

CALIDAD DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR-ECUADOR.

WATER QUALITY OF THE MICRO-BASIN OF RIVER ILLANGAMA GUARANDA CITY, BOLIVAR PROVINCE – ECUADOR.

Nelson Monar Gaviláñez⁽¹⁾, Martha González Rivera⁽¹⁾, Eduardo Cruz Tobar⁽²⁾, Victor González Rivera⁽¹⁾, Laura Chávez Coloma⁽¹⁾, Sonia Fierro Borja⁽¹⁾, Ruben Saltos Espín⁽³⁾.

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente,
Escuela de Ingeniería Agronómica UEB, monarnelson@yahoo.es

⁽²⁾ Universidad Técnica de Ambato.

⁽³⁾ Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP).

Resumen: Se evaluó el flujo hídrico, las características fisicoquímicas y biológicas de los cuerpos de aguas de la Microcuenca del Río Illangama. La investigación se efectuó bajo un muestreo aleatorio estratificado. Se dividió en 3 secciones, parte alta, media y baja, donde se tomaron muestras de agua y se determinaron los parámetros de calidad. El análisis reportó la contaminación del agua principalmente por metales como: Fe de 0,26 a 1,85 mg/l; Cr⁶⁺ de 0,034 a 0,07 mg/l y Cu de 0,18 a 1,81 mg/l, que exceden el límite máximo permisibles de la normativa vigente para consumo humano y la existencia de flora y fauna. El incremento de las actividades antropogénicas en las zonas altas de la microcuenca provoca la contaminación de los ecosistemas acuáticos, generando cambios en las concentraciones de los parámetros de calidad del agua. Éstos indicadores serán de utilidad para los organismos gubernamentales tomadores de decisiones.

Palabras Claves: Calidad de agua, Caudal de agua, Microcuenca.

Abstract: The water flow, the physicochemical characteristics and biological properties of the bodies of waters of the Micro-basin of River Illangama was evaluated. The research was conducted under a stratified random sampling. It was divided into 3 sections, upper, medium and low, where water samples were taken and the quality parameters were determined. The analysis reported water contaminated by metals mainly as: Fe 0.26 to 1.85 mg/l; Cr⁶⁺ from 0.034 to 0.07 mg/l Cu and 0.18 to 1.81 mg/l, exceeding the maximum permissible limit of the current regulations for human consumption and the existence of flora and fauna. The increase of anthropogenic activities in the upland areas of the micro-basin causes contamination of aquatic ecosystems, causing changes in the concentrations of water quality parameters. These indicators will be useful for government agencies decision makers.

Keywords: Water quality, Water flow, Micro-basin

Recibido: 22 - 10 - 2015

Aceptado: 04 - 04 - 2016

Publicado como artículo científico en Revista de Investigación Talentos III. (1) 42-51

I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) destacan que en el año 2012, el 89 % de la población mundial tenía acceso a una fuente mejorada de agua, si bien, el progreso ha sido desigual entre regiones, zonas urbanas y rurales, y las poblaciones desfavorecidas, aún 784 millones de personas sin acceso a fuentes mejoradas, de los cuales el 90 % vive en zonas rurales.

Para Benez *et al.*, (2010), cuenca es un término geográfico e hidrológico referido al área de captación y drenaje del agua de lluvia, que fluye hacia una corriente principal. Por lo tanto, es una unidad natural, que constituye la unidad territorial principal donde el agua, proveniente del ciclo hidrológico, es captada, almacenada y está disponible para usos múltiples. Además de ser los territorios donde ocurre el ciclo hidrológico, las cuencas conforman espacios geográficos donde grupos y comunidades comparten identidades, tradiciones y cultura, y en donde socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos naturales.

La cuenca hidrográfica como parte del paisaje, es la unidad geomorfológica que integra todos los factores físicos, biológicos y antropogénicos, los conjuga y los manifiesta de forma directa en su comportamiento hidrológico; de esta manera es posible estudiar el comportamiento de algunos componentes del ciclo hidrológico a corto, mediano y largo plazo, y establecer tendencias que permitan la planificación del uso del suelo, vegetación y agua, Villegas *et al.*, (2011). La escasez de agua se ha convertido en una importante amenaza para la seguridad alimentaria, la salud humana y los ecosistemas naturales. Las cuencas tienen dos funciones principales; una función hidrológica se refiere a la recolección de agua, almacenamiento y descarga y las cuencas tienen una función Ecológica. Las actividades humanas y biológicas en una cuenca deben ser reconocidas, como si el impacto que éstas pueden tener sobre los recursos hídricos, tierras y bosques. Las características topográficas y físico - químicas son importantes en el con-

trol de la calidad del agua en relación con los sistemas de cuencas hidrográficas de uso del suelo, Rymbai, *et al.*, (2012).

Según Leandro *et al.*, (2010), la calidad del agua - considerando factores físicos, químicos y biológicos, complementados con información sobre las formas, intensidad y permanencia de la contaminación-, constituye un insumo fundamental para la toma de decisiones para la gestión integrada del recurso hídrico; entendida esta como la “administración y el desarrollo armoniosos del agua, el suelo y los recursos relacionados, para optimizar el bienestar económico y social, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”.

La cobertura vegetal de la microcuenca corresponde a especies nativas arbóreas y arbustivas como el yagual (*Polylepis incana*), quishuar (*Buddleja incana*), el arrayan (*Myrcianthes spp*), chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*), aliso (*Alnus glutinosa*), mortiño (*Vaccinium floribundum*), pumamaqui (*Oreopanax spp*), chilca (*Baccharis latifolia*), matico (*Buddleja globosa*), piquil (*Gynoxis buxifolia*), higuerón (*Ficus spp*), laurel (*Laurus nobilis*), balsa (*Ochroma pyramidale*), paja de páramo (*Stipa ichu*) y platuquero (*Styloceras sp*); y especies introducidas como el pino (*Pinus*). La vegetación nativa contribuye a la conservación del recurso suelo, agua y fauna; además ésta zona constituye un sistema hidrográfico de importancia para los habitantes del cantón Guaranda. En este contexto el objeto del estudio fue evaluar el flujo hídrico, las características fisicoquímicas y biológicas del sistema hídrico de la Microcuenca del Río Illangama.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la microcuenca del río Illangama, localizada en la parte occidental de la provincia Bolívar (fig. 1), con una superficie de 12829 ha (128.2 Km²), con una altitud comprendida entre 2800 – 5000 msnm, con una temperatura mínima de 2°C y una máxima de 13°C, su precipitación media anual es de 900 mm. Se extiende desde la latitud 1°23'4,41" S hasta 1°34'4,80" S y desde la longitud 78°50'39,38" W hasta 78°58'29,52" W. La población

habitante de esta zona depende fundamentalmente de las actividades agropecuarias para su sustento. La agricultura es la actividad predominante, pues más del 80% de la población económicamente activa (PEA) se dedica a ella. Esta situación define el alto

grado de vulnerabilidad, riesgo social y económico que puede provocarse como consecuencia del manejo inadecuado del capital natural (recursos naturales), su degradación o efectos del cambio climático.

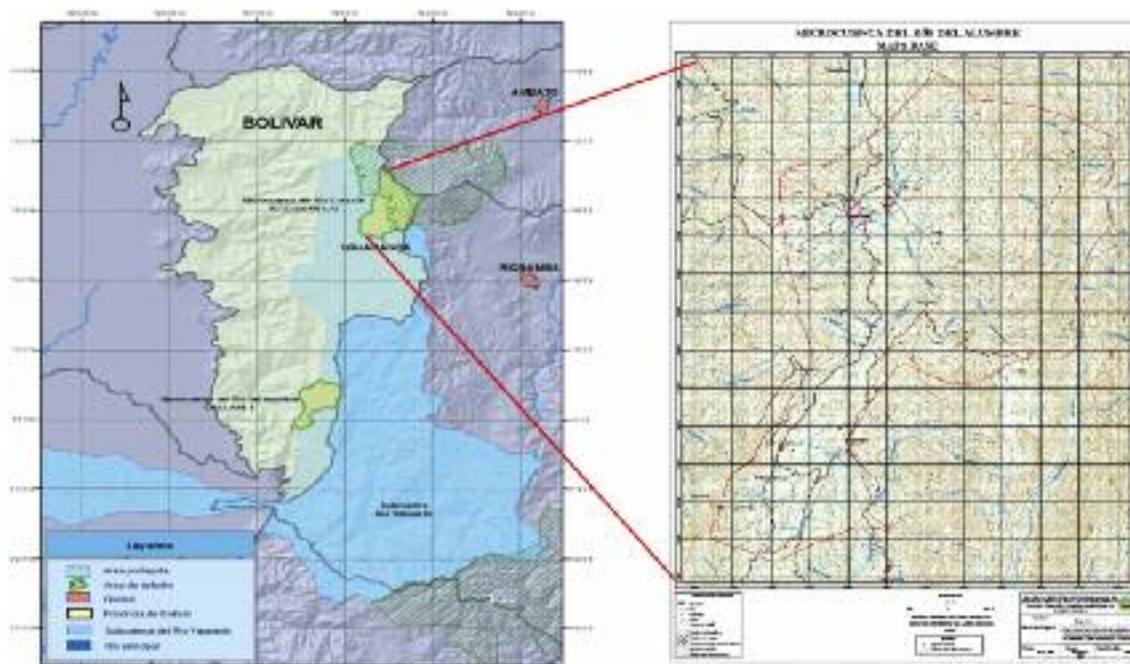


Fig. 1. Localización de la microcuenca del río Illangama, localizada en la parte occidental de la provincia Bolívar

El muestreo del agua se efectuó bajo un muestreo aleatorio estratificado y el estudio definió tres secciones de muestreo, parte alta (X=0733198, Y=9829884), media (X=0731196, Y=9830411) y baja (X=0727076, Y=9830016); para facilitar y asegurar el proceso de muestreo en cada sección.

Los muestreos fueron realizados en el periodo 2014 – 2015, utilizando la metodología que se encuentra descrita detalladamente por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).

Las variables que se determinaron fueron: parámetros físicos (Conductividad eléctrica (CE), turbidez (NTU), sólidos totales disueltos (SST)), parámetros químicos (potencial de hidrógeno (pH), dureza total (DT), dureza cálcica y magnésica en forma de carbonato de calcio (CaCO_3), sulfatos (SO_4^{2-}), nitratos (NO_3^-), hierro (Fe), cromo hexavalente (Cr^{6+}), cobre (Cu), Zinc (Zn), demanda química de oxígeno (DQO)), parámetros biológicos (coliformes totales y echericha colí).

Los métodos de ensayo para la determinación de los parámetros de calidad de agua fueron: para los físicos (conductímetro y neophelométrico); químicos (titulométrico, potenciométrico y espectrofotométrico) y para los biológicos (Filtración membrana al vacío), utilizando las normas American Public Health Association (APHA).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la parte alta de la microcuenca del río Illangama el caudal de agua fue de 149,03 l/s y, en la parte media fue de 503,98 l/s; este incremento de caudal de agua (354,95 l/s) se debe a que en su trayectoria varias afluentes se unen al sistema hídrico de la microcuenca; mientras que en la parte baja de la microcuenca existe una reducción del caudal del agua por el desarrollo de varias actividades como: uso doméstico, agrícola, pecuario, entre otros; encontrándose valores de caudal de agua de 424,82 l/s. La microcuenca del Quindigua aporta con 2.182,94 l/s al caudal hídrico al río Guaranda (Tabla I).

TABLA I
CAUDAL DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA

Datos y resultados	Unidad	Lectura					Método de ensayo
		Parte Alta Del Illangama,	Parte Media del Illangama	Parte Baja del Illangama	parte baja Quindigua	Illangama y Quindigua	
		X=0733198	X=0731196	X=0727076	X=0727076	X=0727076	
		Y=9829884	Y=9830411	Y=9830016	Y=9830016	Y=9830016	
		Z=3659	Z=3375	Z=2923	Z=2923	Z=2923	
Tiempo (t)	s	2,07	2,62	1,95		3,54	
Distancia (d)	m	1,266	3,530	1,90	El caudal está calculado por diferencia entre la unión de las microcuencas y la microcuenca del Illangama parte baja.	4,50	
Profundidad (Prof.) (H)	m	0,020	0,190	0,220		0,290	
Prof. (H1)	m	0,190	0,280	0,227		0,370	
Prof. (H2)	m	0,063	0,180	0,235		0,620	
Ancho (a)	m	1,730	1,510	1,915		5,150	
Velocidad (v)	m/s	0,609	1,344	0,974	0,974	Fórmula Método de Simpson	
Área (A)	m ²	0,244	0,375	0,436	2,051		
Caudal (Q)	m ³ /s	0,14903	0,50398	0,42482	2,18294	2,60776	Fórmula
	l/s	149,03	503,98	424,82	2.182,94	2.607,76	
	m ³ /año	4'699.810	15'893.513	13'397.123	68'841.195	82'238.319	

Dónde: m= metros, s= segundos, l= litros

Mediante los análisis se apreció conductividad en el seno del líquido (fig. 2), así el punto de muestreo Quindigua bajo presentó el menor valor de conductividad que fue de 117,8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (micro siemens por centímetro) respecto a los otros lugares de muestreo, y mientras que el Illangama bajo mostró el mayor valor (259 $\mu\text{s}/\text{cm}$), debiéndose a la presencia de iones de su concentración, movilidad y valencia, los mismos que se derivan de compuestos inorgánicos (ej. aniones de nitrato y sulfato) que son relativamente buenos conductores.

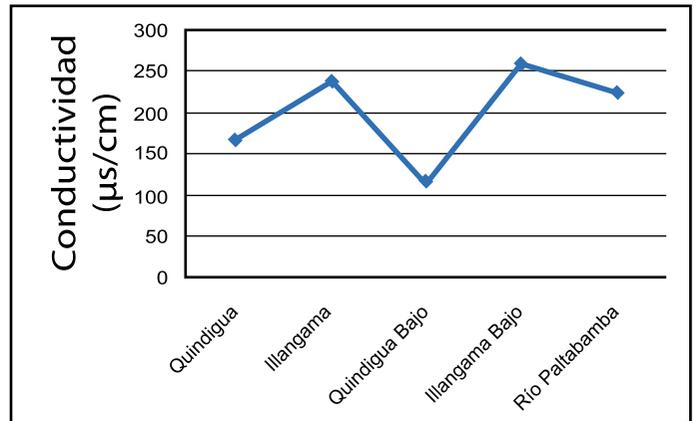


Fig. 2. Conductividad de los cuerpos de agua de la Microcuenca del río Illangama

Los valores la dureza total, dureza cálcica y magnésica, sulfatos, nitratos y zinc (fig. 3-8) presentaron comportamientos muy similares a lo largo de la microcuenca; mientras que se evidenció, un incremento de las concentraciones de SST en el Illangama (de 113,8 a 124 mg/l) y turbidez (de 4,42 a 18,3 NTU) conforme las corrientes de agua van descendiendo a

las zona baja de la microcuenca, estos valores se encuentran por debajo de los límite máximo permisibles establecido para aguas (Decreto Ejecutivo 3516, 2015), estos resultados descritos concuerdan con los datos reportados en el estudio por Gustavson *et al.* (2013).

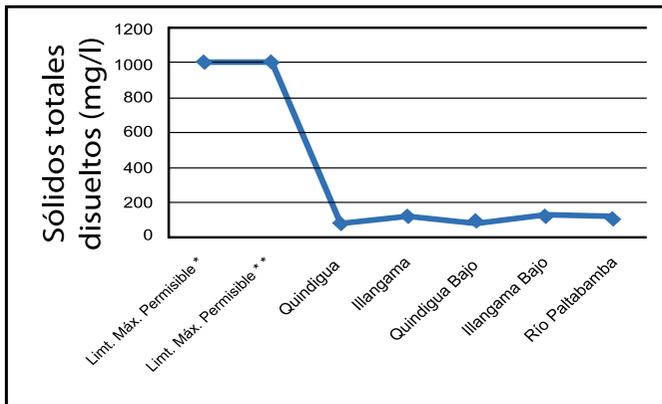


Fig. 3. Concentración de Sólidos totales disueltos (SST)

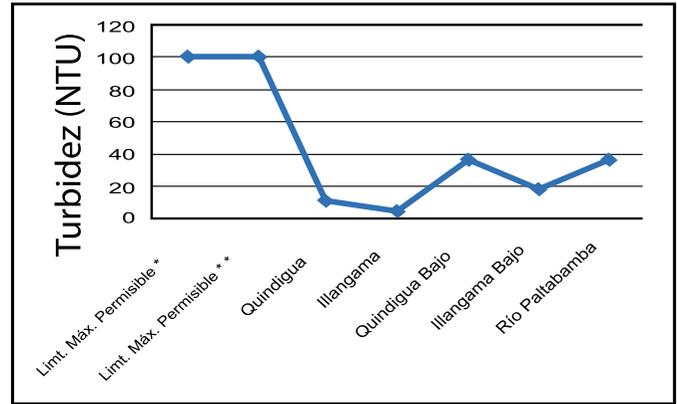


Fig. 4. Turbidez

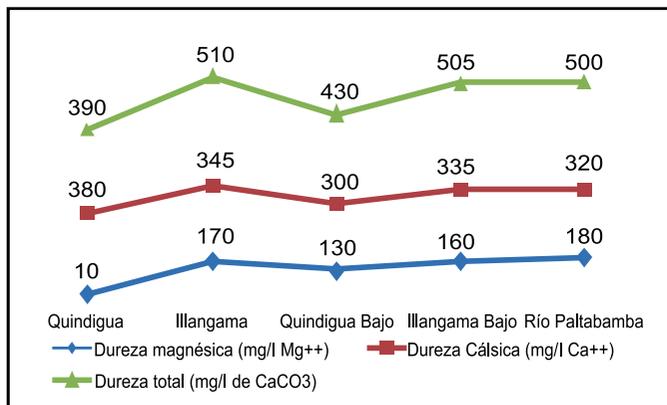


Fig. 5. Concentración de Dureza total (mg/l de CaCO₃), cálcica (Ca²⁺) y magnésica (Mg²⁺)

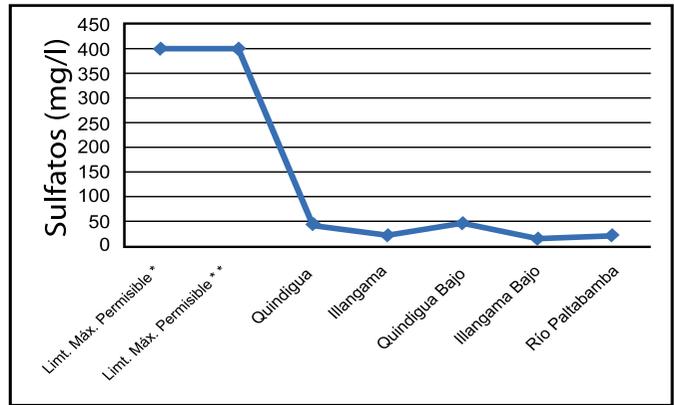


Fig. 6. Concentración de Sulfatos (SO₄²⁻)

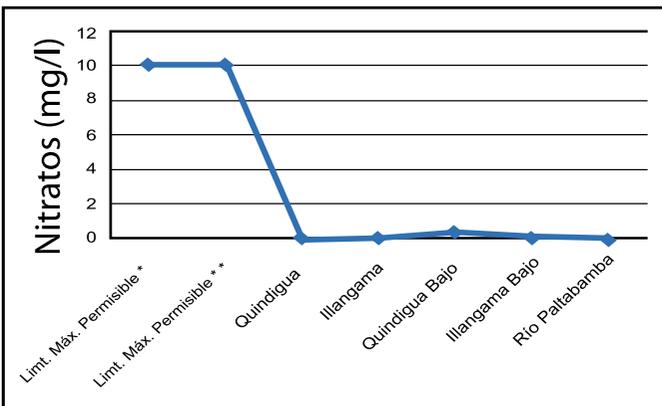


Fig. 7. Concentración de Nitratos (NO₃⁻)

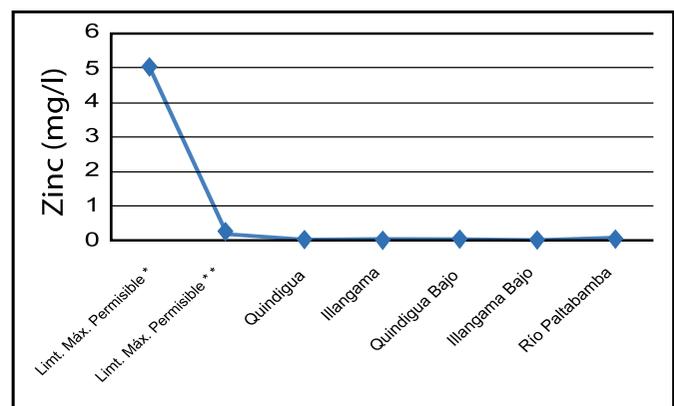


Fig.8. Concentración de Zinc (Zn)

Limt. Máx. Permissible*: consumo humano; Limt. Máx. Permissible**: existencia de flora y fauna

Dentro de la evaluación de la calidad de agua, el pH (fig. 9) es un parámetro de importancia tanto para aguas naturales como residuales. El rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, está entre 6,5 – 9 de pH y para el consumo humano está en un pH de 6 - 9 reportados para aguas (Decreto Ejecutivo 3516, 2015), entonces si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y/o inhibidos y las consecuencias son adversas. Los valores del pH del agua de la microcuenca son ligeramente alcalinos, con valores comprendidos entre 7,32 – 7,90 unidades de pH.

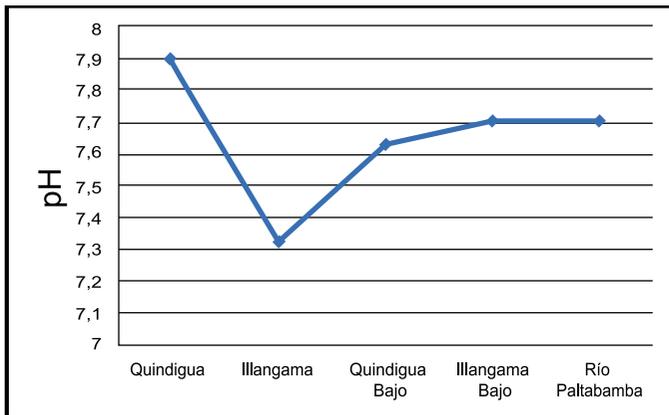


Fig. 9. pH de los cuerpos de agua de la Microcuenca del río Illangama.

El hierro (Fe) (fig. 10) es el elemento químico más abundante, fácilmente se pueden encontrar disueltos en las aguas superficiales y subterráneas; este metal puede precipitar formado depósitos de color amarillento o pardo rojizo, estas precipitaciones ocurren al entrar en contacto con el aire, no representa un problema de toxicidad, pero la calidad de agua no es deseable cuando se tiene valores altos, así la concentración de hierro en el agua de las microcuencas varía de 0,26 – 1,85 mg/l encontrándose por encima de los límites máximos permisibles tanto para consumo humano, como para la existencia de flora y fauna en la microcuenca.

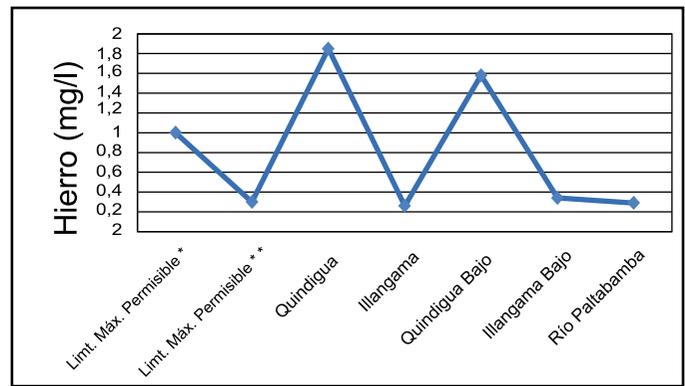


Fig. 10. Concentración de Hierro (Fe) en los cuerpos de agua de la Microcuenca del río Illangama

El Cromo (Cr) (fig. 11) es un elemento químico inorgánico altamente tóxico y en el agua se presenta como cromo hexavalente Cr^{6+} y como cromo trivalente Cr^{3+} ; la ingestión de ellos aún en cantidades mínimas pero durante un largo periodo, puede causar daños en el organismo. Al observar los resultados del agua de la microcuenca presentan una heterogeneidad entre los puntos de muestreo, mismos que se encuentran por encima de los límites máximos permisibles reportados para aguas (Decreto Ejecutivo 3516, 2015) tanto para consumo humano como para la existencia de flora y fauna en la microcuenca.

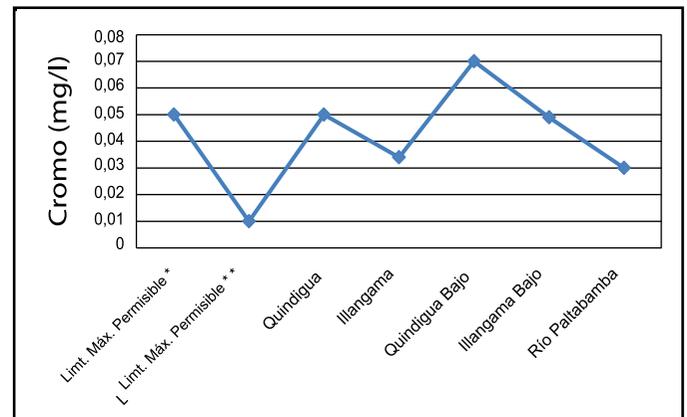


Fig. 11. Concentración de Cromo (Cr^{6+}) de los cuerpos de agua de la Microcuenca del río Illangama

El Cobre (Cu) (fig. 12) se encuentra presente en el agua por numerosos factores y procesos, siendo una por actividades humanas y otra por procesos naturales. El análisis evidenció un comportamiento heterogéneo a lo largo de la microcuenca y los resultados están por encima de los límites permisibles tanto para consumo humano y la existencia de flora y fauna en el recorrido del agua. Vale destacar que las altas concentraciones de cobre producen envenenamiento y es un riesgo para la salud.

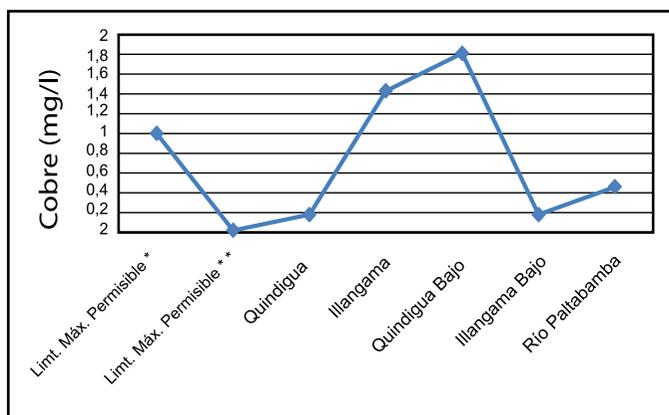


Fig. 12. Concentración de Cobre (Cu) de los cuerpos de agua de la Microcuenca del río Illangama

Los valores de la demanda química de oxígeno (DQO) (fig. 13) presentan comportamientos heterogéneos en los puntos de muestreo de la microcuenca, así presentándose el valor más alto en Quindigua bajo (90 mg/l), presentando valores característicos de aguas contaminadas con aportes de materia orgánica; presentan una similitud con el estudio reportado por Gustavson *et al.*, (2013).

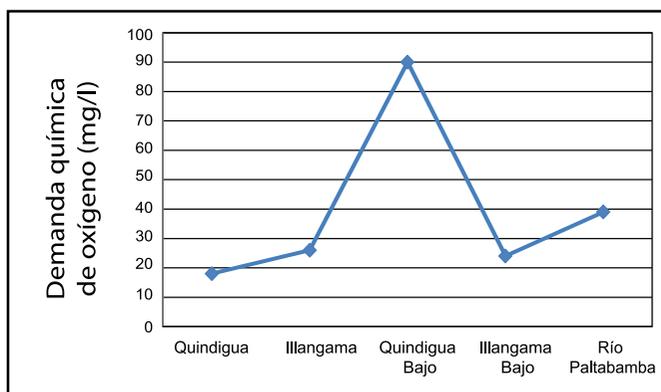


Fig. 13. Demanda química de oxígeno (DQO) en los cuerpos de agua de la Microcuenca del río Illangama

Mediante el análisis, se evidenció que las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos fueron heterogéneas en los distintos puntos de muestreo; los valores de los resultados de SST y turbidez mostraron un incremento en su concentración a medida que desciende de la parte alta a la baja de la microcuenca; sin embargo de acuerdo al Decreto Ejecutivo 3516, (2015), la calidad del agua no se vio afectado en base a estos dos parámetros. Los altos niveles de cromo (0,07 mg/l) y cobre (1,81 mg/l) influyen directamente en la calidad del agua, así efectuando condiciones adversas para el desarrollo de la biota.

Para evaluar más ampliamente la calidad bacteriológica del agua se determina la presencia o ausencia de organismos coliformes y echericha colí. Estos dos parámetros biológicos evaluados están por debajo de los límites máximos permisibles reportados para aguas en el Decreto Ejecutivo 3516, (2015) (Tabla II).

TABLA II.

PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES FRÍAS.

Parámetros	Unidad	Limt. Máx. Permissible	Quindigua Lectura	Illangama Lectura	Quindigua Bajo Lectura	Illangama Bajo Lectura	Río Paltabamba Lectura	Método de ensayo
Coliformes totales	NMP/100m l	3000	<1**	<1**	<1**	<1**	<1**	Filtración membrana al vacío
Echericha colí	NMP/100m l	600	1	1	1	1	1	Filtración membrana al vacío

Para este análisis se consideró 5 pares de valores para calcular el coeficiente de correlación. El segundo número

en cada lugar de la tabla es un valor P que pone a prueba la significación estadística de las

Para este análisis se consideró 5 pares de valores para calcular el coeficiente de correlación. El segundo número en cada lugar de la tabla es un valor P que pone a prueba la significación estadística de las correlaciones estimadas. P-valores inferiores a 0,05 indican correlaciones estadísticamente significativas en el nivel de confianza del 95,0%. Los siguientes pares de variables que tienen valores de P por debajo de 0,05 son: Conductividad y Sólidos Totales Disueltos (SST); Conductividad y Sulfatos; Conductividad y Hierro; Sólidos Totales Disueltos (SST) y Dureza total; Sólidos Totales disueltos (SST) y Sulfatos; Sólidos Totales disueltos (SST) y Hierro; Dureza total y la Dureza Magnésica, Dureza Total y de Sulfatos, Dureza Total y el Hierro; Sulfatos y Hierro; Nitratos y Demanda química de O₂, (Tabla III).

Estadísticamente, la conductividad presentó correlación positiva con los sólidos totales disueltos (SST) (0,9183; n=5; p = 0,0277), y correlación negativa con los sulfatos (r=-0,9565; n= 5; p= 0,0108) y el hierro (r= -0,8851; n = 5; p = 0,0460) siendo estadísticamente significativos. De similar forma la dureza total mostró correlación positiva con los sólidos totales disueltos (SST) (r= 0,9416; n = 5; p = 0,0168) y dureza magnésica (r=0,9094; n = 5; p = 0,0323); mientras que con los sulfatos (-0,9405; n = 5; p = 0,0173) y el hierro (-0,9869; n = 5; p = 0,0018) presentó correlación negativa (Tabla III). Los nitratos demostraron correlación positiva con la demanda química de oxígeno (0,9564; n = 5; p = 0,0109), estadísticamente significativo y no mostraron ninguna correlación con otras variables; con respecto a los valores de correlacionales muestran similitudes a lo expuesto por Leandro *et al.*, (2010).

TABLA III.
CORRELACION ENTRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

	Conductividad	Turbidez	(SST)	pH	D. total	D. Ca	D. Mg	Sulfatos	Nitratos	Hierro	Cromo	Cobre	Zinc	DQO ₂
Conductividad	r	-0,4039	0,9183	-0,2947	0,8269	0,1915	0,5359	-0,9565	-0,759	-0,8851	-0,7608	-0,4707	0,1214	-0,7127
	P	0,5001	0,0277	0,6302	0,0842	0,7577	0,3519	0,0108	0,1367	0,046	0,1353	0,4237	0,8458	0,1766
Turbidez	r	-0,4039	-0,1975	0,2695	-0,0667	-0,7985	0,2976	0,1769	0,553	0,0917	0,3081	0,1899	0,4675	0,7417
	P	0,5001	0,7501	0,6611	0,9151	0,1052	0,6288	0,7759	0,3336	0,8834	0,614	0,7597	0,4272	0,1513
SST	r	0,9183	-0,1975	-0,4693	0,9416	-0,166	0,7743	-0,9547	-0,44	-0,9426	-0,5518	-0,1952	0,0879	-0,3952
	P	0,0277	0,7501	0,4252	0,0168	0,7896	0,1242	0,0115	0,4584	0,0164	0,3349	0,7531	0,8882	0,5103
pH	r	-0,2947	0,2695	-0,4693	-0,6463	0,3059	-0,6518	0,41	-0,1227	0,5518	0,2758	-0,6873	-0,1803	-0,1165
	P	0,6302	0,6611	0,4252	0,2386	0,6167	0,2334	0,4929	0,8442	0,3349	0,6533	0,1998	0,7717	0,852
Dureza total	r	0,8269	-0,0667	0,9416	-0,6463	-0,3328	0,9094	-0,9405	-0,3331	-0,9869	-0,6288	0,0345	0,3545	-0,2271
	P	0,0842	0,9151	0,0168	0,2386	0,5842	0,0323	0,0173	0,5839	0,0018	0,2559	0,956	0,5582	0,7133
D. cálcica	r	0,1915	-0,7985	-0,166	0,3059	-0,3328	-0,6909	0,0787	-0,6856	0,2338	-0,2875	-0,5728	-0,35	-0,8173
	P	0,7577	0,1052	0,7896	0,6167	0,5842	0,1964	0,8999	0,2013	0,7051	0,639	0,3128	0,5637	0,0912
D. magnésica	r	0,5359	0,2976	0,7743	-0,6518	0,9094	-0,6909	-0,747	0,0436	-0,8566	-0,3793	0,3029	0,465	0,1899
	P	0,3519	0,6268	0,1242	0,2334	0,0323	0,1468	0,1468	0,9445	0,0637	0,5289	0,6203	0,43	0,7597
Sulfatos	r	-0,9565	0,1769	-0,9547	0,41	-0,9405	-0,747		0,6085	0,9786	0,7634	0,2995	-0,3214	0,5016
	P	0,0108	0,7759	0,0115	0,4929	0,0173	0,8999	0,1468	0,2762	0,0037	0,1331	0,6244	0,598	0,3892
Nitratos	r	-0,759	0,553	-0,44	-0,1227	-0,3331	0,0436	0,6085		0,4664	0,8286	0,7606	-0,1638	0,9564
	P	0,1367	0,3336	0,4584	0,8442	0,5839	0,2013	0,2762		0,4284	0,0829	0,1354	0,7923	0,0109
Hierro	r	-0,8851	0,0917	-0,9426	0,5518	-0,9869	-0,8566	0,9786	0,4664		0,7268	0,1058	-0,4031	0,3433
	P	0,046	0,8834	0,0164	0,3349	0,0018	0,0637	0,0037	0,4284		0,1642	0,8656	0,501	0,5716
Cromo	r	-0,7608	0,3081	-0,5518	0,2758	-0,6288	-0,3793	0,7634	0,8286	0,7268		0,3701	-0,6077	0,6746
	P	0,1353	0,614	0,3349	0,6533	0,2559	0,5289	0,1331	0,0829	0,1642		0,5398	0,277	0,2116
Cobre	r	-0,4707	0,1899	-0,1952	-0,6873	0,0345	-0,5728	0,2995	0,7606	0,1058	0,3701		0,092	0,7381
	P	0,4237	0,7597	0,7531	0,1998	0,956	0,6203	0,6244	0,1354	0,8656	0,5398		0,883	0,1544
Zinc	r	0,1214	0,4675	0,0879	-0,1803	0,3545	-0,35	-0,3214	-0,1638	-0,4031	-0,6077	0,092		0,1162
	P	0,8458	0,4272	0,8882	0,7717	0,5582	0,43	0,598	0,7923	0,501	0,277	0,883		0,8524
DQO ₂	r	-0,7127	0,7417	-0,3952	-0,1165	-0,2271	-0,8173	0,5016	0,9564	0,3433	0,6746	0,7381	0,1162	
	P	0,1766	0,1513	0,5103	0,852	0,7133	0,0912	0,3892	0,0109	0,5716	0,2116	0,1544	0,8524	

IV. CONCLUSIONES

De la evaluación de la calidad de agua en la Microcuenca del Río Illangama se determinó que los parámetros que se encuentra sobre los niveles máximos permisibles tanto para consumo humano, como para la existencia de vida dentro de estas aguas fueron: el Fe que oscila en un rango de 0,26 a 1,85 mg/l, siendo los límites máximo permisibles (de 1 mg/l para consumo humano y 0,3 mg/l para flora y fauna); Cr⁶⁺ de 0,034 a 0,07 mg/l (0,05 mg/l para consumo humano y 0,01 mg/l para flora y fauna) y el Cu de 0,18 a 1,81 mg/l (1 mg/l para consumo humano y 0,02 mg/l para flora y fauna); este tipo de metales identificados entre de transición y pesados, al ser tóxicos inhiben el desarrollo de cualquier vida faunística.

Los resultados del estudio demostraron que el agua de la microcuenca del río Illangama está contaminado debido al avance de la frontera agrícola, actividades pecuaria y la deforestación; estas actividades antropogénicas hacen uso de materiales contaminantes, los cuales llegan al sistema hídrico de la microcuenca por diferentes mecanismos, como son: por escorrentías, infiltración y aguas abajo en forma directa de efluentes urbanos e industriales. La contaminación de los ecosistemas acuáticos provoca cambios drásticos en las concentraciones de los parámetros de calidad del agua vulnerando el equilibrio ecológico con resultados negativos.

A partir de los resultados obtenidos se recomienda desarrollar un plan de manejo de los desechos orgánicos e inorgánicos conjuntamente con las autoridades de turno y la población de la microcuenca del río Illangama. Así como también planes de manejo de conservación de páramos.

V. REFERENCIAS

Benez, M., D. Soares, y G. Álvarez. (2010): “El estudio de las percepciones de la gestión de la calidad del agua, una herramienta para fortalecer la participación pública en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas”, *Región y sociedad*, 22(47), 1-33.

Gustavson, S., L. Cosme, y F. Trama. (2013): “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oaxapampa, Perú”. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(2), 1-16.

Leandro, H., J. Coto y V. Salgado. (2010): “Calidad del agua de los ríos de la microcuenca iv del río Virilla”. *Uniciencia*, 24(1), 69-74.

OMS, (2006). Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. Tercera Edición, pp. 408.

Rymbai, P., S. Dey y L. Jha. (2012): “The impact of topographical characteristics and land use change on the quality of Umbaniun micro-watershed water resources, Meghalaya”. *Ingeniería e Investigación*, 32(2), 12-17.

Villegas, I., A. Macedo y G. Carrillo. (2011): “Avances de un sistema de monitoreo de la erosión hídrica y calidad del agua en cuatro microcuencas forestales del campo las Cruces”. *Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 1(2). 1-17.