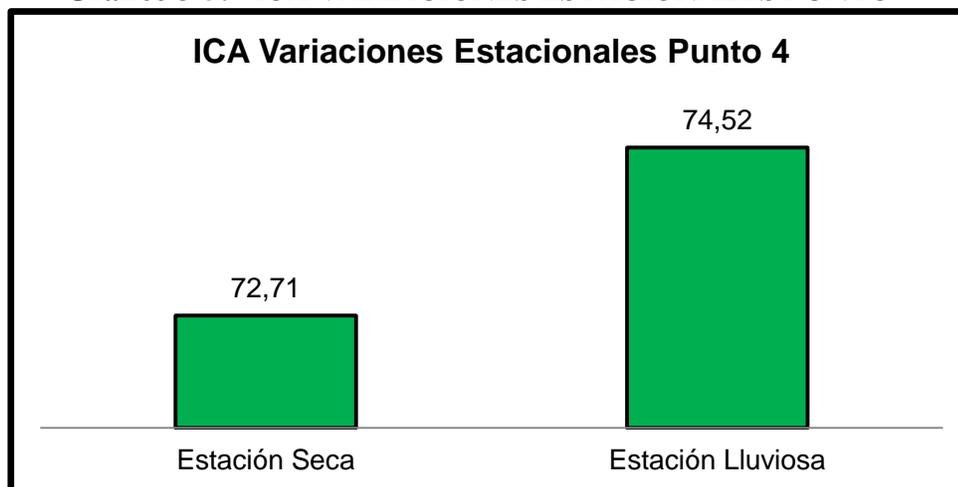
Época Lluviosa (invierno)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendedos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0001	5,290	40000	0,3	6	2,69	6,48	6	8,09	0,012	0,0001
ICA	95	73	0	50	100	87	54	70	81	99	99
VALOR ICA	9,09	7,27	1,82	3,63	9,09	7,27	5,45	5,45	7,27	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	EXCELENTE	BUENO	PÉSIMO	MALO	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	REGULAR	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	74,52	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

Gráfico 3-5: ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 4



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

La Calidad del agua en la Unión de los Ríos Chimborazo y Cajabamba en la estación seca y lluviosa presenta un cambio de mejora ya que su ICA supera de 72,71 a 74,52 lo que nos indica que tiene una calidad **BUENA**. Los parámetros que presentan alteración son: Coliformes Fecales, Grasas y Aceites y Oxígeno Disuelto en época seca debido a la baja corriente y caudal en este punto.

### 3.5.5 ICA punto 5 en variaciones estacionales

**Tabla 3-46:** ICA PUNTO 5 (DESCARGA DE LA FÁBRICA CEMENTO CHIMBORAZO)

Época Seca (verano)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspensos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0003	0,642	780	0,50	10	0,68	7,13	3	8,38	0,023	0,0001
ICA	85	97	0	16	100	97	41	94	80	98	99
VALOR ICA	7,27	9,09	1,82	1,82	9,09	9,09	3,63	9,09	7,27	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	BUENO	EXCELENTE	PÉSIMO	PÉSIMO	EXCELENTE	EXCELENTE	MALO	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	76,35	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

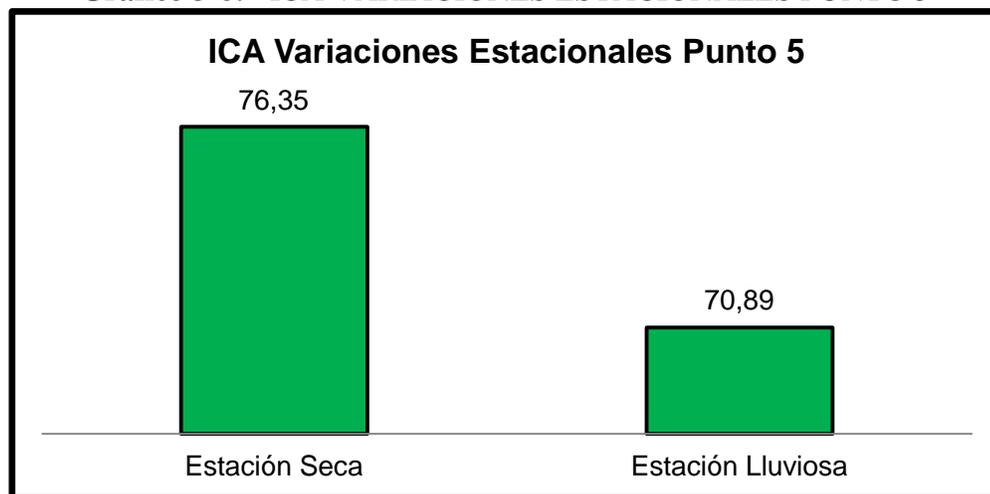
Época Lluviosa (invierno)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendedos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0001	5,240	30000	0,70	10	2,26	6,11	6	8,43	0,011	0,0103
ICA	95	72	0	0	100	89	49	70	78	99	95
VALOR ICA	9,09	7,27	1,82	1,82	9,09	7,27	3,63	5,45	7,27	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	EXCELENTE	BUENO	PÉSIMO	PÉSIMO	EXCELENTE	BUENO	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

<b>TOTAL</b>	<b>70,89</b>	<b>BUENO</b>
--------------	--------------	--------------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

**Gráfico 3-6: ICA VARIACIONES ESTACIONALES PUNTO 5**



Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque

La Calidad del agua en la descarga de la Fábrica Cemento Chimborazo en la estación seca y lluviosa presenta un ligero cambio, su ICA es de 73,62 lo que nos indica que tiene una calidad **BUENA**. Los parámetros que presentan alteración son: Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto, DBO<sub>5</sub>, Grasas y Aceites debido a las descargas de aguas negras, grises e industriales del sector.

### 3.5.6 ICA punto 6 en variaciones estacionales

**Tabla 3-47: ICA PUNTO 6 (COMUNIDAD GATAZO)**

Época Seca (verano)

Parámetros	Cadmio	Fósforo Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendidos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
RESULTADOS	0,0001	0,003	1240	0,40	11	0,94	6,76	3	8,40	0,016	0,0005
ICA	95	99	0	42	100	100	44	94	78	98	99
VALOR ICA	9,09	9,09	1,82	3,63	9,09	9,09	3,63	9,09	7,27	9,09	9,09
CALIFICACIÓN	EXCELENTE	EXCELENTE	PÉSIMO	MALO	EXCELENTE	EXCELENTE	MALO	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE

TOTAL	79,98	BUENO
-------	-------	-------

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque























## RECOMENDACIONES

- Se continúe con el estudio en variaciones estacionales en el año 2015 de manera que se pueda realizar la modelación de los factores contaminantes en la microcuenca del Rio Chibunga.
- Los resultados obtenidos deben ser comunicados a las autoridades competentes para que se realicen procedimientos eficientes de saneamiento ambiental.
- Para la continuidad de estudios realizados en la microcuenca de Río Chibunga se debería tomar en cuenta su relación con la biosfera del medio y realizar análisis de suelo, sedimento e incluso gases para obtener datos más específicos y completos.
- Para el control de la microcuenca del Rio Chibunga debe tomarse en cuenta los parámetros: Nitrógeno amoniacal, aluminio y hierro que se encuentran fuera de los límites permisibles en todos los puntos de monitoreo.





**PROCISUR.** Libro verde elementos para una política agroambiental en el cono sur. Montevideo-Uruguay. Juan P. Puignau. 1997, pp. 60-62.

**RAMALHO, Rubens.** Tratamiento de aguas residuales. 2.ed, Barcelona-España. Reverté. 2003, pp. 1-10.

**ROLDAN, Gabriel.** Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. 2.ed, Antioquia - Colombia. Universidad de Antioquia. 2003, pp. 1-9.

**ROLDÁN, Gabriel.** Fundamentos de limnología neotropical. 2.ed, Antioquia- Colombia. Universidad de Antioquia. 2008, pp. 77-80.

**ROMERO, Jairo.** Calidad del agua. 3.ed, Bogotá-Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009, pp. 30-230.

UNESCO. Calidad del agua. 3.ed, Francia. 2008.

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

15-11-2014

**WEBER, Walter.** Control de la calidad del agua procesos fisicoquímicos. 3.ed, Barcelona-España. Reverté. 2003, pp. 274.

## ANEXOS

### ANEXO 1: DATOS DE PRECIPITACIONES DE LOS ULTIMOS 5 AÑOS EN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA MICROCUENCA.

ESTACIÓN M039 ESPOCH						Promedio
ENERO	61,5	1,1	44,6	61,1	9,6	35,58
FEBRERO	50,2	32,9	137,1	58,9	90,5	73,92
MARZO	24,7	29,4	43,7	28,8	29,9	31,3
ABRIL	22,8	81,1	148,2	79	43,8	74,98
MAYO	7	60,2	34,7	23,3	68,5	38,74
JUNIO	27,2	51,7	30,6	11,2	17,3	27,6
JULIO	17,2	51	22,8	6,9	6	20,78
AGOSTO	4,3	13,4	11	17,4	8,5	10,92
SEPTIEMBRE	2	28,2	27,3	14,5	6,6	15,72
OCTUBRE	59,6	64	17,9	104,8	49,3	59,12
NOVIEMBRE	16,2	104,6	125,5	45,7	37,2	65,84
DICIEMBRE	25,4	75,8	68,9	128	18,2	63,26

ESTACIÓN M0393 SAN JUAN-CHIMBORAZO						Promedio
ENERO	3,1	3,9	1,1	112,4	0,8	24,26
FEBRERO	2,5	32,2	1,7	74,6	1,9	22,58
MARZO	1,7	32,1	1,5	52,1	1,3	17,74
ABRIL	2,8	112,2	7,7	98,5	2,4	44,72
MAYO	1	110,8	0,8	16,7	2,2	26,3
JUNIO	1,2	44,6	1	17,8	0,6	13,04
JULIO	0,7	56,9	0,5	11,6	0,3	14
AGOSTO	0,2	19,9	0,3	23,6	0,6	8,92
SEPTIEMBRE	0,4	42,2	1,8	19,4	0,3	12,82
OCTUBRE	2,4	43,2	1	134,5	1,7	36,56
NOVIEMBRE	0,5	125,8	2,8	91,9	6,7	45,54
DICIEMBRE	1,1	102	3,2	18,2	4,5	25,8

<b>ESTACIÓN M0407 LICTO</b>						<b>Promedio</b>
ENERO	2,9	6,3	1,5	108,1	0,9	23,94
FEBRERO	2	39,3	4,9	63,1	1,7	22,2
MARZO	1,3	45,1	2	33,3	2	16,74
ABRIL	1,5	124,8	3	74,3	2,1	41,14
MAYO	2,5	68,9	3,1	24,6	3	20,42
JUNIO	2,1	58,7	1,1	27,5	0,9	18,06
JULIO	1,3	59,1	2,4	25,6	1,3	17,94
AGOSTO	0,5	36,1	1,6	28,5	0,6	13,46
SEPTIEMBRE	1	32,4	0,9	39,4	1	14,94
OCTUBRE	1,6	58,9	1,4	85,4	1,7	29,8
NOVIEMBRE	1,1	136,4	6,2	74,3	1,9	43,98
DICIEMBRE	1,5	100,8	2,9	52,2	0	31,48

<b>ESTACIÓN M0408 GUANO</b>						<b>Promedio</b>
ENERO	1,6	2,5	1,4	36,4	0,6	8,5
FEBRERO	2	17,7	3	31,1	2,5	11,26
MARZO	0,8	19,3	1,3	30,5	1	10,58
ABRIL	0,6	52,6	4,4	54,3	0,3	22,44
MAYO	0,5	85	1,1	3,5	1,7	18,36
JUNIO	0,9	46,8	0,5	12,3	0,6	12,22
JULIO	0,2	33,2	0,3	5,6	0,2	7,9
AGOSTO	0,1	13,5	0,2	8,8	0	4,52
SEPTIEMBRE	0,2	25,6	1,1	0	0,1	5,4
OCTUBRE	1,1	39,7	1,3	67	0,1	21,84
NOVIEMBRE	0,9	100,5	3,2	47,1	0,1	30,36
DICIEMBRE	0,5	91,6	1,9	0,2	0,1	18,86

## ANEXO 2: ENCUESTAS

### Encuesta N. 1

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

ENCUESTA DE CONOCIMIENTO

NIVEL ESPECIALISTA

#### 1. DATOS PERSONALES

**Nombres Apellidos:**

**Puesto de trabajo actual:**

**Calificación profesional:**

- Titulado/a Universitario de Grado Superior
- Master
- Doctor/a

**Categoría experto:**

- Catedrático/a de universidad
- Consultor
- Contratado/a
- Otros

**Años de experiencia en la profesión:**

**TEMA DE INVESTIGACIÓN: FACTORES CONDICIONANTES DE CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIBUNGA.**

2. Marque con una cruz (x), en la casilla que le corresponda al grado de conocimientos que usted posee acerca del tema a investigar, valorándolo en una escala de 0 a 10 (considerando 0 como no tener absolutamente ningún conocimiento y 10 el de pleno conocimiento de la problemática tratada).

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>

3. Autovalore el grado de influencia que cada una de las fuentes que le presentamos a continuación, ha tenido en su conocimiento y criterios sobre el tema de la presente investigación.

FUENTES DE ARGUMENTACION	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.			
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:			
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales o internacionales.			
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:			

4. A continuación le pedimos su opinión respecto a la temática propuesta. Tenga en cuenta que este cuestionario es un instrumento para conocer y analizar su conocimiento acerca de los índices de calidad de agua. Para ello solo deberá marcar con una cruz (x) en la columna que considere, para cada uno de los ítems.

**ITEMS DEL CUESTIONARIO**

1. ¿Qué tipo de indicadores de contaminación conoce Ud.?

.....

.....

.....

2. ¿Conoce cuáles son los índices de calidad del agua?

Sí     No

3. Si conoce los índices de calidad del agua enlístelos a continuación

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. La comunidad científica a cuál de estos indicadores le da mayor importancia.

.....  
.....  
.....

5. Posee Ud. producción científica referente al tema.

.....  
.....  
.....

6. Ha recibido Ud. reconocimientos por su labor científica (premios, grados honoríficos, etc.)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**NOTA:** Si desea hacer alguna observación sobre cualquiera de los ítems planteados, o proponer uno nuevo, puede hacerlo a continuación.

.....  
.....

**Encuesta N. 2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**ENCUESTA DE PRIORIDAD**

**NIVEL ESPECIALISTA**

**5. DATOS PERSONALES**

**Nombres Apellidos:**

**Puesto de trabajo actual:**

**Calificación profesional:**

- Titulado/a Universitario de Grado Superior
- Master
- Doctor/a

**Categoría experto:**

- Catedrático/a de universidad
- Consultor
- Contratado/a
- Otros

**Años de experiencia en la profesión:**

**TEMA DE INVESTIGACIÓN: FACTORES CONDICIONANTES DE CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIBUNGA.**

6. De acuerdo a su experiencia y conocimiento determine los parámetros según su importancia para lo cual de su valor de escala va desde 1-36 siendo 1 el valor de mayor relevancia.

Parámetros	Valor
Aluminio	
Amoniaco	
Arsénico	
Bario	
Berilio	
Difeniles Policlorinados	
Boro	
Cadmio	
Cianuros	
Zinc	
Cloro	
Clorofenoles	
Cobalto	
Cobre	
Coliformes Fecales	
Cromo Total	
Estaño	
Fenoles monohidricos	
Grasas y Aceites	
Hidrocarburos Totales Petróleo	
Hierro	
Manganeso	
Materia Flotante	
Mercurio	
Níquel	
Oxígeno Disuelto	
Piretroides	
Plaguicidas Organoclorados Totales	
Plaguicidas Organofosfoados Totales	
Plata	
Plomo	
Ph	
Selenio	
Sulfuro de Hidrógeno	
Temperatura	
Tensoactivos	

**Encuesta N. 3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**ENCUESTA DE PRIORIDAD**

**NIVEL ESPECIALISTA**

**1. DATOS PERSONALES**

**Nombres Apellidos:**

**Puesto de trabajo actual:**

**Calificación profesional:**

- Titulado/a Universitario de Grado Superior
- Master
- Doctor/a

**Categoría experto:**

- Catedrático/a de universidad
- Consultor
- Contratado/a
- Otros

**Años de experiencia en la profesión:**

**TEMA DE INVESTIGACIÓN: FACTORES CONDICIONANTES DE  
CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIBUNGA.**

2. De acuerdo a los resultados obtenidos realice la siguiente encuesta, emita su criterio según su experiencia y conocimiento y seleccione el valor a cada uno de los parámetros para lo cual indique su valor, la escala va desde 1-4 siendo 1 el valor de menor relevancia y el 4 el de mayor relevancia.

No.	PARÁMETROS	Unidad	Valor ponderado medio	Valores			
				1	2	3	4
1	Potencia Hidrógeno	pH	3,75				
2	Oxígeno Disuelto	mg/L	3,75				
3	Manganeso	mg/L	3,25				
4	Cadmio	mg/L	3,25				
5	Plomo	mg/L	3,5				
6	Plata	mg/L	3,25				
7	Selenio	mg/L	3,25				
8	Vanadio	mg/L	3,38				
9	Berilio	mg/L	3,38				
10	Aluminio	mg/L	3,5				
11	Zinc	mg/L	3,25				
12	Hierro	mg/L	3,25				
13	DBO5	mg/L	3,5				
14	Coliformes Totales	UFC/100ml	3,38				
15	Coliformes Fecales	UFC/100ml	3,75				
16	Fósforo Total	mg/L	3,38				
17	Grasas y Aceites	mg/L	4				
18	Nitratos	mg/L	3,5				
19	Nitrógeno Amoniacal	mg/L	3,25				
20	Tensoactivos	mg/L	3,63				
21	Temperatura	°C	3,63				
22	Pesticidas organoclorados		3,25				
23	Sólidos suspendidos		3,5				
24	Materia Flotante	Visible	3,63				

### ANEXO 3: RESULTADOS DEL METODO DELPHI

#### Primera Encuesta

#### EXPERTO 1

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.	0,10		
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocf; Eddy Jaque.

**Ka= 0,78**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,30
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	0,05
7	-

**Kc= 0, 75**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 77$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

## EXPERTO 2

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50		
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.			0,06
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,84**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,40
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	-
7	-

**Kc= 0, 80**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 82$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 3**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.	0,30		
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50		
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,96**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,40
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	0,05
7	-

**Kc= 0, 95**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 96$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 4**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.	0,30		
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50		
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:	0,1		

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,98**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,40
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	0,05
7	-

**Kc= 0, 95**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 97$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 5**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50		
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocf; Eddy Jaque.

**Ka= 0,86**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,40
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	0,05
7	-

**Kc= 0,85**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0,86$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 6**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.	0,30		
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50		
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:	0,10		

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,98**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,40
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	-
7	0,05

**Kc= 0, 95**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0,97$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 7**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50		
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:	0,10		

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,88**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,50
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	-
7	-

**Kc= 0, 90**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 89$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 8**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.	0,30		
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.	0,10		
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:	0,10		

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,90**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,50
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	0,05
7	-

**Kc= 0, 95**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 93$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 9**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.	0,30		
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:	0,50		
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:	0,10		

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,98**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,50
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	0,05
7	0,05

**Kc= 1, 00**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 99$$

**Su nivel de Competencia es ALTA.**

**EXPERTO 10**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,76**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,35
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	-
7	-

**Kc= 0,75**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0,76$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

**EXPERTO 11**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,76**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,30
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	-
7	-

**Kc= 0, 70**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 73$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

**EXPERTO 12**

<b>FUENTES DE ARGUMENTACIÓN</b>	<b>GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE</b>		
	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,76**

<b>FUENTES DE CONOCIMIENTO</b>	
<b>Preguntas</b>	<b>Valor</b>
1	0,30
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	0,10
6	-
7	0,05

**Kc= 0,75**

$$\mathbf{K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)}$$

$$\mathbf{K_{comp} = 0,76}$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

**EXPERTO 13**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.			0,10
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.			0,03
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:			0,06

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,59**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,30
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	-
6	-
7	-

**Kc= 0, 60**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0,60$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

**EXPERTO 14**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.			0,10
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,59**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,30
2	0,10
3	-
4	-
5	-
6	0,05
7	0,05

**Kc= 0,50**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0,55$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

**EXPERTO 15**

<b>FUENTES DE ARGUMENTACIÓN</b>	<b>GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE</b>		
	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,76**

<b>FUENTES DE CONOCIMIENTO</b>	
<b>Preguntas</b>	<b>Valor</b>
1	0,45
2	0,10
3	0,10
4	0,10
5	-
6	-
7	-

**Kc= 0, 75**

$$\mathbf{K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)}$$

$$\mathbf{K_{comp} = 0,76}$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

**EXPERTO 16**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.		0,08	
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,76**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,20
2	0,10
3	0,10
4	-
5	-
6	-
7	-

**Kc= 0, 30**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 53$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA.**

**EXPERTO 17**

<b>FUENTES DE ARGUMENTACIÓN</b>	<b>GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE</b>		
	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.			0,06
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,74**

<b>FUENTES DE CONOCIMIENTO</b>	
<b>Preguntas</b>	<b>Valor</b>
1	0,40
2	0,10
3	0,10
4	-
5	-
6	-
7	-

**Kc= 0,60**

$$\mathbf{K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)}$$

$$\mathbf{K_{comp} = 0,67}$$

**Su nivel de Competencia es MEDIA**

**EXPERTO 18**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.			0,10
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:			0,20
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.			0,06
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,44**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,20
2	-
3	0,10
4	-
5	-
6	0,05
7	0,05

**Kc= 0, 40**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 42$$

**Su nivel de Competencia es BAJA**

**EXPERTO 19**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.		0,20	
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:			0,20
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.			0,06
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:		0,08	

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,54**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,20
2	0,10
3	-
4	-
5	-
6	0,05
7	-

**Kc= 0, 35**

$$\mathbf{K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)}$$

$$\mathbf{K_{comp} = 0, 45}$$

**Su nivel de Competencia es BAJA**

**EXPERTO 20**

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted.			0,10
La experiencia obtenida de su actividad práctica es:		0,40	
Posee conocimiento de trabajos sobre el tema, de autores nacionales e internacionales.			0,06
Su propio conocimiento acerca del tema de investigación es:			0,06

Elaborado por: Carmen Potocí; Eddy Jaque.

**Ka= 0,62**

FUENTES DE CONOCIMIENTO	
Preguntas	Valor
1	0,20
2	-
3	0,10
4	-
5	-
6	-
7	0,05

**Kc= 0, 35**

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_a + K_c)$$

$$K_{comp} = 0, 49$$

**Su nivel de Competencia es BAJA**

## ANEXO 4: FOTOGRAFÍAS

**Punto de Muestreo: P1**

**Descripción: Inicio Río Chimborazo**

**Coordenadas: 17M 0745181 / 9825489**

**Foto 1**



**Foto 2**



**Punto de Muestreo: P2**

**Descripción: Descarga Comunidad Shobol**

**Coordenadas: 17M 0746190 / 9822028**

**Foto 3**



**Foto 4**



**Punto de Muestreo: P3**

**Descripción: Descarga Comunidad de San Juan**

**Coordenadas: 17M 0746665 / 9818428**

**Foto 5**



**Foto 6**



**Punto de Muestreo: P4**

**Descripción: Unión Río Chimborazo y Río Cajabamba**

**Coordenadas: 17M 0749802 / 9816405**

**Foto 7**



**Foto 8**



**Punto de Muestreo: P5**

**Descripción: Descarga Cemento Chimborazo**

**Coordenadas: 17M 0750123 / 9817120**

**Foto 9**



**Foto 10**



**Punto de Muestreo: P6**

**Descripción: Comunidad Gatazo**

**Coordenadas: 17M 0752060 / 9816561**

**Foto 11**



**Foto 12**



**Punto de Muestreo: P7**

**Descripción: Parque Ecológico**

**Coordenadas: 17M 0761276 / 9813260**

**Foto 13**



**Foto 14**



**Punto de Muestreo: P8**

**Descripción: Descarga San Luis**

**Coordenadas: 17M 0762312 / 9810537**

**Foto 15**



**Foto 16**



**Punto de Muestreo: P9**

**Descripción: Descarga Río Chibunga en el Río Chambo**

**Coordenadas: 17M 0765106 / 9810092**

**Foto 17**



**Foto 18**



**ANEXO 5: RESULTADO DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO**

PARÁMETROS	Unidad	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9
Potencia Hidrogeno	pH	7,32	7,73	7,76	8,12	8,38	8,4	7,66	7,68	7,64
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,97	6,36	6,54	6,64	7,13	6,76	1,18	1,02	3,5
Coductividad Eléctrica	Us/cm3	437	465	584	686	685	700	907	962	849
Manganeso	mg/L	0,031	0,019	0,015	0,03	0,025	0,031	0,061	0,019	0,03
Cadmio	mg/L	0,0003	0,0004	0,0006	0,0004	0,0003	0	0,0005	0,0002	0,0003
Ársenico	mg/L	0,0007	0,0007	0,0002	0,008	0,001	0,02	0,01	0,02	0,006
Molibdeno	mg/L	0,0005	0,0014	0,0014	0,0026	0,0033	0,0022	0,0023	0,0033	0,0069
Plomo	mg/L	0,0314	0,0405	0,0357	0,0351	0,0001	0,0005	0,3604	0,0012	0,027
Talio	mg/L	0,0056	0,0067	0,0075	0,0093	0,0086	0,0086	0,0082	0,0024	0,0077
Cromo	mg/L	0,0004	0,0003	0,0006	0,0002	0,0001	0,0004	0,0005	0,0009	0,0001
Plata	mg/L	0,0005	0,0007	0,0007	0,0007	0,0004	0,0003	0,0008	0,0002	0,0005
Antimonio	mg/L	0,0015	0,0016	0,0012	0,0017	0,0002	0,0001	0,0018	0,0012	0,0011
Selenio	mg/L	0,0008	0,0011	0,0011	0,0013	0,0005	0,0003	0,0016	0,0001	0,0032
Cobre	mg/L	0,0031	0,0023	0,0031	0,0051	0,0043	0,0043	0,017	0,0034	0,007
Vanadio	mg/L	0,0078	0,011	0,014	0,02	0,021	0,021	0,02	0,0081	0,049
Niquel	mg/L	0,014	0,019	0,016	0,016	0,0011	0,0014	0,018	0,0003	0,013
Berilio	mg/L	0,0001	0,0001	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Aluminio	mg/L	0,12	0,094	0,061	0,57	0,27	0,47	2,02	0,43	1,1
Boro	mg/L	0,32	0,034	0,19	0,16	0,14	0,13	0,37	0,069	0,3
Zinc	mg/L	0,005	0,0058	0,0053	0,0056	0,0056	0,0059	2,32	0,0359	0,013
Bario	mg/L	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06	0,089	0,019	0,059
Hierro	mg/L	0,35	0,32	0,13	0,39	0,25	0,28	0,71	0,23	0,53
DBO5	mg/L	1	1	4	4	3	3	39	31	7
Coliformes Totales	UFC/100ml	8000	28000	1000	17000	10000	10000	100000000	100000000	130000
Coliformes Fecales	UFC/100ml	3040	10000	8000	12000	780	1240	170000	100000000	10000

Fósforo Total	mg/L	0,1396	0,002	0,6644	2,3569	0,6419	0,003	0,001	0,002	0,001
Grasas y Aceites	mg/L	0,3	0,4	0,4	0,7	0,5	0,4	0,8	1,6	1,4
Sólidos Suspendidos	mg/L	3	4	5	8	10	11	100	66	12
Nitratos	mg/L	0,0865	1,3788	0,5781	1,377	0,6805	0,9445	6,3444	4,1835	4,8139
Nitritos	mg/L	0,0394	0,3104	0,1401	0,0973	0,075	0,0577	0,0756	0,0357	0,4769
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0,01	0,11	0,24	0,02	0,02	0,01	11,5	54	0,84
Tensoactivos	mg/L	0,012	0,015	0,017	0,021	0,023	0,016	0,218	0,198	0,022
Organoclorados Totales	mg/L	0,051	0,0001	0,0001	0,047	0,041	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Temperatura	°C	10	10	12	16	16	15	17	19	19
Materia Flotante	Visible	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia
Caudal	L/s	412,19	256,09	226,71	786,21	573,93	529,7	598,76	1526,78	1355

Fuente: LABCESTTA, 2014