

Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013-2017

Evaluation of the water quality of the microcuenca of the Chibunga-Ecuador river in seasonal variations, period 2013-2017

Nancy Cecilia Veloz Mayorga¹, Carlos A.A. Carbonel H.²

Recibido: Julio 2018 - Aprobado: Noviembre 2018

RESUMEN

Se evaluó las variables de contaminación que afectan la calidad del agua de la microcuenca del Río Chibunga aplicando la comunidad de criterios, aceptadas y definidas para la investigación. El cálculo del Índice de calidad de agua se realizó con las siguientes variables: pH, oxígeno disuelto, plomo, cadmio, DBO5, coliformes fecales, fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y tensoactivos monitoreados en diez puntos, cuatro campañas, y en época seca y lluviosa. Los factores de contaminación cuya calidad se ve más afectada en época seca son el oxígeno disuelto y plomo con calidad mala y en época lluviosa los sólidos suspendidos; la calidad de los coliformes fecales en todas las campañas y épocas monitoreadas es pésima. El Índice de Calidad del agua promedio para la microcuenca en el periodo 2013 al 2017 es de 58, indicando un estado **REGULAR** o poco contaminado del mismo, se puede considerar aceptable pero no recomendable para recreación, aceptable para la producción agrícola, uso pecuario y producción piscícola, y no apta para uso en la industria normal sin previo tratamiento.

Palabras clave: Índice de Calidad del agua; microcuenca del río Chibunga.

ABSTRACT

The contamination variables that affect the water quality of the Chibunga River microbasin were evaluated by applying the community of criteria, accepted and defined for the research. The calculation of the Water Quality Index was made with the following variables: pH, dissolved oxygen, lead, cadmium, BOD5, fecal coliforms, phosphates, nitrates, total suspended solids, oils and fats and tensoactives monitored in ten points, four campaigns, and in dry and rainy season. Pollution factors whose quality is most affected in the dry season are dissolved oxygen and lead with poor quality, and in suspended periods suspended solids; The quality of fecal coliforms in all seasons and seasons monitored is terrible. The average water quality index for the microbasin in the period 2013 to 2017 is 58, indicating a **REGULAR** or little polluted state of it, it can be considered acceptable but not recommended for recreation, acceptable for agricultural production, livestock use and production fish farming, and not suitable for normal industry use without prior treatment.

Key words: Water Quality Index; Chibunga River micro basin.

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Grupo GAIBAG. Docente Facultad de Ciencias, MSc. Protección Ambiental. E-mail: nveloz@esPOCH.edu.ec

² Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas. Lima, Perú. Docente, Doctor Ingeniero. E-mail: ccarbonelh@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

El río Chibunga nace de las vertientes ubicadas en las faldas del volcán Chimborazo y desciende por los páramos de El Arenal hasta llegar a zonas agrícolas en el sector de la parroquia San Juan, como las comunidades: Chimborazo, Shobol Llinllin, entre otras con el nombre de Río Chimborazo, se une con el río Cajabamba a 3.238 msnm y toma el nombre de río Chibunga (Arellano, 2010). La microcuenca del río Chibunga se extiende a través de 38 Km, decurre de noroeste a sureste y es el principal afluente del río Chambo tributario del Pastaza (CNRH, 2007) y este del Amazonas kilómetros al este. El cauce del Chibunga representa uno de los recursos hídricos con gran incidencia en el desarrollo de Riobamba pues la atraviesa y a 25 comunidades cercanas (Ilustre Municipio de Riobamba, 2015), este río está en la lista de los más contaminados en la Zona 3 del Ecuador, el agua de este cuerpo de agua se utiliza para riego de cultivos, no solo esto, en sus márgenes se encuentra ubicada la empresa Cemento Chimborazo, zonas agrícolas ganaderas, industriales, urbanas, centros de educación y recreación, estas actividades han provocado el deterioro de las características ecológicas del medio (Falk, 2002), (Mendoza, 2010), en virtud que la microcuenca es un cuerpo receptor de desechos (Carbajal, 2012), y su caudal se reduce en época seca, lo que ocasiona varias complicaciones sociales y ambientales derivadas (CEPAL, 2013).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra fue seleccionada de forma aleatoria simple del cuerpo de agua de los ríos Chimborazo y Chibunga, se realizó un muestreo sistemático en la microcuenca del río Chibunga en variaciones estacionales (seca y lluviosa) en el periodo noviembre 2013 a marzo 2017; y

un muestreo estratificado a lo largo de la microcuenca, para ello se dividió a la microcuenca en diez segmentos y se definió los puntos de muestreo para medir las condiciones meteorológicas y toma de agua en cada segmento, como se indica en la Tabla 1.

Para el desarrollo del estudio, se utilizaron varias técnicas de recolección de datos como: entrevistas, cuestionarios, visitas en campo, observación, medición de caudales, nivel del río, topografía y análisis en laboratorio. Se utilizaron estas técnicas porque permite obtener datos con alta confiabilidad, validez y objetividad. Fueron adoptados los métodos de análisis establecidos en la última edición del “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, publicada por la A.P.H.A; A.W.W.A; y W.P.C.F; Edición 22 (APHA, 2017). Los análisis se realizaron en el laboratorio CESTTA que mantiene su acreditación en el SAE (Servicio de acreditación ecuatoriano) en la norma INEN ISO/IEC 17025:2006.

Para la aplicación del método Delphi se seleccionó un grupo de expertos a nivel nacional con experiencia en Recursos Hídricos a los que se les preguntó su opinión sobre cuáles serían las variables de contaminación que deberán ser monitoreados en el río Chibunga. Las estimaciones de estos expertos se realizaron en tres rondas, con la sistemática de un juicio intuitivo, en forma anónima, con el objeto de conseguir un consenso. En algunos casos se recurrió a respuestas categorizadas (Alto, Medio, Bajo) y después se trató las respuestas en términos porcentuales tratando de ubicar a la mayoría de los consultados en una sola categoría. En la segunda ronda se determinaron las variables de contaminación según su importancia y relevancia con una escala de 1 a 4, siendo el valor de 4 el de mayor relevancia. Se tomó cuarenta y tres parámetros

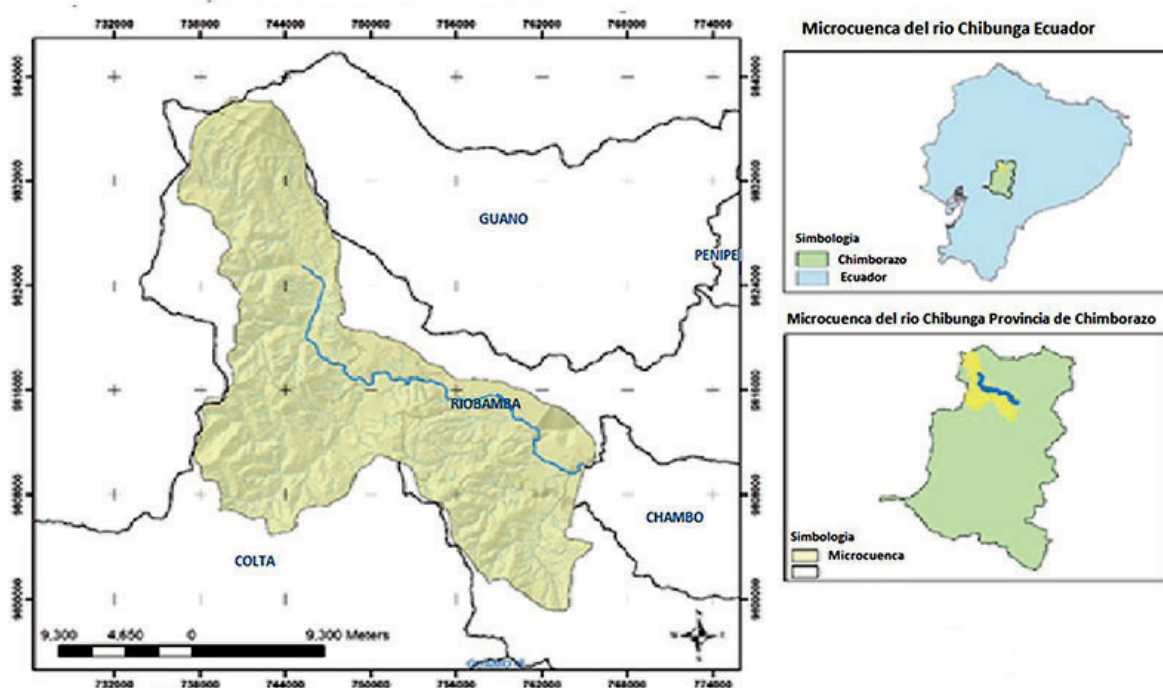


Figura 1. Mapa ubicación geografía de la microcuenca del río Chibunga
Elaborado por: Nancy Veloz

Tabla 1. Puntos de monitoreo sobre la microcuenca del río Chibunga

ID	Coord N	Coord E	Cota msnm	Ubicación referencial en el terreno
Punto 1	9825488	745181	3424	Comunidad Chimborazo
Punto 2	9820628	745644	3371	Comunidad Shobolpamba
Punto 3	9818439	746663	3242	Parroquia San Juan
Punto 4	9816402	749814	3070	Unión Río Cajabamba y Río Chimborazo
Punto 5	9817054	750152	3056	Fabrica Cemento Chimborazo
Punto 6	9816539	752457	2790	Comunidad Gatazo
Punto 7	9813880	760055	2739	Sector Puente CESA – Riobamba
Punto 8	9813187	761339	2722	Sector Parque Ecológico – Riobamba
Punto 9	9811053	761570	2674	Parroquia San Luis
Punto 10	9810089	765099	2618	Descarga Río Chibunga a Río Chambo

Elaborado por: Nancy Veloz

Tabla 2. Variables de Contaminación

Factores Condicionantes de Contaminación	Cadmio	Fosfato Total	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	Sólidos Suspendidos	Nitratos	Oxígeno Disuelto	DBO 5	Potencial Hidrógeno	Tensoactivos	Plomo
Valor ponderado medio	3,00	3,00	3,75	3,63	3,13	3,25	3,88	3,38	3,50	3,25	3,00

Elaborado: Nancy Veloz, Carmen Potocí, Eddy Jaque. Resultado de encuestas

seleccionados del libro VI, Anexo 1, Tabla 3 del TULAS (Ministerio del Ambiente, 2015), abriendo un debate para obtener un consenso en los resultados. En la tercera ronda se delimitaron las variables de contaminación y se calculó el coeficiente de Kendall para la prueba de los expertos, este es un índice entre cero y uno $K = 0$ significaría que no existe concordancia entre los expertos, $K = 1$ significaría que existe concordancia perfecta entre los expertos.

2.1 Procedimiento de tabulación de datos

El Índice de Calidad "Water Quality Index" fue el propuesto y desarrollado para la evaluación de la microcuenca del río Chibunga. Es un método modificado al propuesto por Brown, (1970) (Índice de Calidad del Agua General ICG) utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares del río Chibunga a través del tiempo comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río. Los resultados fueron utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

El análisis estadístico está basado en la varianza; éste método busca caracterizar el problema de investigación a través de la reducción de dimensiones; no se puede aplicar la reducción de dimensiones sin tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- Matriz de correlaciones: debe tender a cero para mostrar las correlaciones de los parámetros.
- Prueba KMO de adecuación muestral: mayor a 0,5 (no obligatorio).
- Prueba de Bartlett: debe tender a cero.

- Las comunalidades: deben ser mayores a 0,4
- La varianza de las componentes: deben explicar más del 65%

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las encuestas realizadas y ponderadas de cuarenta y tres parámetros seleccionados del libro VI, Anexo 1, Tabla 3 del TULAS, se calculó el ponderativo de ligaduras y el coeficiente de Kendal que permite tener un criterio unificado y real mediante el método Delphi (Dalkey, 1985). Por lo cual aceptamos y definimos para esta investigación doce variables de contaminación que determinan la calidad del agua del Río Chibunga y son las detalladas en la Tabla 2.

3.1 Cálculo del Índice de Calidad del agua en la microcuenca del río Chibunga

El Índice de Calidad de agua se calculó con las variables de contaminación determinados en la investigación: pH, oxígeno disuelto, plomo, cadmio, DBO_5 , coliformes fecales, fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y tensoactivos. Estas variables fueron definidas y medidas en diez puntos de muestreo en etapa lluviosa y seca durante los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 en concordancia a lo indicado por Rojas, (2009), que señala que entre más puntos se incluyan, y se puedan combinar datos de años diferentes, más general será la conclusión a la que se llegue. Rojas recomienda que para el cálculo del índice se empleen como mínimo cuatro parámetros del que se tengan al menos cuatro valores (4 muestreos) ya que de no hacerlo dará una idea muy diferente del sistema. Se

presenta en las Tablas 3 y 4, como ejemplo los resultados analíticos de los parámetros correspondientes al año 2016 en época seca y lluviosa.

La evaluación numérica del ICA con técnicas multiplicativas y ponderadas se inició con la asignación de pesos específicos (W) a cada variable de contaminación (i) y ponderados entre 0 y 1 de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a la unidad (Tabla 5). El valor de α para el cálculo del peso específico se tomó entre 1 a 4 dando como valor de mayor importancia al oxígeno disuelto y las demás variables según el valor ponderado de la consulta a expertos del método Delphi.

Qi es el Valor de Calidad del Agua en función de su concentración y cuya calificación varía entre 0 y 100, siendo el valor cero el que corresponde al nivel pésimo y cien al óptimo. Los valores de Qi se calcularon con la ayuda de graficas mediante expresiones matemáticas y de acuerdo a la concentración de la variable de contaminación.

A continuación, se presentan como ejemplo las Curvas de Calidad y las ecuaciones matemáticas correspondientes para el modelo del cálculo del ICA, para el oxígeno disuelto y el plomo y los Tablas del cálculo del ICA para cada variable de contaminación para el año 2016 en época lluviosa y seca.

Se presentan los resultados y la discusión para cada variable de contaminación analizados de acuerdo al TULSMA, (2015) que reglamente los límites máximos permisibles para el agua según el uso para el ordenamiento de cuencas hidrográficas del Ecuador (Ministerio del Ambiente, Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, 2015). Para los fosfatos se desarrolló en base al Criterio de Calidad del Boletín Oficial de Estado, Real Decreto 817/2015 de 11 de septiembre, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (Ministerio de Agricultura, 2015). En las Tablas 6 y 7 se presenta como ejemplo el Índice de Calidad del agua en época seca y lluviosa correspondiente al año 2016.

Tabla 3. Resultados Analíticos de los Factores Condicionantes de Contaminación correspondiente a la época seca en el año 2016

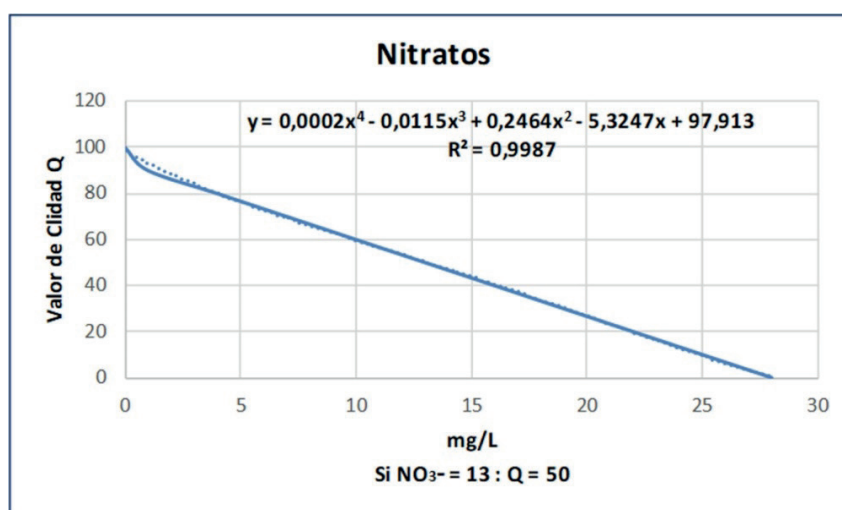
Época Lluviosa Fecha: 24 de octubre del 2016

	Punto 1: Comunidad Chimborazo	Punto 2: Comunidad Shobolpamba	Punto 3: Parroquia San Juan	Punto 4: Unión río Chimborazo y río Cajabamba	Punto 5: Empresa Cemento Chimborazo	Punto 6: Comunidad Gatazo	Punto 7: Sector Puente CESA Riobamba	Punto 8: Parque Ecológico Riobamba	Punto 9: Parroquia San Luis	Punto 10: Descarga río Chibunga a río Chambo
Altura	3424 msnm	3371 msnm	3242 msnm	3070 msnm	3056 msnm	2790 msnm	2739 msnm	2722 msnm	2674 msnm	2618 msnm
Coordenadas	17M 0745181/ 9825488	17M 0745644 / 9820628	17M 0746663/ 9818439	17M 0749814 / 9816402	17M 0750152 / 9817054	17M 0752457 / 9816539	17M 0760055 / 9813880	17M 0761339 / 9813187	17M 0761570 / 9811053	17M 0765099 / 9810089
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura Ambiente ° C	14.2	15.5	16.0	16.5	17.0	17.0	18.4	17.5	17.0	17.0
Temperatura del agua ° C	9.0	10.0	10.5	11.7	12.0	13.0	14.0	15.0	15.5	16.0
Caudal L/s	1190	2535	2310	7100	2922	2897	4178	6845	5734	6220
Potencial Hidrógeno Unidad de pH	8.0	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.4	8.3	8.3	8.2
Oxígeno Disuelto mg/L	7.6	7.5	7.4	7.52	7.5	7.5	7.1	6.6	6.8	6.9
Plomo mg/L	0.0003	0.0004	0.0013	0.0003	0.0034	0.0027	0.0055	0.0048	0.0063	0.0081
Cadmio mg/L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003
DBO ₅ mg/L	3	4	4	6	7	7	14	22	16	16
Coliformes Fecales NMP/100 mL	1400	11000	14000	17000	21000	27000	54000	16000000	16000000	16000000
Fosfatos mg/L	0.12	0.12	0.14	0.13	0.11	0.11	0.26	0.32	0.37	0.31
Grasas y Aceites mg/L	0.07	0.25	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.24	0.18	0.19
Sólidos Suspendidos mg/L	108	170	390	394	371	332	790	796	809	871
Nitratos mg/L	1.55	2.45	2.14	2.26	2.28	2.09	3.23	4.14	3.07	5.09
Tensoactivos mg/L	0.028	0.039	0.035	0.023	0.025	0.038	0.534	0.276	0.211	0.465

Tabla 4. Resultados Analíticos de los Factores Condicionantes de Contaminación correspondiente a la época lluviosa en el año 2016**Época Seca Fecha: 24 de junio del 2016**

	Punto 1: Comunidad Chimborazo	Punto 2: Comunidad Shobolpamba	Punto 3: Parroquia San Juan	Punto 4: Unión río Chimborazo y río Cajabamba	Punto 5: Empresa Cemento Chimborazo	Punto 6: Comunidad Gatazo	Punto 7: Sector Puente CESA Riobamba	Punto 8: Parque Ecológico Riobamba	Punto 9: Parroquia San Luis	Punto 10: Descarga río Chibunga a río Chambo
Altura	3424 msnm	3371 msnm	3242 msnm	3070 msnm	3056 msnm	2790 msnm	2739 msnm	2722 msnm	2674 msnm	2618 msnm
Coordenadas	17M 0745181/ 9825488	17M 0745644 / 9820628	17M 0746663/ 9818439	17M 0749814 / 9816402	17M 0750152 / 9817054	17M 0752457 / 9816539	17M 0760055 / 9813880	17M 0761339 / 9813187	17M 0761570 / 9811053	17M 0765099 / 9810089
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura Ambiente ° C	16.5	17.0	17.0	18.5	20.0	21.5	22.8	23.0	22.5	22.0
Temperatura del agua ° C	10.5	11.2	12.5	14.0	14.0	15.2	16.5	17.0	17.5	18.0
Caudal L/s	420	844	700	2594	996	814	1182	2200	1815	2100
Potencial Hidrógeno Unidad de pH	7.6	7.9	8.1	8.0	8.1	8.2	8.1	7.9	7.9	7.6
Oxígeno Disuelto mg/L	6.7	6.7	6.7	6.80	6.8	6.9	3.0	1.8	2.0	4.0
Plomo mg/L	0.0004	0.0005	0.0010	0.0007	0.0047	0.0030	0.0042	0.0049	0.0063	0.0055
Cadmio mg/L	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0004	0.0004
DBO ₅ mg/L	5	7	8	7	11	18	22	45	30	17
Coliformes Fecales NMP/100 mL	350	4300	12000	15000	1200	11000	50000	280000	1100000	1600000
Fosfatos mg/L	0.15	0.30	0.22	0.19	0.18	0.19	0.80	0.98	1.05	0.62
Grasas y Aceites mg/L	0.25	0.26	0.30	0.23	0.43	0.35	0.42	0.37	0.25	0.28
Sólidos Suspendidos mg/L	33	35	80	130	117	147	242	286	224	296
Nitratos mg/L	2.89	2.49	2.44	2.28	2.62	2.89	4.21	5.18	4.12	4.83
Tensoactivos mg/L	0.018	0.039	0.040	0.042	0.058	0.092	0.534	0.712	0.534	0.405

Elaborado por: Nancy Veloz

**Figura 2.** Curva de Calidad para Nitratos.

Elaborado por: Nancy Veloz

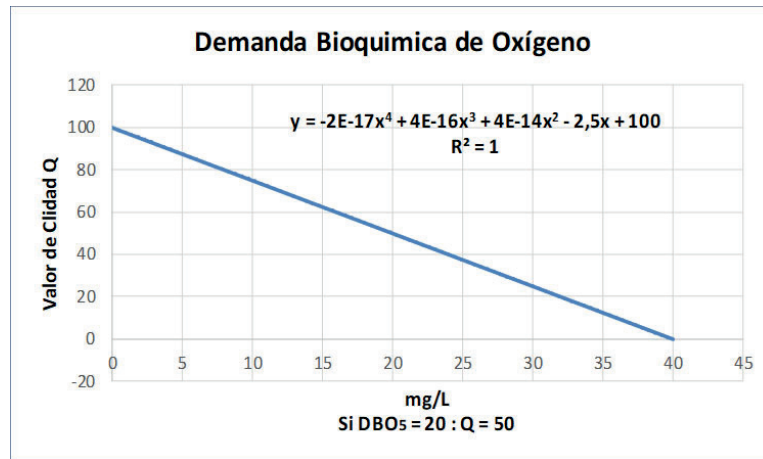


Figura 3. Curva de Calidad para Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 5. Pesos asignados a cada variable de contaminación

Factor de contaminación	A	Peso específico	Factor de contaminación	A	Peso específico
pH	2	0,11	Fosfatos	4	0,05
Oxígeno disuelto	1	0,21	Aceites y grasas	2	0,11
Plomo	4	0,05	Sólidos Suspendidos	3	0,07
Cadmio	4	0,05	Nitratos	3	0,07
DBO5	2	0,11	Tensoactivos	3	0,07
Coliformes fecales	2	0,11			

Elaborado: Nancy Veloz

Tabla 6. Ejemplo del Cálculo del ICA para la microcuenca del río Chibunga en época seca correspondiente al año 2016

Ica Subcuenca Río Chibunga época seca 2016

	Punto 1: Comunidad Chimborazo		Punto 2: Comunidad Shobolpamba		Punto 3: Parroquia San Juan		Punto 4: Union río Chimborazo y río Cajabamba		Punto 5: Empresa Cemento Chimborazo		Punto 6: Comunidad Gatazo		Punto 7: Sector Puente CESA Riobamba		Punto 8: Parque Ecologico Riobamba		Punto 9: Parroquia San Luis		Punto 10: Descarga río Chibunga a río Chambo		
	Wi	Qi 1	Wi*Qi 1	Qi 2	Wi*Qi 2	Qi 3	Wi*Qi 3	Qi 4	Wi*Qi 4	Qi 5	Wi*Qi 5	Qi 6	Wi*Qi 6	Qi 7	Wi*Qi 7	Qi 8	Wi*Qi 8	Qi 9	Wi*Qi 9	Qi 10	Wi*Qi 10
Potencial Hidrógeno Unidad de pH	0.11	98	10.78	87	9.57	80	8.80	76	8.36	72	7.92	72	7.92	80	8.80	87	9.57	87	9.57	87	9.57
Oxígeno Disuelto mg/L	0.21	57	11.97	57	11.97	57	11.97	58	12.18	58	12.18	59	12.39	20	4.20	8	1.68	10	2.10	30	6.30
Plomo mg/L	0.05	79	3.95	76	3.80	61	3.05	69	3.45	26	1.30	34	1.70	27	1.35	26	1.30	28	1.40	27	1.35
Cadmio mg/L	0.05	85	4.25	85	4.25	85	4.25	85	4.25	80	4.00	80	4.00	75	3.75	70	3.50	80	4.00	80	4.00
DBO ₅ mg/L	0.11	88	9.68	83	9.13	80	8.80	83	9.13	73	8.03	55	6.05	45	4.95	0	0.00	25	2.75	58	6.38
Coliformes Fecales NMP/100 mL	0.11	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Fosfatos mg/L	0.05	75	3.75	59	2.95	67	3.35	70	3.50	71	3.55	70	3.50	30	1.50	21	1.05	18	0.90	39	1.95
Grasas y Aceites mg/L	0.11	59	6.49	57	6.27	52	5.72	62	6.82	36	3.96	45	4.95	37	4.07	43	4.73	59	6.49	55	6.05
Sólidos Suspendidos mg/L	0.07	56	3.92	54	3.78	33	2.31	30	2.10	30	2.10	32	2.24	29	2.03	22	1.54	31	2.17	20	1.40
Nitratos mg/L	0.07	84	5.88	86	6.02	86	6.02	87	6.09	85	5.95	84	5.88	79	5.53	76	5.32	78	5.46	77	5.39
Tensoactivos mg/L	0.07	98	6.86	96	6.72	96	6.72	96	6.72	94	6.58	91	6.37	47	3.29	29	2.03	47	3.29	60	4.20
ICA		68		64		61		63		56		55		39		31		38		47	

Elaborado por: Nancy Veloz

Tabla 7. Ejemplo del Cálculo del ICA para la microcuenca del río Chibunga en época lluviosa correspondiente al año 2016

Ica Subcuenca Río Chibunga época lluviosa 2016																					
	Punto 1: Comunidad Chimborazo		Punto 2: Comunidad Shobolpamba		Punto 3: Parroquia San Juan		Punto 4: Union río Chimborazo y río Cajabamba		Punto 5: Empresa Cemento Chimborazo		Punto 6: Comunidad Gatazo		Punto 7: Sector Puente CESA Riobamba		Punto 8: Parque Ecologico Riobamba		Punto 9: Parroquia San Luis		Punto 10: Descarga río Chibunga a río Chambo		
	Wi	Qi 1	Wi*Qi 1	Qi 2	Wi*Qi 2	Qi 3	Wi*Qi 3	Qi 4	Wi*Qi 4	Qi 5	Wi*Qi 5	Qi 6	Wi*Qi 6	Qi 7	Wi*Qi 7	Qi 8	Wi*Qi 8	Qi 9	Wi*Qi 9	Qi 10	Wi*Qi 10
Potencial Hidrógeno Unidad de pH	0.11	83	9.13	83	9.1	80	8.8	76	8.4	72	7.9	68	7.5	68	7.5	72	7.9	72	7.9	76	8.36
Oxígeno Disuelto mg/L	0.21	66	13.9	65	13.7	64	13.4	65	13.7	65	13.7	65	13.7	61	12.8	56	11.8	58	12.2	59	12.4
Plomo mg/L	0.05	82	4.1	79	4.0	54	2.7	82	4.1	28	1.4	35	1.8	27	1.4	27	1.4	28	1.4	26	1.3
Cadmio mg/L	0.05	95	4.75	90	4.5	90	4.5	95	4.8	90	4.5	90	4.5	90	4.5	85	4.3	90	4.5	85	4.25
DBO ₅ mg/L	0.11	93	10.2	90	9.9	90	9.9	85	9.4	83	9.1	83	9.1	65	7.2	45	5.0	60	6.6	60	6.6
Coliformes Fecales NMP/100 mL	0.11	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0
Fosfatos mg/L	0.05	79	3.95	79	4.0	76	3.8	78	3.9	81	4.1	81	4.1	63	3.2	57	2.9	53	2.7	58	2.9
Grasas y Aceites mg/L	0.11	88	9.68	59	6.5	76	8.4	73	8.0	70	7.7	65	7.2	56	6.2	60	6.6	70	7.7	68	7.48
Sólidos Suspendidos mg/L	0.07	52	3.64	43	3.0	41	2.9	41	2.9	41	2.9	41	2.9	7	0.5	6	0.4	2	0.1	0	0
Nitratos mg/L	0.07	90	6.3	86	6.0	88	6.2	87	6.1	87	6.1	88	6.2	84	5.9	80	5.6	84	5.9	77	5.39
Tensoactivos mg/L	0.07	97	6.79	96	6.7	97	6.8	98	6.9	97	6.8	96	6.7	47	3.3	72	5.0	79	5.5	54	3.78
ICA		72		67		67		68		64		63		52		51		55		52	

Elaborado por: Nancy Veloz

Potencial de Hidrogeno (pH)

Los resultados obtenidos de pH en época seca indican valores cercanos a pH neutro en la Comunidad Chimborazo, incrementándose sus valores desde la Empresa Cemento Chimborazo hasta el puente CESA Riobamba alcanzado valores máximos de 8,4 unidades para el monitoreo de 2014, seguido de un descenso hasta alcanzar valores en la desembocadura del Río Chibunga al Río Chambo de 7,9 unidades en el 2017. En época húmeda el valor más bajo registrado se presenta en la Comunidad Chimborazo con un valor de 7,7 unidades medida en el 2014 y el máximo valor registrado se presenta en el puente CESA Riobamba de 8,5 unidades registrada en el 2017. Se observa que en las otras campañas de medición el rango de pH fue superior a 8,3 en las partes medias (Empresa Cemento Chimborazo a Puente CESA). Este parámetro cumple con los límites permisibles del TULSMA en época húmeda y época seca. Bautista, (2012) en la evaluación de la Calidad del agua en el río Chambo, indica que el pH en los puntos muestreados en el río Chimborazo y Chibunga son altos en las dos estaciones posiblemente a que a los alrededores de estos puntos se realizan actividades agrícolas. En la presente investigación es necesario prestar atención los puntos medios de medición ya que presentan tendencia a valores altos.

Oxígeno Disuelto (OD)

De acuerdo a la Tabla 3 del TULSMA (2003), solo se aceptan valores de OD para uso de preservación de flora

y fauna a valores > a 6 mg/L. En época seca los valores promedios son de 2,48 mg/L, calidad PESIMA desde el puente CESA a la descarga del río Chibunga al río Chambo por lo que no es aceptable para este tipo de uso. En época lluviosa Figura 4 a la izquierda, se presenta un valor promedio de 7,18 mg/L de OD para todas las campañas de medición con un valor de calidad REGULAR manteniendo aún un buen porcentaje de oxígeno disuelto. De acuerdo al Informe Nro. 086-MBD-VRC-STRH-DGCA-SENAGUA, Secretaria del agua, (2014) realizada en época seca (agosto) y en forma puntual; no indica punto de toma de muestra del río Chimborazo con una concentración de 7,4 mg/L que corresponde a zonas altas del mismo, y el río Chibunga 5,4 mg/L valor normal de la zona media de la microcuenca.

Cadmio (Cd)

En promedio el valor de Cadmio para las campañas de medición es de 0,0002 mg/L en época lluviosa, el valor máximo de 0,0006 mg/L se presenta en el Parque Ecológico Riobamba en el año 2017. El promedio en época seca es de 0,0003 mg/L, registrándose los valores más altos en el Parque Ecológico en los años 2014 0,0005 mg/L y 0,0006 mg/L en 2016. De acuerdo a las mediciones en época seca y lluviosa este parámetro cumpliría con los límites permisibles del TULSMA para Cadmio en agua fría dulce de 0,001 mg/L. El Índice de Calidad es BUENO en época lluviosa y seca y su Calidad disminuye en las dos épocas.

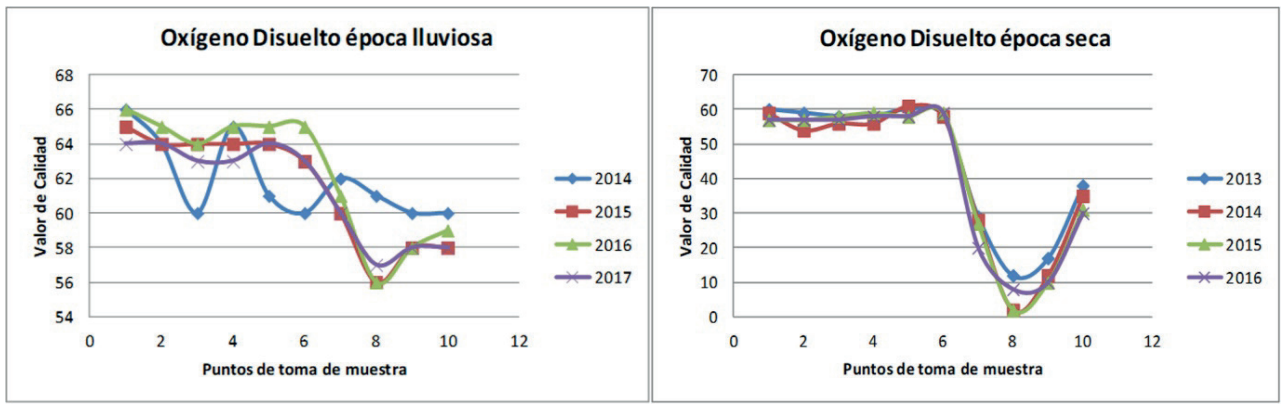


Figura 4. Resultados ICA OD. Izq. Época lluviosa Der. Época seca
Elaborado por: Nancy Veloz

Plomo (Pb)

En época lluviosa desde la Comunidad Chimborazo a la unión del río Cajabamba y río Chimborazo se presenta valores menores a los límites permisibles indicados por el TULSMA para plomo en aguas dulces frías de 0,001 mg/L, presentando incremento en su concentración desde la empresa Cemento Chimborazo (años 2014 y 2015). La mayor concentración se presenta en el puente CESA en el año 2014 de 0,0172 mg/L con un valor de Calidad PESIMO. Para la época seca la Calidad de plomo es REGULAR desde la Comunidad Chimborazo a la unión del río Cajabamba y río Chimborazo. A partir de la empresa Cemento Chimborazo a la descarga del río Chibunga al río Chambo la Calidad disminuye a PÉSIMA con un valor máximo de 0,0360 mg/L en el parque Ecológico Riobamba en el año 2015, con un ligero aumento de su Calidad en el año 2016 a MALA. Al contrario de las demás variables de contaminación la Calidad del Plomo aumenta de año a año, en época seca la Calidad aumenta de 29 a 45. En época lluviosa la Calidad aumenta de 32 a 50, esta tendencia se debe a que el Ministerio del Ambiente ha controlado el uso de plomo a nivel industrial. La calidad del plomo en las campañas de monitoreo es MALA.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

El límite permisible para el DBO₅ en aguas dulces frías es de 20 mg/L, Las concentraciones más bajas de DBO₅ se presentaron en época lluviosa, la calidad en la Comunidad Chimborazo es EXCELENTE, desde la comunidad Shobolpamba a la comunidad Gatazo la calidad disminuye a BUENA, y en la cuenca baja la calidad a REGULAR. Durante las campañas de medición en la época seca se ha tenido valores de Calidad MALA en la cuenca baja. El valor máximo de DBO₅ en época seca es de 45 mg/L en el año 2016 en el parque Ecológico. En la investigación realizada por Bautista, (2012) en las partes altas y bajas de los ríos Chimborazo y Chibunga en época de lluvia y de estiaje los valores de DBO₅ aumentan en época de estiaje concordando con los valores obtenidos en esta investigación. El Índice de Calidad de la DBO₅ disminuye de época lluviosa a época seca en 12 unidades decayendo su calidad de BUENA a REGULAR. La disminución de la Calidad del agua en DBO₅ en época seca, muy probablemente se deba a la disminución del caudal aportante.

AÑO	ÉPOCA LLUVIOSA	ÉPOCA SECA
2013		73
2014	83	71
2015	78	63
2016	75	59
2017	74	
PROMEDIO	78	66
	BUENO	REGULAR



Figura 5. Resultados ICA DBO5 anuales y estacionales
Elaborado por: Nancy Veloz

Coliformes fecales (CF)

En época lluviosa y seca, en las campañas de monitoreo los valores de coliformes fecales sobrepasan los valores máximos permisibles indicados en la Tabla 3 del TULSMA 2003 cuyo límite máximo permisible para aguas dulces frías es de 200 NMP/100mL. Desde la comunidad Chimborazo, las concentraciones de coliformes fecales son mayores a 200 NMP/100ml y desde el puente CESA hasta la descarga del río Chibunga al río Chambo son mayores a 30000 NMP/100ml. El Índice de Calidad para coliformes fecales es PÉSIMO en las dos estaciones y las cuatro campañas de monitoreo. Los valores son elevados en la microcuenca por la presencia de actividades ganaderas muy próximas al río, a la descarga de aguas negras y grises de las comunidades asentadas en la zona, en concordancia por los resultados de Torres, (2009), Mendoza (2010), Bautista, (2012), SENAGUA, (2015).

Aceites y Grasas (A+G)

En la normativa ecuatoriana para Calidad del agua, Tabla 2 del TULSMA modificadorio 2015, los valores máximos permisibles para preservación de Flora y Fauna es de 0,3 mg/L. En el puente CESA Riobamba se presenta un valor promedio de 0,4 mg/L siendo este el más elevado de todos los puntos de medición en la época seca con una Calidad de MALA. Los valores con más bajas concentraciones de grasas y aceites se obtuvieron durante la época lluviosa en la Comunidad Chimborazo de 0,04 mg/L en el año 2014, Calidad BUENA, no obstante en el puente CESA y parque Ecológico Riobamba, se siguen presentando las concentraciones más altas con valores superiores a 0,3 mg/L en todas las campañas de medición con Calidad REGULAR. El valor promedio de medición es de 0,28 mg/L en época seca, Calidad REGULAR y de 0,18 mg/L en época lluviosa, Calidad BUENA.

Fosfatos (PO_4^{2-})

De acuerdo a los resultados obtenidos de fosfatos se observa valores menores en época lluviosa desde la comunidad Chimborazo a la comunidad Gatazo con una calidad BUENA, aumentando su concentración desde el puente CESA y disminuyendo su Calidad a REGULAR, el valor máximo se presenta en la desembocadura del río Chibunga al río Chambo en el año 2017 de 0,49 mg/L con Calidad MALA. En etapa seca la concentración de fosfatos aumenta y disminuye su Calidad en todos los puntos de muestreo, la concentración máxima se encuentra en la Parroquia San Luis de 1,21 mg/L en el año 2015, Calidad PÉSIMA. El Índice de Calidad General de fosfatos decrece en todas las campañas, en etapa lluviosa su Calidad es BUENA y decrece en etapa seca a REGULAR.

Nitratos (NO_3)

Los valores de nitratos en época seca y húmeda son inferiores a 13 mg/L, valor máximo aceptado para criterios de calidad Tabla 2, Anexo 1 del TULSMA 2015. Desde el puente CESA a la descarga del río Chibunga al río Chambo se presenta la mayor concentración de nitratos con respecto a los demás puntos encontrándose dentro del rango de aceptabilidad de las normas. El Índice de Calidad General para nitratos en época seca y húmeda en todas las campañas de monitoreo en BUENA.

Tensoactivos

En la normativa ecuatoriana para calidad del agua, Tabla 2 del TULSMA modificadorio 2015, el valor máximo permisible para preservación de flora y fauna en tensoactivos es de 0,5 mg/L; a partir del puente CESA Riobamba se presentan valores mayores al límite permisible, siendo el más elevado 0,0712 mg/L en el parque Ecológico año 2016 con valor de Calidad de MALA. En todos los puntos de medición y campañas de monitoreo en época seca la Calidad es BUENA. En época lluviosa existen dos puntos de monitoreo que salen fuera del límite permisible en el año 2016: 0,684 mg/L en el parque Ecológico Riobamba y 0,546 mg/L en la parroquia San Luis con Calidad MALA. El Índice de Calidad General en todos los puntos y campañas de monitoreo en época lluviosa es BUENA.

Sólidos Suspendidos (SS)

El límite máximo permisible para sólidos suspendidos en el TULSMA modificado 2015 es: máximo incremento de 10% de la condición natural. Se midió los sólidos suspendidos a 1000 m antes de la Comunidad Chimborazo para determinar su concentración natural, siendo la concentración en etapa lluviosa de 92 mg/L y 30 mg/L en época seca. En todos los puntos de muestreo y en todas las campañas en época de lluvia como en época seca no se cumple con la normativa, se presenta un fuerte incremento de sólidos suspendidos a partir del puente CESA Riobamba hasta la descarga del río Chibunga al río Chambo con respecto a la microcuenca en su zona baja. El Índice de Calidad de SS en las dos épocas es MALA.

Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos Totales (ICOSUS)

Evaluando por separado la cantidad de SS presentes en las muestras, teniendo en cuenta la clasificación de Viña, (1997) como se sigue indica en la Tabla 8:

Tabla 8. Concentraciones de referencia de SST para el ICOSUS

Concentración SST (g/m ³ o mg/L)	Calidad
<10	Muy Buena, cuenca alta
10 – 25	Normal, cuenca media – media
25 – 50	Buena, Cuenca media – baja
50 – 75	Buena, Cuenca Baja
75 – 150	Media, Contaminados
150 – 300	Mediocre, Contaminados
>300	Muy Contaminados

Fuente: Viña, 1997

Analizando el Índice ICOSUS según Viña, (1997), se puede observar que los SS para la época seca las comunidades Chimborazo y Shobolpamba presentan calidad buena, a partir del punto tres que es la parroquia San Juan hasta la comunidad Gatazo su calidad decrece a media contaminada por sólidos suspendidos, mientras que se presentan un fuerte incremento en los puntos más bajos de elevación desde el puente CESA-Riobamba hasta la descarga del río Chibunga al río Chambo donde el índice los cataloga de mediocre o contaminado por sólidos suspendidos.

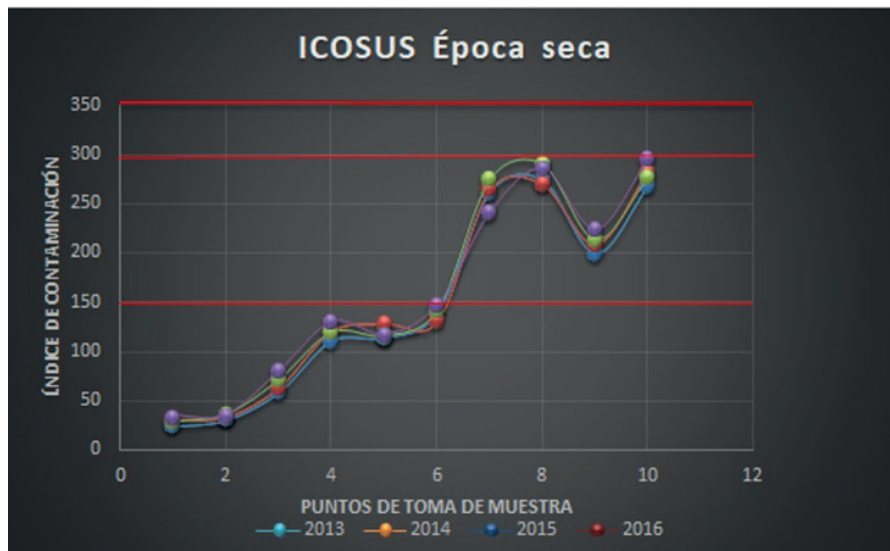


Figura 6. Resultados de ICOSUS para la época Seca
Elaborado: Nancy Veloz

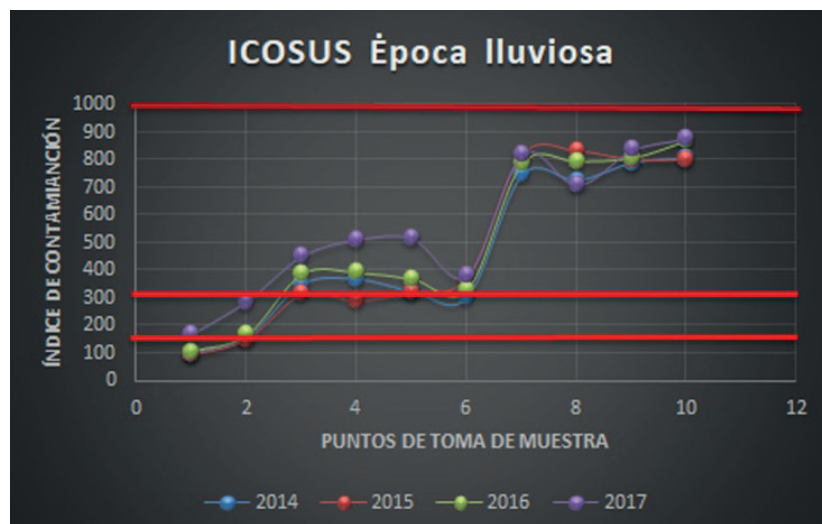


Figura 7. Resultados de ICOSUS para la época Húmeda
Elaborado: Nancy Veloz

Para los puntos de medición de la época húmeda todos los puntos monitoreados son clasificados con un **muy alto grado de contaminación**, esto debido a que nos encontramos en época de lluvias y el aporte de material en suspensión es más fuerte por procesos de erosión o socavación en laderas y cauces del río.

Índice de Calidad del Agua General de la Microcuenca del Río Chibunga

En la Tabla 9 se detalla el Índice de Calidad del agua General para la microcuenca del río Chibunga en época lluviosa. El rango es de 64 a 60, con un Índice de Calidad promedio para la microcuenca de 62, indicando un estado REGULAR o poco contaminado del mismo. El criterio general del Índice de Calidad del agua en el punto 1 Comunidad Chimborazo es ACEPTABLE en todas las campañas de monitoreo. La escala de clasificación del Índice de Calidad del agua para distintos usos al criterio de la SEMARNAP, Comisión Nacional del Agua de México (2008), el agua en este punto

no requiere un sistema de purificación para abastecimiento público, es aceptable para uso de recreación, pesca y vida acuática. A partir de la comunidad Shobolpamba hasta la descarga del río Chibunga al río Chambo su calidad decrece a REGULAR, con requerimientos más estrictos para su uso como es la necesidad de tratamiento para abastecimiento público o no recomendable para recreación.

En época seca de acuerdo a la Tabla 10, la calidad del agua de la microcuenca decrece. El rango en época seca va de 56 a 52, con un Índice de Calidad promedio para la microcuenca de 54, indicando un estado REGULAR o poco contaminado del mismo. Desde el punto 1 Comunidad Chimborazo hasta el punto 6 comunidad Gatazo el criterio de calidad es REGULAR en todas las campañas de monitoreo. De acuerdo a la escala de clasificación del Índice de calidad del agua para los distintos usos SEMARNAP, Comisión Nacional del Agua de México (2008), en este tramo no se requiere un sistema

Tabla 9. Índice de Calidad General de la Microcuenca del río Chibunga en época lluviosa

	2014	2015	2016	2017
Punto 1: Comunidad Chimborazo	74	72	72	70
Punto 2: Comunidad Shobolpamba	70	69	67	68
Punto 3: Parroquia San Juan	68	67	67	66
Punto 4: Union Río Cajabamba con Río Chimborazo	69	69	68	68
Punto 5: Cemento Chimborazo	64	66	64	64
Punto 6: Comunidad Gatazo	62	64	63	62
Punto 7: Puente CESA Riobamba	56	53	52	50
Punto 8: Parque Ecologico Riobamba	56	50	51	46
Punto 9: Parroquia San Luis	58	56	55	50
Punto 10: Union Río Chibunga a Río Chambo	58	55	52	53
Índice de calidad promedio regular	64	62	61	60

Elaborado: Nancy Veloz

Tabla 10. Índice de Calidad General de la Microcuenca del río Chibunga en época seca

	2013	2014	2015	2016
Punto 1: Comunidad Chimborazo	71	70	69	68
Punto 2: Comunidad Shobolpamba	67	66	66	64
Punto 3: Parroquia San Juan	64	60	63	61
Punto 4: Union Río Cajabamba con Río Chimborazo	64	63	63	63
Punto 5: Cemento Chimborazo	59	62	58	56
Punto 6: Comunidad Gatazo	57	59	57	55
Punto 7: Puente CESA Riobamba	44	42	41	39
Punto 8: Parque Ecologico Riobamba	40	32	33	31
Punto 9: Parroquia San Luis	45	39	41	38
Punto 10: Union Río Chibunga a Río Chambo	52	50	47	47
Índice de calidad promedio regular	56	54	54	52

Elaborado: Nancy Veloz

de purificación para abastecimiento público, es aceptable para uso de recreación, pesca y vida acuática, y para uso en industria y agricultura requiere una ligera purificación en algunos procesos. A partir del punto 7 puente CESA al punto 10 desembocadura del río Chibunga al río Chambo su calidad decrece a MALA o tramo contaminado, con requerimientos más estrictos para su uso ya que para uso en abastecimiento público es dudoso requiriendo plantas de tratamiento. Para uso en recreación no es recomendable para contacto directo, es poco el crecimiento de organismos acuáticos o se desarrollan los resistentes y para uso industrial y de agricultura se requiere un tratamiento riguroso. Es necesario su control ya que es el sector de la parroquia San Juan hasta la hacienda Pantaño sus aguas son utilizadas para riego en cultivos de hortalizas.

El promedio de la Calidad del agua en época lluviosa es 62 Calidad REGULAR y decrece en época seca a 54 REGULAR, su disminución en calidad es de 8 puntos en cuatro años y es muy preocupante. Si no existe un control de la microcuenca por parte de los entes controladores (Ministerio del Ambiente, GAD Provincial de la Provincia de Chimborazo, GAD Municipal de Riobamba, Secretaria del Agua) en la descarga de aguas domésticas y residuales sin tratamiento previo, depósito de basura y escombros a lo largo de la microcuenca, uso de pesticidas u otros productos

químicos en cultivos, descarga de excretas de animales, control en la concesión del agua para riego la calidad del río decrecerá aún más; las estadísticas nos indican que en las dos épocas lluviosa y seca en unos quince años la calidad del agua de la microcuenca bajaría de Calidad REGULAR a Calidad MALO o contaminado. Los riesgos si su calidad decrece en el principal uso del agua de la microcuenca del río Chibunga, que es para riego en cultivos y abrevaderos son muy graves, por su afectación en la salud humana, animal y alteración de los niveles tróficos.

Análisis estadístico del ICA

Para determinar si existe correlación entre los valores de Calidad de los parámetros monitoreados de la microcuenca se realizó la matriz de correlación cuyos resultados, determina que existen correlaciones entre los valores de Calidad de los parámetros monitoreados del río. Se realizó la matriz de comunalidades mediante el método de extracción con un análisis de componentes principales que nos indica que las comunalidades son válidas ya que superan el 40% requerido. Se calculó la varianza total explicada mediante análisis de componentes principales que presenta un valor mayor al 65% necesario para el caso y se graficó su sedimentación (Figura 8), lo que nos indica que existen dos componentes que explican

las características del ICA en estudio. Con el método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser se realizó la matriz de componentes rotados que indica la rotación ha convergido en tres interacciones.

La componente 1 muestra que los nitratos, DBO₅, tensoactivos, cadmio, aceites y grasas, sólidos suspendidos, fosfatos y oxígeno disuelto están relacionados entre sí mientras el plomo, muestra una realidad diferente como único elemento de la componente dos, la estación y el pH forman una componente alterna.

La Figura 9 muestra en cada punto cardinal los parámetros monitoreados: al “Este” se representan: el oxígeno disuelto, fosfatos, sólidos suspendidos, aceites y grasas, cadmio, DBO₅, tensoactivos y nitratos formando una sola característica de disminución de la Calidad del agua en las campañas de monitoreo; casi al norte se ubica solitario el plomo el cual no tiene relación con los otros parámetros, ya que es el único parámetro que aumenta la Calidad en cada campaña de monitoreo, lo mismo sucede con el pH que está relacionado con las época de medición, ya que aumenta en invierno y disminuye en verano.

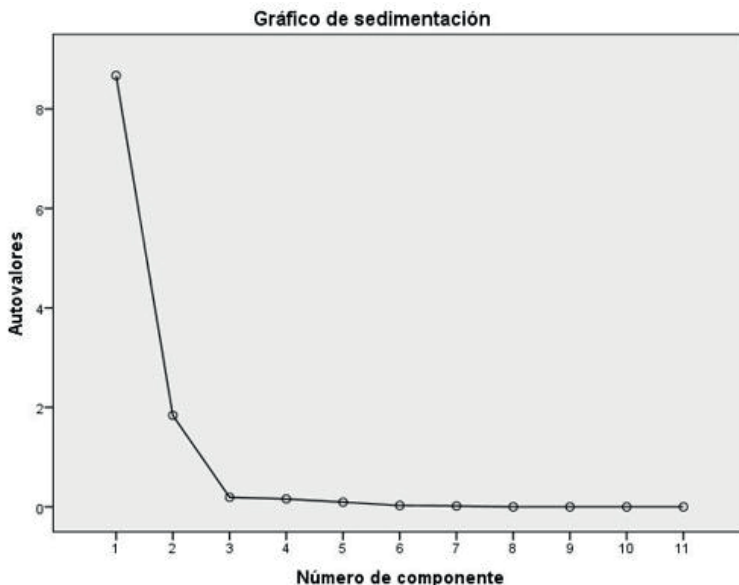


Figura 8. Sedimentación
Elaborado: Nancy Veloz

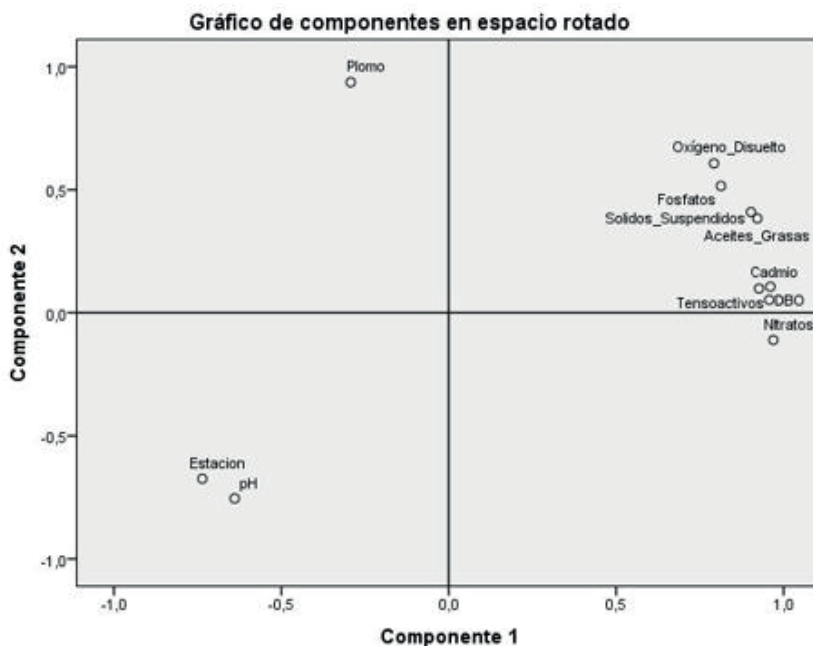


Figura 9. Componentes en espacio rotado
Elaborado: Nancy Veloz

IV. CONCLUSIONES

- Las variables de contaminación relevantes definidas en la investigación que influyen en la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga son: pH, oxígeno disuelto, plomo, cadmio, DBO₅, coliformes fecales, tensoactivos, aceites y grasas, sólidos suspendidos, fosfatos y nitratos.
- Se realizó el cálculo del Índice de Calidad del agua por parámetro y punto de monitoreo. Los parámetros que cumplen con la normativa TULSMA modificado 2015 son el pH, sin embargo, es necesario prestar atención en los puntos medios de medición ya que presentan tendencia a valores altos; el cadmio y los nitratos cuyo control se realizará a partir del puente CESA hasta la descarga del río Chibunga al río Chambo.
- El Oxígeno disuelto presenta valores altos en la parte alta del cauce de la microcuenca y disminuye en los tramos inferiores de la microcuenca a valores críticos especialmente en época seca, debido a la presencia de vertimientos y descargas puntuales en el cauce principal, así como a la pendiente y topografía más uniforme.
- El Índice de Calidad de la DBO₅ disminuye de época lluviosa a época seca en 12 unidades decayendo su calidad de BUENA a REGULAR. La disminución de la Calidad del agua en DBO₅ en época seca, muy probablemente se deba a la disminución del caudal aportante.
- Las concentraciones más bajas de grasas y aceites se obtuvieron durante la época lluviosa en todas las campañas, probablemente porque el caudal aportante es superior al de la época seca, no obstante, en el puente CESA y parque Ecológico Riobamba, se siguen presentando las concentraciones más altas con valores superiores a 0,3 mg/L límite permisible por el TULSMA,
- De acuerdo a los resultados obtenidos de fosfatos se observa valores menores en época lluviosa. En etapa seca la concentración de fosfatos aumenta y disminuye su Calidad en todos los puntos de muestreo decayendo su calidad a REGULAR. Se debe tomar en cuenta el punto 9 parroquia San Luis donde su concentración es muy alta en todas las campañas de monitoreo y su calidad es PESIMA.
- La concentración de Tensoactivos aumenta en puntos específicos donde existe descargas domésticas o industriales incrementándose considerablemente desde puente CESA Riobamba hasta la descarga al río Chambo, De todos los puntos de medición y campañas de monitoreo en época seca y lluviosa la Calidad es BUENA.
- Al contrario de las demás variables de contaminación la Calidad del Plomo aumenta de año a año, en época seca la Calidad aumenta de 29 a 45 con un promedio de 38. En época lluviosa la Calidad aumenta de 32 a 50 con un promedio de 42, la calidad del plomo en las campañas de monitoreo es MALA.
- Desde la comunidad Chimborazo, las concentraciones de coliformes fecales son mayores a 200 NMP/100ml y desde el puente CESA-Riobamba hasta la descarga del río Chibunga al río Chambo en promedio son mayores a 30000 NMP/100ml en ambas épocas de medición y durante todas las campañas. La calidad es PESIMA.
- El Índice ICOSUS para SS en época seca decrece de calidad buena en la zona alta de la microcuenca, a media contaminada en la zona media presentando un fuerte incremento en los puntos más bajos de elevación desde el puente CESA-Riobamba hasta la descarga del río Chibunga al río Chambo donde el índice los cataloga de mediocre o contaminado por sólidos suspendidos. Para los puntos de medición de la época húmeda todos los puntos monitoreados son clasificados con un muy alto grado de contaminación.
- Se evaluó la calidad del agua a través del tiempo para las dos estaciones presentes en la microcuenca del río Chibunga. Se estableció que ambas estaciones se encontraban para ese período de tiempo en calidad REGULAR con tendencia a su valor bajo de 52 en época seca, existiendo una tendencia en disminución de la calidad de agua para cada punto de monitoreo en un período de 4 años. Esta tendencia fue útil para precisar cómo ha empeorado con el tiempo la calidad del agua en la microcuenca, y de no existir un plan de control la calidad del agua disminuiría a MALA.

V. BIBLIOGRAFÍA

- APHA. (2017). Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington D.C. USA
- Arellano, A. (2010). Manual Técnico del Parque Temático "Riobamba". paseo ambiental. Riobamba, Ecuador.
- Baustista, V. (2012). Estudio de la Calidad del agua de la cuenca del río Chambo en época de estiaje. Riobamba, Ecuador.
- Brown, R. (1970). A Water Quality Index - Do We Dare. En R. Brown, N. Maclelland, R. Deininger, & S. Tozer, Water and Sewage Works (Volumen 11). USA.
- Carbajal, A. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. En M. Vaquero, & L. Toxqui, Agua para la salud, pasado, presente y futuro (págs. 33-45). Madrid: CSIC.
- CEPAL. (2013). Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador. Quito, Ecuador: Senagua.
- CNRH. (2007). Estudio Hidrológico de la subcuenca del río Chambo e implementación de un modelo hidrológico. Quito, Ecuador.
- Dalkey, N. (1985). The Delphi Method: An experimental study of group opinion. En N. C. Dalkey, D. L. Rourke, R. Lewis, & D. Snyder, Studies in the Quality of life: Delphi and decision-making. Lexington, USA: Lexington Books.
- Falk, R. (2002). La Globalización depredadora: Una crítica Siglo XXI. Madrid: España Editores.

10. Ilustre Municipio de Riobamba. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba 2015-2030. Riobamba, Ecuador: Consejo Cantonal.
11. Mendoza, B. (2010). Diagnóstico y propuesta para la conservación de la microcuenca del río Chibunga. Riobamba, Ecuador.
12. Ministerio de Agricultura, A. y. (2015). Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 817/2015. Madrid, España.
13. Ministerio del Ambiente. (2015). Anexos a la Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, TULSMA. Quito, Ecuador: Corporación de estudios y publicaciones.
14. Ministerio del Ambiente. (2015). Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Quito, Ecuador: Corporación de estudios y publicaciones.
15. Rojas, L. (2009). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. Cuba@ Medioambiente y Desarrollo. Revista electrónica de la Agencia de Medioambiente, La Habana, Cuba.
16. Secretaria del Agua. (2014). Informe de la Calidad del agua de la cuenca del río Chambo y Pastaza. Demarcación Hidrográfica Pastaza 2013. Nro. 086-MBD-VRC-STRH-DGCA-SENAGUA-2014. Quito - Ecuador.
17. SEMARNAT. (2008). Indicadores de Calidad del Agua. México D.F, México: Dirección General de Estadística e Información Ambiental.
18. Torres, J. (2009). Evaluación del Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Parque Lineal Chibunga, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Riobamba, Ecuador: Tesis de Ingeniería - ESPOCH.
19. Viña, G., Restrepo, R., & Ramírez, A. (1997). Cuatro Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales, Formulación y aplicación. CT&F, Ciencia, tecnología y futuro, 135-156.