

INFLUENCIA ANTRÓPICA EN LA CALIDAD DE AGUA

María Lorena Cadme Arévalo (Universidad Técnica Estatal de Quevedo); Emily Lisbeth Ramos Guillín (Universidad Técnica Estatal de Quevedo); Betty Beatriz González Osorio (Universidad Técnica Estatal de Quevedo); Raisha Lorena García Cadme (Universidad de Barcelona)

RESUMEN:

La actual Constitución del Ecuador establece normas que obligan al Estado a velar por un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, por lo cual, la principal preocupación sociopolítica de los gobiernos seccionales y estatales es contribuir a la gestión de los recursos hídricos para brindar a la ciudadanía agua de calidad, sin embargo, la creciente contaminación del río Chibunga, localizado en el cantón Riobamba de la provincia del Chimborazo, a una temperatura promedio de 14 °C con una altura de 4995 msnm y una precipitación de 561 mm, es un tema de interés social y gubernamental. Es pertinente entonces determinar la influencia antrópica en la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga. La toma de muestras y análisis de agua se basó en la metodología establecida por Brown 2000; las variables de repuestas analizadas son los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y se aplicó un diseño completo al azar. Los datos fueron analizados en el programa IQADATA (método NSF) y los resultados reportan que los contaminantes vertidos al agua son provocados por asentamientos humanos, actividades agrícola y ganadera, animales y basura desalojada a las orillas del río, descarga de canales de riego y aguas residuales. La caracterización física, química y microbiológica presento valores de 6.99 a 8.61 para pH; 2.61 a 200 UNT para turbidez; 166 a 271 mg/L en los sólidos disueltos totales; 1.7 a 8.56 mg/L para los fosfatos; de 4 a 40 mg/L en la DBO₅; 5300 a 210000 UFC/100ml en el análisis de coliformes fecales; de 2.3 a 6.41 para nitratos; 1.9 a 6.8 mg/L en oxígeno disuelto; y, 11 a 15.2 °C. en la temperatura. La calidad del agua en la microcuenca del río Chibunga, según el método de Brown, va desde 12.4 a 32.524 con una calificación promedio de 22.75 equivalente a agua de mala calidad y según el programa IQADATA (método NSF) va desde 13.49 a 43.32, ubicándose el ICA a 30,46 le corresponde la escala agua de mala calidad. Lo que indica que el agua de este río no puede ser utilizado de manera directa por la población.

PALABRAS CLAVES: agua, índice de calidad, asentamientos humanos

ABSTRACT

The current Constitution of Ecuador establishes norms that oblige the State to ensure a healthy and ecologically balanced environment, which is why the main sociopolitical concern of the sectional and state governments is to contribute to the management of water resources to provide citizenship quality water, however, the increasing contamination of the Chibunga River, located in the Riobamba canton of Chimborazo province, at an average temperature of 14 ° C with a height of 4,995 m and a precipitation of 561 mm, is a subject of social and governmental interest. It is therefore pertinent to determine the anthropogenic influence on the water quality of the microbasin of the Chibunga river. The sampling and analysis of water was based on the methodology established by Brown 2000; The variables of the analyzed answers are the physical, chemical and microbiological parameters and a complete random design was

applied. The data was analyzed in the IQADATA program (NSF method) and the results report that the pollutants discharged into the water are caused by human settlements, agricultural and livestock activities, animals and garbage discharged on the banks of the river, discharge of irrigation channels and waters residuals. The physical, chemical and microbiological characterization presented values of 6.99 to 8.61 for pH; 2.61 to 200 NTU for turbidity; 166 to 271 mg / L in the total dissolved solids; 1.7 to 8.56 mg / L for phosphates; from 4 to 40 mg / L in BOD5; 5300 to 210000 CFU / 100ml in the analysis of fecal coliforms; from 2.3 to 6.41 for nitrates; 1.9 to 6.8 mg / L in dissolved oxygen; and, 11 to 15.2 ° C. in the temperature. The quality of the water in the Chibunga river microbasin, according to Brown's method, ranges from 12.4 to 32,524 with an average rating of 22.75 equivalent to water of poor quality and, according to the IQADATA program (NSF method), ranges from 13.49 to 43.32. the ICA at 30.46 corresponds to the water scale of poor quality. What indicates that the water of this river can not be used directly by the population.

KEYWORDS: water, quality index, Human settlements

INTRODUCCION

El recurso hídrico es básico para el mantenimiento de los ecosistemas, los cuales a su vez, son un prerequisite para la regeneración de este recurso vital en los diferentes procesos físicos y biológicos, tanto en el uso y consumo humano, como en la producción agrícola, pecuaria, forestal e industrial (Azpilcueta, Pedroza, Sanchez, Salcedo y Trejo, 2017).

El agua de los ríos ha jugado un papel importante durante la evolución de las sociedades humanas. Debido a que, desde una perspectiva hidrológica desempeñan un papel medular en el ciclo global del agua entre el mar, el aire y la tierra; junto con los acuíferos subterráneos acumulan precipitación y escurrimiento hacia el mar que, a su vez, continúa el ciclo y regresa la humedad a la tierra por medio de la atmósfera. Este ciclo renueva constantemente el abasto limitado de agua en los continentes y, por tanto, sustenta toda la vida sobre la tierra. Desde un punto de vista humano, los ríos son las principales fuentes de agua para beber, cocinar, bañarse y cultivar en lugares donde las precipitaciones no son suficientes, para generar energía eléctrica y para manufacturar todo tipo de artículos materiales (Postel y Richter, 2003).

El líquido vital se encuentra bajo una presión constante debido al aumento de la demanda y a la disminución de la disponibilidad del agua. Es decir, hay una creciente competencia, cada vez más drástica, que genera continuos conflictos. La competencia no sólo se limita a la cantidad; sino también a su calidad, lugar y temporalidad (López y Olazábal, 2007).

La contaminación del agua se ha convertido en un problema grave. Se estima que cerca del 40% de la población mundial no tiene acceso a servicios de saneamiento adecuados y el mayor impacto lo sufren aquellos países en vías de desarrollo, que descargan cerca del 90% de sus aguas residuales sin ningún tratamiento a los ríos, lagos y zonas costeras, contaminando así sus fuentes de abasto (Olguín, González, Sánchez, Zamora y Owen, 2010).

Los problemas de contaminación causados por el hombre a sus fuentes inmediatas de

agua no solo acaban la vida en estos ecosistemas, sino que ponen en peligro su salud y agravan los problemas económicos de la sociedad, al tener que transportar agua desde lugares cada vez más lejanos e invertir en costosos tratamientos de la misma (Roldán y Ramírez, 2008).

En el caso de Ecuador, la sociedad enfrenta un enorme desafío: la extinción de las especies de agua dulce va en aumento; las funciones de ecosistemas que sustentan toda forma de vida, incluida la provisión de servicios que benefician la economía humana, van en descenso; no obstante, la población humana y su consumo de agua siguen creciendo, llevando a niveles exorbitantes la demanda de agua, alimento, energía y bienes. En los últimos años, la microcuenca del río Chibunga, como otras microcuencas de la provincia de Chimborazo, ha venido deteriorando su calidad del agua provocando la disminución del caudal y a su vez la pérdida de ecosistemas, debido a las prácticas antropogénicas realizadas sin control y a la limitada regulación.

Mediante esta investigación se evaluó la descarga de desechos contaminantes y la calidad de agua del río Chibunga, cantón Riobamba.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en la provincia del Chimborazo, la cual mantiene 657.700 hectáreas con alturas que bordean los 6.300 m., sus límites son: al Norte con las comunidades del cantón Riobamba, al Sur con el cantón Chambo, al este con el cantón Riobamba y al Oeste con el cantón Colta. De acuerdo al censo del año 2010, mantiene una población de 458.581 habitantes que va en aumento, a una tasa de crecimiento de 1,42%. Es una provincia eminentemente andina, el 38% de su población es indígena, El 66,5% de su población vive en situación de pobreza, el 48.8% de los niños y niñas padece desnutrición y el 10% de la población es analfabeta (Villacís y Carrillo, 2012). El 35,1% se dedica a la agricultura y la ganadería. El riego comunitario ha pasado a constituirse en una necesidad básica para la sobrevivencia de las familias rurales, ya que es el factor que asegura y acelera la productividad (Dávila y Olazával, 2006). Dentro de esta provincia se encuentra el río Chibunga, el cual tiene una distancia de 5,28 km y (Figura 1)

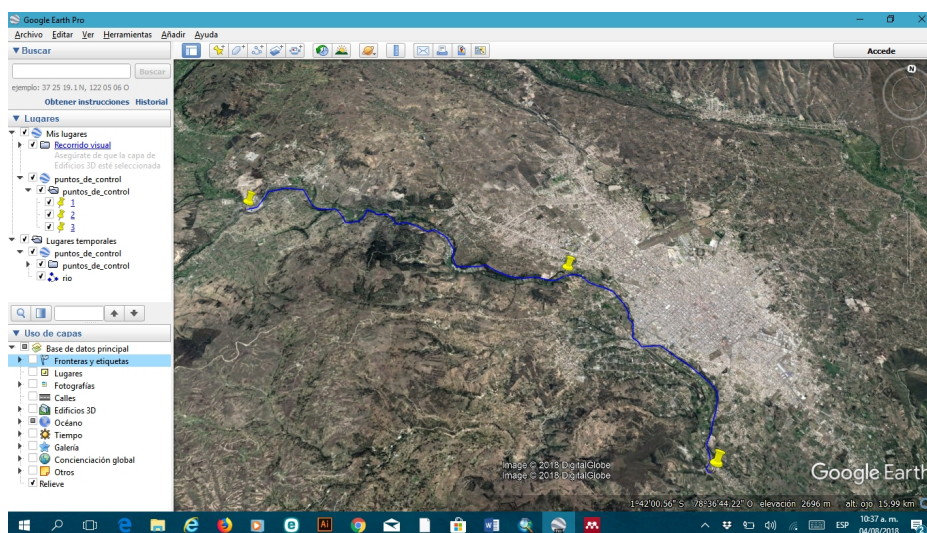


Figura N°1.- Ubicación geográfica del río Chibunga

La metodología de la investigación se basó en el método experimental y analítico para determinar la calidad del agua, considerando: la delimitación del área de estudio, las fases de inspección y muestreo, análisis de la muestra y evaluación de la calidad de agua. Se estableció tres puntos de muestreo: P1 (Puente Cemento Chimborazo), P2 (Ricpamba) y P3 (San Luis). Para la determinación de los desechos contaminantes vertidos al río Chibunga se consideró la actividad agrícola y ganadera, presencia de animales en el margen del río, crecimiento de los asentamientos humanos y la descarga de desechos contaminantes urbano.

El análisis químico y microbiológico del agua se estableció considerando: a) ubicación de las instalaciones de monitoreo, b) análisis físico, químico y microbiológico, c) calidad del agua, d) índice de calidad del agua (ICA), e) asignación del uso del agua y d) medición y cálculo del caudal.

La selección de los puntos de muestreo se fundamentó en los criterios de accesibilidad, representatividad y accesibilidad. La toma muestras se realizó en tres puntos de muestreo siguiendo los apartados establecidos en la Normas Técnicas Ecuatorianas: NTE INEN 2169:98 y NTE INEN 2176:98, para el análisis de las muestras se siguió las normas NTE INEN 1105:1983. Los resultados de los análisis (físico, químico y microbiológicos), se compararon con los valores de referencia establecidos en la normativa nacional 1108 (INEN, 1998), Acuerdo ministerial N° 097 (TULSMA, 2015) y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), las cuales refieren el criterio de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico.

Para calcular el ICA se utilizó la ecuación del promedio geométrico ponderado, índice de Brown. Los parámetros utilizados en este modelo son: porcentaje de oxígeno disuelto (%O), fosfatos (mg/l), nitratos (mg/l), pH, turbiedad (NTU), sólidos totales disueltos (mg/l), variación de la temperatura (°C), coliformes fecales (NMP/100 ml) y demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) (Torres *et al.*, 2009).

El análisis del ICA del río Chibunga se realizó considerando la normativa del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, el Índice de Calidad de Agua (ICA) propuesto por Brown *et al* (1973) (Tabla 1).

Criterio general	Abastecimiento público	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y acuática
No contaminado	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación
Aceptable	Ligera purificación			Ligera purificación para algunos procesos
Poco contaminado	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable no recomendable	Aceptable excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para industria normal
Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
		Sin contacto con el agua		

Altamente contaminado	No Aceptable	Señal de contaminación No aceptable	No aceptable	Uso muy restringido No aceptable

El procesamiento de los datos se fundamentó en relación a los límites máximos permisibles establecidas en las normas INEN, TULSMA y OMS y se determinó los parámetros que mantienen rangos aceptables que permiten el uso del agua del río Chibunga para consumo humano.

Los valores del ICA se calcularon mediante fórmulas y el programa IQADATA. El análisis se realizó de acuerdo a los criterios establecidos en las Normas NSF, método de Brown y al Instituto Mexicano Tecnológico de Agua.

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Contaminantes vertidos al río Chibunga

Se determinó diferentes factores de contaminación del río “Chibunga”, las cuales generan la grave problemática de la calidad de agua con sus consecuentes afectaciones a la población, (Tabla2), En el punto de muestro (P1) existe asentamientos humanos los cuales, junto con los trabajadores de empresas del sector generan basura. Además, existe una vía improvisada a un lado del río, la cual permite el paso de vehículos (volquetas) que trasladan materia prima y productos con valor agregado de la empresa, cuya movilización no se realiza con las precauciones necesarias, por lo cual, durante su recorrido liberan partículas de desechos contaminantes al aire, los cuales por acción del viento y peso molecular son arrastrados hasta el río Chibunga.

En el P2 existe la presencia de asentamientos humanos, basura en el margen del río y descarga del agua de canal de riego de “El Batán”, la cual, según los análisis de agua contiene restos de plaguicidas agrícolas; y en el P3 ,se localizó presencia de ganado vacuno y basura desalojada por la comunidad, lo cual conlleva a que el agua de este río sea alimentado por heces fecales, material plástico, madera, hierro, restos agrícolas y alimenticios en estado de putrefacción, los cuales deterioran la calidad del agua y limitan su uso para diferentes fines.

Tabla 2. Factores contaminantes del río Chibunga

Factores	Puente Cemento Chimborazo (P1)	Ricpamba (P2)	San Luis (P3)
Asentamientos humanos	x	x	x
Actividad agrícola y ganadera			x
Animales en el margen del río			x
Basura en el margen del río	x	x	x
Presencia de industrias	x		
Descarga de canales de riego		x	x
Carreteras laterales al río	x		

3.2. Análisis químico y microbiológico

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en los tres puntos de muestreo se presentan en la Tabla 3. El valor del pH en los tres puntos estudiados presenta valores superiores a 7 y se encuentra en el rango de aceptabilidad para los criterios utilizados (INEN, TULSMA, OMS), un pH de 6.0 es 10 veces más ácido que un pH de 7.00 y, un pH de 5 es 100 veces más ácido que un pH de 7.0. El efecto del pH tiene efectos en muchas fases del tratamiento de aguas, tales como: coagulación, cloración y ablandamiento del agua.

La temperatura tiene una relación directa con los factores que determinan la calidad del agua tales como: DBO y oxígeno disuelto que influye en la supervivencia de algunas especies importantes para los ecosistemas acuáticos (García, 2013). Como se puede observar, el sector San Luis presenta la temperatura más baja en las tres fechas, hay **menor oxígeno disuelto y mayor sólidos disueltos totales, a bioquímica de oxígeno (5 días).**

La turbidez se encuentra dentro de los límites permisibles de acuerdo al TULSMA. Valores superiores pueden deberse a la erosión natural de las cuencas que aportan sedimentos a los cauces de los ríos (origen inorgánico) y la contaminación causada por la industria o por desechos domésticos de origen orgánico (Sierra, 2016).

Los sólidos disueltos en el agua se encuentran dentro de los límites permisibles, notándose valores más altos en el punto de muestreo tres debido proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentías urbanas y desechos industriales.

Los valores de fosfatos van desde 1.7 a 8.56 mg/L, los cuales sobrepasan el límite máximo permisible de acuerdo a la OMS (1 mg/L). Se encuentran en los fertilizantes químicos y los detergentes (García, 2013); los cuales pueden llegar a agua con el escurrimiento agrícola y las descargas de aguas servidas que se las hace sin ningún tipo de tratamiento.

Todos los valores de nitratos obtenidos en las tres fechas y los tres puntos de estudio se encuentran debajo de los límites permisibles en los tres criterios de calidad considerados, lo que indica, que el agua del río no presenta contaminación con fertilizantes nitrogenados.

Los análisis de DBO5 detectaron que todas las muestras presentan niveles superiores al valor establecido en el TULSMA, lo que indicaría la existencia de contaminación por la descomposición de materia orgánica debido principalmente a aguas residuales de origen doméstico.

El sector San Luis presenta los valores más altos (92000-210000 NMP/100 ml) de coliformes fecales, lo cual puede estar influenciado al uso de productos químicos por parte de las comunidades, quienes se dedican a la actividad agrícola y ganadera.

En el sector San Luis, los valores de oxígeno disuelto oscilan entre 1.9 a 3.1 mg/L lo cual puede deberse a la descarga de aguas residuales dirigida al cauce del río, sin embargo, se mantienen en el límite mínimo de oxígeno que debe tener un río para mantener la vida acuática (5 mg/l OMS) . en agua con bajos niveles de OD, algunas especies de peces y otros organismos no pueden sobrevivir (García, 2013).

Tabla 3. Calidad del agua para consumo humano

	UNID ADES	CRITERIOS			Puente Cemento Chimborazo			Ricpamba			San Luis		
		INE N	TULS MA	OMS	23/05/208	28/05/208	02/06/208	23/05/208	28/05/208	02/06/208	23/05/208	28/05/208	02/06/208
Potencial de hidrogeno	pH	-	6-9	6,5-9,2	8,54	6,99	8,05	8,61	7,07	8,2	8,05	7,11	7,85
Turbidez	UNT	5	100	5	5,11	99,5	2,61	26,2	<200	4,32	4,7	181	35,3
Solidos disueltos totales	mg/L	-	-	1000	192	182	204	186	166	208	218	196	271
Fosfatos	mg/L	-	-	1	<1,7	5,48	5,03	<1,7	6,34	5,35	<1,7	5,43	8,56
Nitratos	mg/L	50	50	50	<2,3	4,37	2,3	<2,3	6,41	2,42	<2,3	4,52	2,3
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	mg/L	-	<2	-	8	20	4	15	10	5	20	30	40
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,1	1000	-	9400	8400	5300	22000	5800	15000	16000	21000	9200
Oxígeno disuelto	mg/L	-	-	5	6,5	6,7	6,8	6,7	5,7	6,6	3,1	1,9	2,5
Temperatura agua	°C	-	-	-	11	13	12,5	11,5	14	13	12,4	15,2	15

3.2. Índice de Calidad (ICA)

Los resultados reportan que las muestras tomadas en el puente Cemento Chimborazo tiene el ICA más alto (22,183 a 32,254) con un promedio de 27,972; le sigue el sector Ricpamba con valores que oscilan de 22,708 a 26,501 y un promedio de 25,015. El sector San Luis mantiene valores de 12,400 a 19,595 con un promedio de 15,278. Lo expuesto permite considerar que el punto localizado en el Puente Cemento Chimborazo mantiene un índice de calidad de agua más alto, sin embargo de acuerdo a los criterios del Instituto Mexicano Tecnológico de Agua y el Método elaborado por Brown, se mantiene en la categorización considerada como agua de mala calidad.

El programa IQADATA permitió realizar el cálculo del índice de calidad de agua utilizando el criterio ICA-NSF y obtener la siguiente gráfica (Figura N° 2). se obtuvo que, el Puente Cemento Chimborazo tiene un índice de 29,23 – 43,32 que equivale a un índice de calidad de agua MALO, Ricpamba tiene un índice de 28,29 – 37,43 que equivale a MALO y San Luis de 13,49 – 24,36 que equivale a MUY MALO.

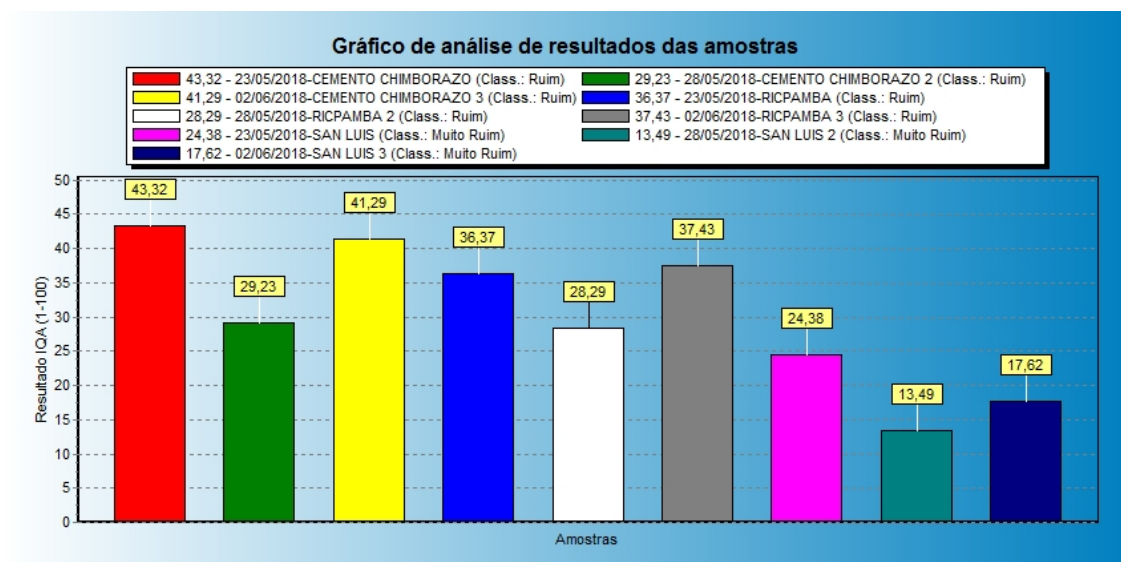


Figura N° 2.- Índice de calidad de agua del río Chibunga en el programa IQADATA.

De acuerdo al Instituto Mexicano Tecnológico de Agua, los valores obtenidos en las muestras del Puente Cemento Chimborazo, corresponden a un río altamente contaminado y, según lo establecido en el método de Brown y el ICA-NSF, los resultados la identifican como agua de mala calidad; lo cual puede deberse a la poca capacidad del río para autodepurarse, así como, que en su recorrido es alimentado por descargas de aguas.

Los tres criterios de análisis de calidad aplicados en este estudio, reportan que el sector San Luis mantiene agua altamente contaminada o de pésima calidad, por lo que de acuerdo a la Tabla N°4, no es aceptable para: abastecimiento público, recreación, pesca y vida acuática ni para el uso industrial, lo cual puede deberse a la baja temperatura, la presencia de mayor cantidad de sólidos disueltos totales y coliformes fecales, así como, a la demanda bioquímica de oxígeno. El 62.8% de la población económicamente activa localizada en el sector San Luis se dedica a la actividad agrícola y ganadera, lo que puede incidir en la mayor presencia de SDT, CF, DBO y el nivel de contaminación detectado.4

Tabla N° 4. Índices de calidad de agua del río Chibunga

Puntos	Criterios	Fechas						Σ
		23/05/2018		28/05/2018		01/06/2018		
		ICA	Equivalencia	ICA	Equivalencia	ICA	Equivalencia	
Puente Cem. Chimborazo	Inst. Mexicano	29,480	Contaminado	22,183	Altamente contaminado	32,254	Contaminado	27,972
	M. de Brown		Mala		Pésima		Mala	
Ricpamba	Inst. Mexicano	25,836	Altamente contaminado	22,708	Altamente contaminado	26,501	Altamente contaminado	25,015
	M. de Brown		Mala		Pésima		Mala	

San Luis	Inst. Mexicano	19,595	Altamente contaminado	12,400	Altamente contaminado	13,841	Altamente contaminado	15.279
	M. de Brown		Pésima		Pésima		Pésima	

CONCLUSIONES.

- Se determinó que los factores contaminantes presentes en los tres puntos de estudio son los asentamientos humanos y basura localizada al margen del río Chibunga.
- La caracterización física, química y microbiológica presento valores de 6,99 a 8,61 para pH; 2.61 a 200 UNT para turbidez; 166 a 271 mg/L en los sólidos disueltos totales; 1.7 a 8.56 mg/L para los fosfatos; de 4 a 40 mg/L en la DBO₅; 5300 a 210000 UFC/100ml en el análisis de coliformes fecales; de 2.3 a 6.41 para nitratos; 1,9 a 6,8 mg/L en oxígeno disuelto; y, 11 a 15,2 °C. en la temperatura.
- Las precipitaciones influyen en algunos parámetros ya que el 28/05/2018 hubo precipitaciones durante dos días previos a la recolección de la muestra y en las otras fechas no las hubieron, lo cual, podría haber incidido en los parámetros antes mencionados.
- San Luis es el sector que presenta más contaminación, esto se debe a que no existe autodepuración en este tramo del río ya que el oxígeno disuelto es bajo en comparación con los el puente Cemento Chimborazo y Ricpamba. Además, en este punto se observa alteración de aspectos ambientales como presencia de basura, animales en el margen del río y parámetros que superan los límites permisibles.
- La calidad del agua en la microcuenca del río Chibunga, según el método de Brown, va desde 12.4 a 32.524 con una calificación promedio de 22.75 equivalente a MALA y según el programa IQADATA (método NSF) va desde 13.49 a 43.32, con una calificación promedio de 30.46 equivalente a MALA.
- Al comparar la clasificación del ICA con el tratamiento del agua se observa que la complejidad varía de acuerdo con el nivel de calidad, lo que conlleva que el agua del río Chibunga sea considerada como un agua de mala calidad (San Luis) por lo que debe ser sometida a tratamiento a fin de que sean aptas para consumo humano.

RECOMENDACIONES.

- Ampliar la investigación, considerando el muestreo en diferentes áreas, tales como: Sitio de descarga de desechos de la empresa "Cemento Chimborazo", Parque lineal "Chibunga", a la entrada y salida del sector "San Luis" y, el sector donde se une el río Chibunga con el río Chambo, en el que se incluya el análisis de metales pesados, grasas y aceites en periodo de verano e invierno, de tal manera que se permita determinar la variación del índice a través del

tiempo.

- Ejecutar estrategias que disminuyan los niveles de contaminación y mejoren la calidad del agua de este afluente para consumo humano.
- Implementar programas de educación ambiental para que la población conozca cómo proteger las cuencas hidrográficas.

BIBLIOGRAFÍA

- Azpilcueta, M., Pedroza, A., Sanchez, I., Salcedo, M. del R., & Trejo, R. (2017). Calidad química del agua en un área agrícola de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la comarca lagunera, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1), 75–83. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.07>
- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A., & Landwehr J.M. *Validating the WQI*. The paper presented at national meeting of American Society of Civil Engineers on Water Resources Engineering. Washington, D.C.: 1973. García, J. (2013). *Análisis de la calidad del agua de los afluentes de la cuenca alta del Río Lempa y residuos de plaguicidas en la producción hortícola. Región Trifinio 2010-2012*. Ocoatepeque, Honduras: Mancomunidad Trinacional Fronteriza río Lempa. Retrieved from <http://trinacionalriolempa.org/mtrf/archivos/biblioteca/publicaciones/publicaciones/analisis-de-calidad-del-agua.pdf>
- INEN. Norma técnica Ecuatoriana Nte. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de las muestras. (1998). Quito: Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- López, W., & Olazábal, H. (2007). Propuesta para la gestión y manejo integrado de la cuenca del río Chambo: gestión de cuenca a partir del balance hídrico. In Foro de los Recursos Hídricos (Chimborazo): GTP (Ed.), *Gestión integrada de cuencas hidrográficas* (pp. 20–28). Riobamba. <https://doi.org/9789978226643>
- Olgún, E., González, R., Sánchez, G., Zamora, J., & Owen, T. (2010). Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 1(2), 178–190. Retrieved from <http://uniciencia.ambientalex.info/revistas/vol1n25.pdf>
- OMS. (2006). *Guías para la calidad de agua potable*. Ginebra-Suiza.
- Postel, S., & Richter, B. (2003). *Ríos para toda la vida: La gestión del agua para las personas y la naturaleza* (1a ed.). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia.

Sierra, C. (2016). *Calidad del Agua: evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Mc Graw-Hill.

Torres, J. (2009). *Evaluación de impacto ambiental y plan de manejo ambiental del proyecto lineal Chibunga, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

TULSMA. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. (2015). Quito: Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.