

Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo

Ricardo Vinicio Abril Saltos

email: rvabril@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, Depto. de Ciencias de la Vida, Pastaza, Ecuador.

Leo Maximiliano Rodríguez Badillo

email: lrodriguez@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, Depto. de Ciencias de la Vida, Pastaza, Ecuador.

Darwin Javier Sucoshañay Villalba

email: javier.dsv6263@gmail.com

Secret. Nac. de Educ. Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación – SENESCYT, Ecuador.

Erika Mariela Bucaram Visuma

email: erika_maggi@yahoo.es

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, Depto. de Ciencias de la Vida, Pastaza, Ecuador.

RESUMEN

En la presente investigación se monitorearon 15 puntos del río Puyo, seis en la zona urbana y nueve en la zona rural, así como siete afluentes con el objetivo de determinar el comportamiento de parámetros físico-químicos y microbiológicos, en la subcuenca media del río Puyo en la sección comprendida entre los sectores Fátima y Unión Base. Se evaluaron las características físico-químicas y microbiológicas, los valores de oxígeno disuelto, pH, temperatura, tensoactivos, coliformes fecales, nitratos, nitritos, sulfatos, DBO₅, cloro residual y organofosforados. Se analizó la relación existente entre los parámetros estudiados a través del coeficiente de correlación R² de Pearson. Los resultados mostraron valores de pH y coliformes fecales sobrepasando los límites permisibles establecidos en la legislación ecuatoriana, con mayor concentración de contaminantes en zonas urbanas.

Palabras clave: aguas residuales, caudales, contaminación hídrica.

Evaluation of the water quality of the Puyo river basin

ABSTRACT

In this research 15 points of Puyo river were monitored, six in urban areas and nine in the rural area as well as seven tributaries in order to determine the behavior of physical, chemical and microbiological parameters in the mid subbasin of the Puyo river in the section between the sectors Fatima and Union Base. They were evaluated from the physico-chemical and microbiological characteristics, the values of dissolved oxygen, pH, temperature, surfactants, fecal coliforms, nitrates, nitrites, sulfates, BOD₅, residual chlorine and organophosphates. The relationship between the studied parameters through the correlation coefficient R² Pearson was analyzed. The results showed that pH and fecal coliform exceeded permissible limits established under Ecuatorian law, with the highest concentration of pollutants in urban areas.

Keywords: waste water, flow, water pollution.

INTRODUCCIÓN

El manejo del agua para suplir las necesidades humanas ha descuidado la disposición de agua fresca para especies y ecosistemas (Ritcher et al. 2003). La urbanización genera cambios en ecosistemas fluviales en zonas ribereñas, aumenta la carga de contaminantes, impermeabiliza áreas de drenaje y captaciones en las cabeceras de los ríos, según Gilbert (1991) y Harding et al. (1998) citados por Rorig et al. (2007). La disposición directa de las aguas albañales sobre las corrientes hídricas carentes de tratamiento agudiza la degradación de la calidad de las aguas, situación común en la región amazónica ecuatoriana (Sucoshañay y Gutiérrez 2015).

En cuencas urbanizadas los problemas ambientales se agudizan por la influencia que generan las actividades antropogénicas y el uso de sus recursos. Si bien en las cuencas amazónicas la densidad poblacional no es significativa, hay que tener en cuenta que los índices de crecimiento poblacional y la concentración puntual en las áreas urbanizadas (McClain y Llerena 1998) manifiestan que cuando se refiere al manejo de cuencas hidrográficas, casi sin excepción se habla de gestión o manejo de cuencas en las regiones costa y sierra, lo cual no es difícil entender debido a que los más urgentes problemas que los países afrontan en el manejo de sus recursos hídricos, se encuentran en aquellas zonas pobladas. En el caso de la amazonia ecuatoriana dado su alta disponibilidad de agua los principales problemas se enfocan en su calidad.

El cantón Pastaza tiene como principal fuente hídrica al río Puyo, el que recorre 44 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Pastaza. En la subcuenca media se desarrollan actividades turísticas, deportivas y de conservación de ecosistemas, atraviesa zonas rurales y urbanas donde se vierten aguas residuales sin previo tratamiento, lo que incide en sus características físico-químicas y microbiológicas. A partir de esto surge la importancia de conocer la calidad ambiental de las aguas de este cuerpo hídrico y las relaciones existentes entre las variables físico-químicas y microbiológicas y con sus caudales.

La presente investigación se llevó a cabo en el año 2012, y tuvo como objetivo determinar el comportamiento de parámetros físico-químicos y microbiológicos, en la subcuenca media del río Puyo en la sección comprendida entre los sectores Fátima y Unión Base. Se incluyeron los principales afluentes y el análisis de la relación existente entre los comportamientos del caudal, el tipo de zona y la concentración de los diferentes parámetros analizados.

Área de estudio

La subcuenca media del río Puyo es considerada desde el sector de Fátima hasta Unión Base, el principal centro poblado es la ciudad de Puyo (capital provincial de Pastaza), donde residen aproximadamente 33 557 habitantes –área urbana- y se estima en 3 102 habitantes en el área rural (INEC 2010). El río Puyo en su principal corriente hídrica nace a los 1480 msnm y recorre 44 km hasta su desembocadura en el sector de Puyopungo a los 800 msnm, en el río Pastaza. Los principales tributarios en el área de estudio son: estero Churuyacu, río Pambay, estero Citayacu, río Chilcayacu, estero Jatunyacu y río Sandalias, este último considerado como tributario principal.

El área de estudio, desde el punto de vista geológico, está integrada en su mayor parte por el cono de esparcimiento de Puyo, cuyo vértice se encuentra en la salida del río Pastaza. La componen varias generaciones de materiales detríticos más o menos gruesos, del Plioceno, Pleistoceno y Holoceno, que presentan una disección de fuerte a moderada. Según la séptima clasificación de los suelos, en el área de la cuenca, los tipos de suelo son derivados de cenizas

volcánicas recientes, con una textura limosa, alta retención de agua y niveles significativos de materia orgánica. En el periodo 1974-2012, la precipitación media anual fue de 4566 mm, con una media mensual de 380,5 mm. Si bien la precipitación media mensual de los meses de mayo y junio son 462,43 y 435,95 mm, respectivamente, los días seleccionados para el monitoreo y muestreo fueron antecendidos por días de mínima pluviosidad y caracterizados por caudales no asociados con eventos de crecida (Sucoshañay y Gutiérrez 2015).

La actividad económica está influida fundamentalmente por los diferentes comercios y servicios del área urbana, destacándose actividades de empleados públicos, libre ejercicio, comerciantes, amas de casa y microempresarios, mientras que en el área rural las principales actividades económicas son la agricultura y ganadería. El área de estudio se caracteriza por la realización de actividades turísticas, las cuales aprovechan las aguas, paisajes y demás servicios que brinda el entorno natural y antrópico.

FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

El presente trabajo se desarrolló en Ecuador, provincia Pastaza, cantón Pastaza, en la subcuenca del río Puyo, ubicando los puntos de monitoreo (figura 1) en los sectores: Fátima alto, Fátima bajo, Gasolinera Las Américas, Puente Las Américas, Puente km 2 1/2, Paseo Turístico, Obrero, la Isla, Estadio Víctor Hugo Georgis, Chilcayacu, Puente vía a Macas, Los Ángeles, Sandalias, Unión Base, Unión Base bajo, (tabla 1, figura 1), donde se tomaron muestras compuestas durante las fechas: 16, 18, 23 de Mayo y 08 de Junio del 2013, tomando valores in situ de potencial hidrógeno (pH) y temperatura, recolectando muestras para el análisis de oxígeno disuelto (O_2), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), tensoactivos, nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), fosfatos (PO_4^{3-}), sulfatos, coliformes fecales.

Tabla 1. Localización de los puntos de monitoreo en la corriente principal

Punto	Sector	Coordenadas WGS84		Altura msnm	Tipo de zona
		x	y		
1	Fátima	833358	9842296	1003,0	Rural
2	Dique Fátima bajo	166267	9842034	996,70	Rural
3	Gasolinera Las Américas	166515	9840054	971,60	Rural
4	Puente Las Américas	166511	9839750	948,50	Rural
5	Puente km 2 ½	166832	9837842	935,00	Urbana
6	Paseo Turístico	166585	9837094	930,40	Urbana
7	Obrero	166589	9836762	928,30	Urbana
8	La Isla	166854	9836158	926,40	Urbana
9	Estadio Víctor Hugo Georgis	167791	9835504	925,50	Urbana
10	Sector Chilcayacu	168467	9834844	924,00	Urbana
11	Puente El Paico (Vía Macas)	168713	9834426	923,50	Urbana
12	Sector Los Ángeles	169472	9833652	923,10	Rural
13	Desembocadura Río Sandalias	169651	9832038	895,20	Rural
14	Unión Base	169872	9831492	889,50	Rural
15	Unión Base bajo	169758	9831392	885,10	Rural

De acuerdo con la legislación ambiental que regía en Ecuador en la época de estudio, se seleccionó un grupo de parámetros de calidad de agua contenidos en el libro VI anexo 1 del Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente-TULSMA del MINAMB (2002) del Ecuador, considerando los criterios de agua para uso recreativo con contacto primario y aguas para preservación de flora y fauna, los que responden a las actividades económicas que se realizan en la ciudad de Puyo (principal centro poblado que vierte sus aguas residuales al río Puyo), zona urbana y en diferentes puntos en la zona rural. En la figura 1, se presenta la localización de los puntos de monitoreo, mediante un esquema ilustrativo.

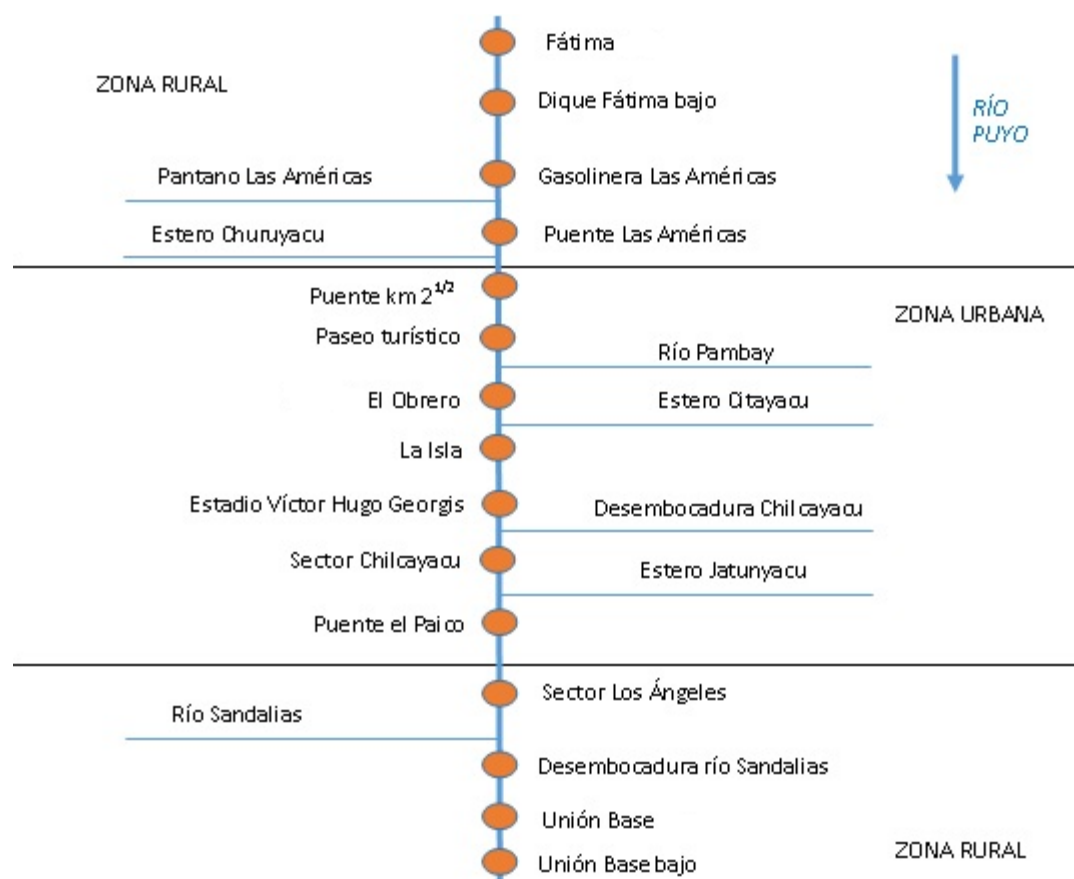


Figura 1. Esquema de la localización de los puntos de monitoreo en el río Puyo

Se caracterizó el aporte de los afluentes del río Puyo en el área objeto de estudio, realizando mediciones de los parámetros de calidad de las aguas evaluados para cada punto de monitoreo, y se relaciona su aporte con las características de calidad de agua del río Puyo. También se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (R) para conocer la correlación existente entre las variables evaluadas y los caudales presentados, para lo cual las ambas variables deben tener una distribución normal (Fernández y Díaz 2002). Los sitios muestreados se visualizan a continuación en la figura 2.

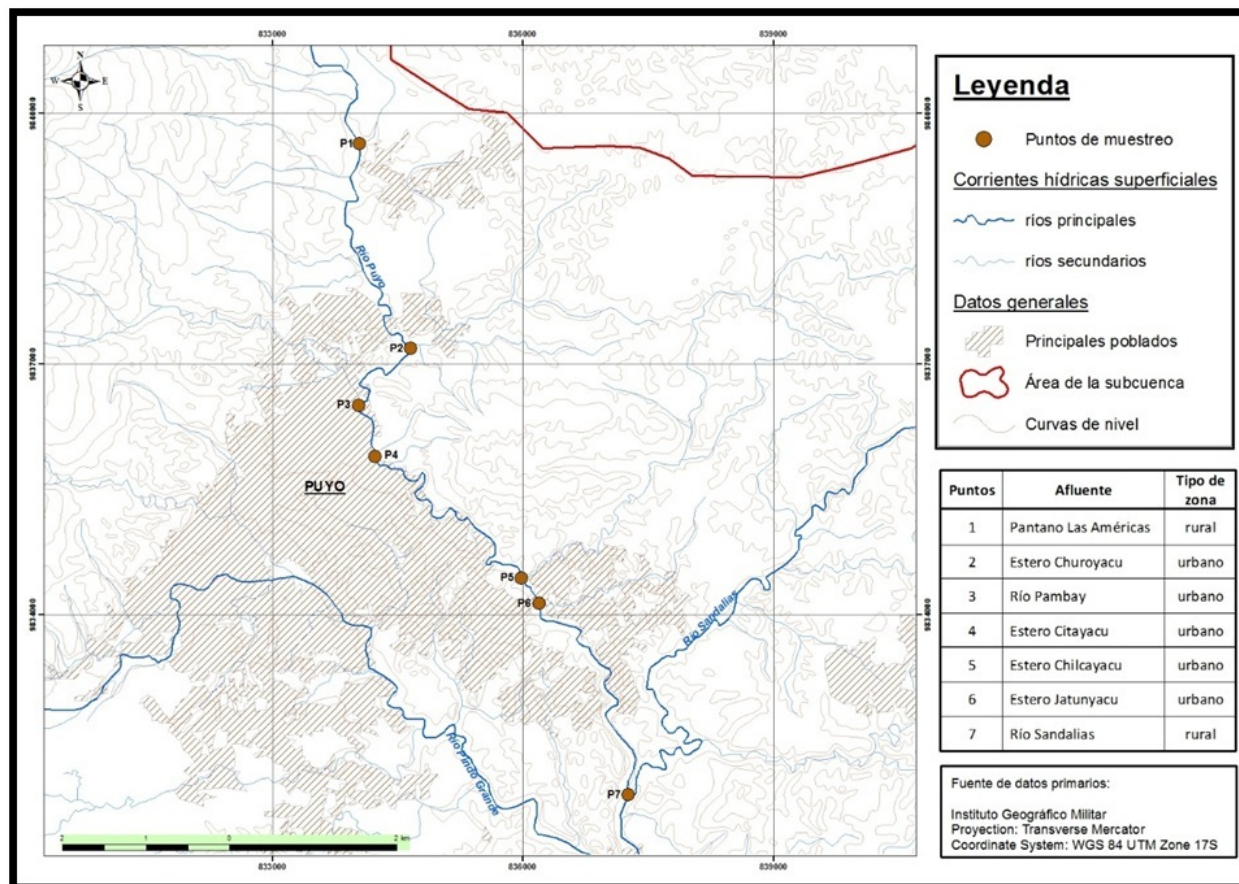


Figura 2. Localización de los puntos de muestreo de los afluentes del río Puyo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físico-químicas y microbiológicas

La concentración de oxígeno disuelto (figura 3), muestra variabilidad en los puntos muestreados durante las cuatro fechas, teniendo en el sector Puente km 2 ½ menor variabilidad y mayor variabilidad en el sector Unión Base bajo. Todos los puntos evaluados cumplieron el rango establecido en la legislación ambiental vigente en la época de desarrollo la cual manifestaba que se debe tener una concentración de oxígeno disuelto mayor que 6 mg/L. Los valores promedio de cada punto identifican menores concentraciones en las zonas comprendidas entre la Gasolinera Las Américas y el Puente vía a Macas.

Al presentar el río condiciones de montaña y encontrarse los puntos de monitoreo a menos de 20 km de recorrido desde su nacimiento, presenta buenas características de oxigenación en los puntos de Fátima y Dique de Fátima, esto también se beneficia por la presencia de rápidos y cascadas en zonas previas a estos dos puntos. En el resto de los puntos de monitoreo, la presencia de lechos de piedra, facilitan el intercambio de oxígeno del agua con la atmósfera, aportando en la concentración de oxígeno disuelto.

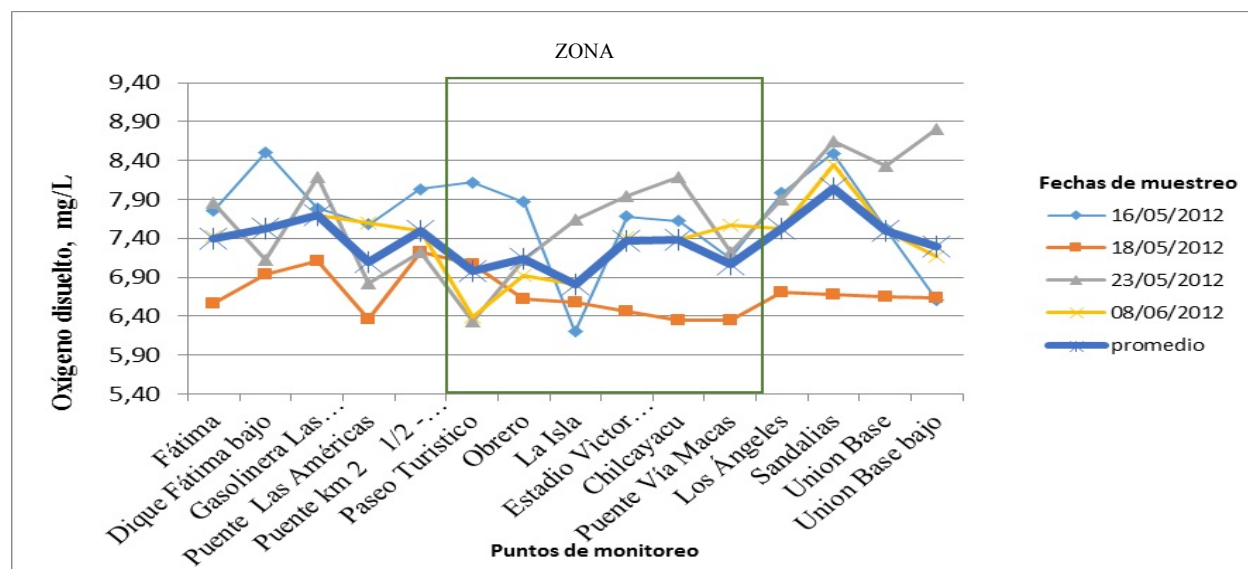


Figura 3. Concentración de oxígeno disuelto

En la figura 4 se muestra el comportamiento del pH, el mismo que tiene amplia variabilidad en los puntos muestreados durante las cuatro fechas, principalmente en la fecha 08 de junio en los sectores Fátima, Puente las Américas, Estadio Víctor Hugo Georgis, Puente vía a Macas y Unión Base bajo, en la fecha 16 de mayo en el sector Unión Base bajo los valores se encuentran fuera del rango establecido, de acuerdo con la legislación ambiental ecuatoriana, el cual indica valores entre 6,5 y 8,5. El análisis de valores promedio por punto, indican mayor valor en el sector dique de Fátima, presentando una marcada tendencia hacia valores bajos de pH a partir del punto La Isla.

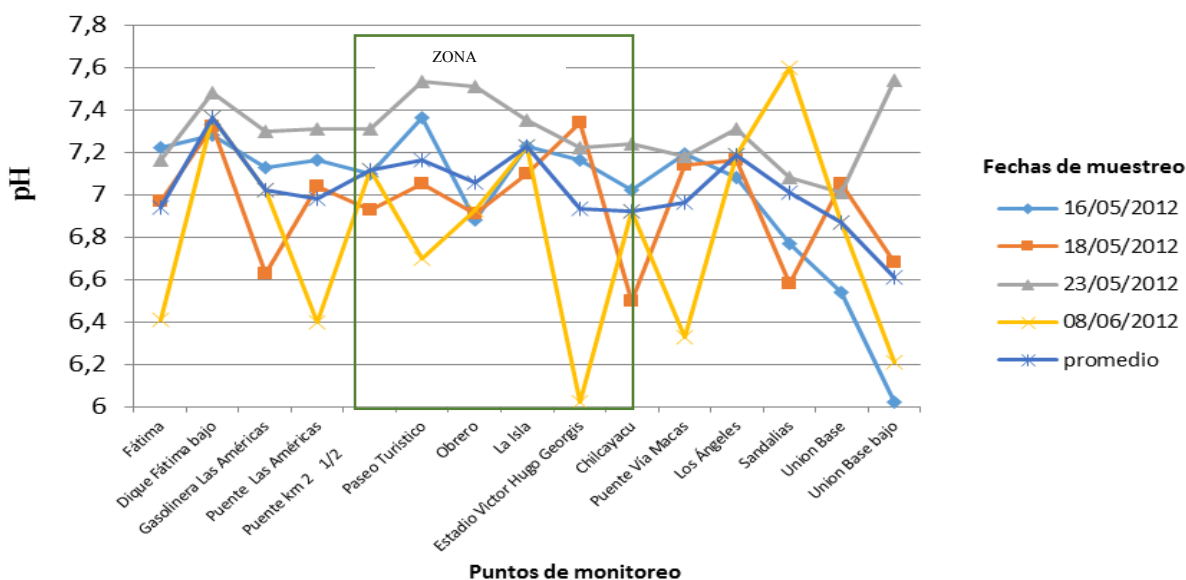


Figura 4. Potencial hidrógeno

Esto pudo deberse a que previo al punto La Isla se reciben aportes de aguas del estero Citayacu y posterior a este punto se reciben aportes del estero Jactunyacu, los cuales recogen las

aguas residuales de los barrios Obrero, Central y La Merced, donde los aportes de nutrientes pueden incidir en cambios en el potencial hidrógeno. Esto también se ve reflejado en mayores concentraciones de Demanda biológica de oxígeno (figura 8), fosfatos (figura 9) y coliformes fecales (figura 6) encontradas en estos sectores, además de recibir aportes de aguas del río Sandalias, el mismo que presenta valores de pH inferiores al resto de afluentes (tabla 2).

En la figura 5 se muestra el comportamiento de la concentración de tensoactivos, los resultados muestran un mayor valor los días 16 y 18 de mayo en el punto La Isla, pero en todos los puntos en las fechas monitoreadas, se tienen concentraciones por debajo del límite máximo permisible que es 0,5 mg/L de acuerdo con lo establecido en la legislación ambiental ecuatoriana, respecto a criterios de calidad de agua para uso recreativo.

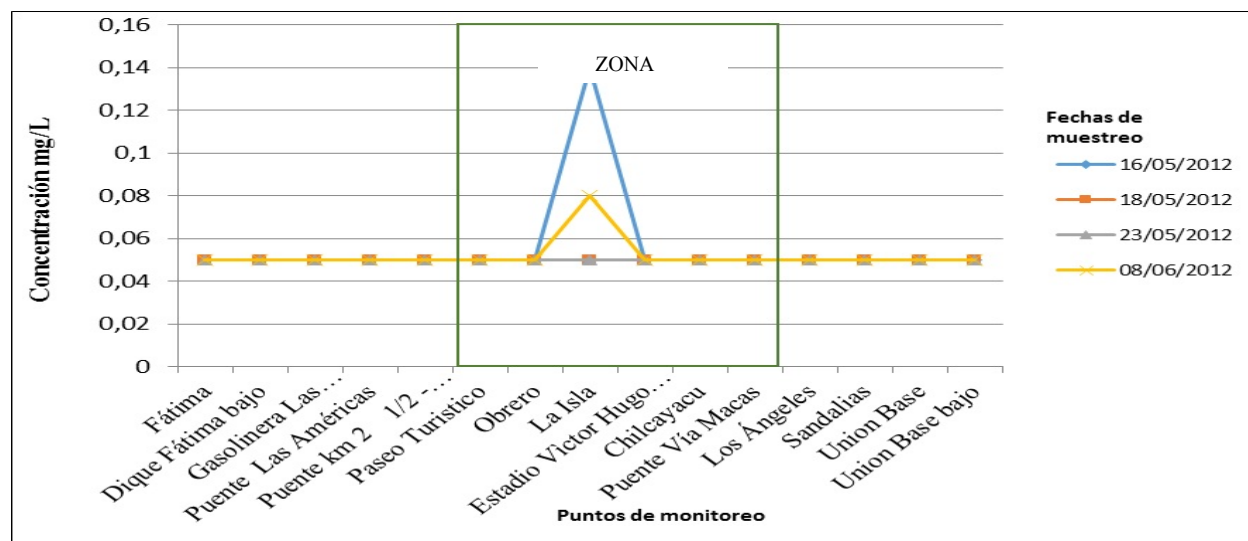


Figura 5. Concentración de tensoactivos

Los coliformes fecales, (figura 6) muestran mayor concentración desde el sector Obrero, disminuyendo a partir del Puente vía a Macas en las diferentes fechas de muestreo. Se tienen resultados dentro de los límites establecidos por la legislación ambiental ecuatoriana, respecto a criterios de agua con uso recreativo (200 UFC/100 mL), el 16 de mayo en los puntos: Fátima, Gasolinera Las Américas, Puente Las Américas, Puente km 2 ½, 18 de mayo en los puntos: dique de Fátima Bajo, Gasolinera Las Américas, Puente las Américas, Puente km 2 ½, el 23 de mayo en los puntos: Fátima, dique de Fátima bajo y el 08 de junio en el punto Fátima, teniéndose en el resto de puntos y fechas, valores sobre los límites establecidos en la norma. A su vez los valores promedio, muestran altas concentraciones entre los sectores La Isla y Los Ángeles, siendo esta área de influencia de zonas urbanas.

Esto puede deberse a que previo al sector Obrero, el río recibe aportes del río Pambay, en el cual se descargan aguas residuales del barrio El Paraíso, también entre el tramo La Isla- Puente vía a Macas, recibe aportes de los esteros Citayacu y Jatunyacu, reportando el primero elevados valores de coliformes fecales (tabla 2), los cuales recogen aguas residuales de varias zonas urbanas, viéndose también reflejado en el sector Chilcayacu, que recoge aguas del barrio La Merced donde se encuentran asentamientos poblacionales.

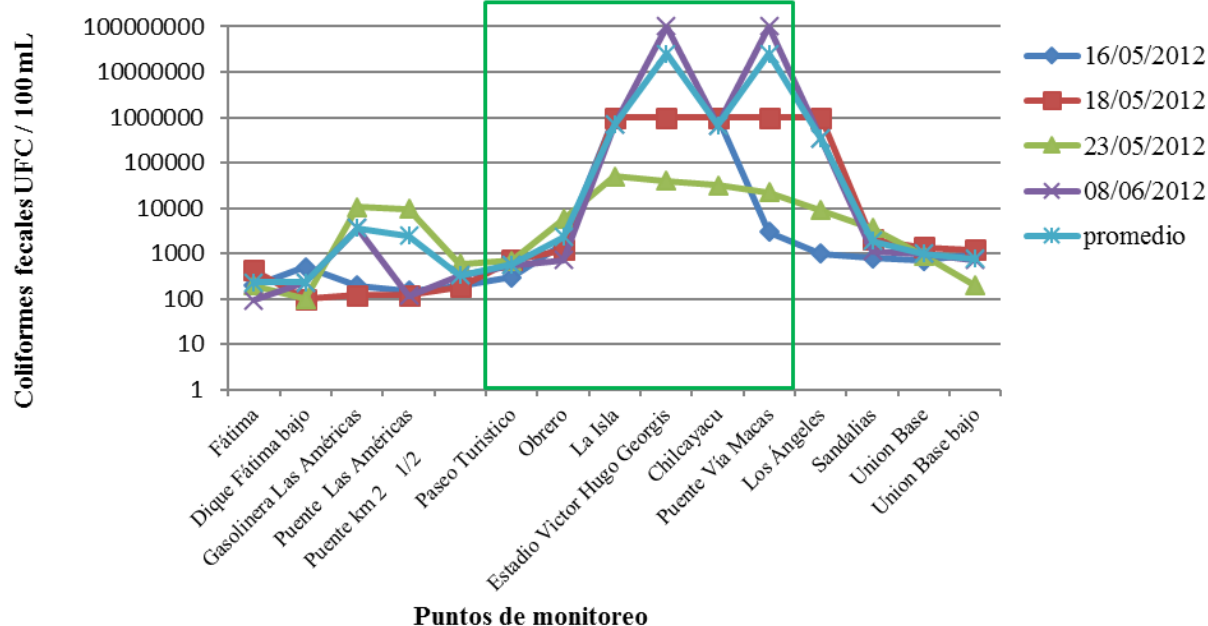


Figura 6. Concentración de coliformes fecales

La concentración de nitratos (figura 7) mostró la misma concentración de valores para todos los puntos y fechas, mientras la de nitritos se muestra estable, excepto en la fecha 23 de mayo en los puntos La Isla, Estadio Víctor Hugo Georgis, Chilcayacu, Puente Vía a Macas y el 08 de junio en los puntos La Isla, Chilcayacu y Puente Vía a Macas. Este parámetro no estaba contemplado en la legislación ecuatoriana, respecto a criterios de agua con fines de uso recreativo y preservación y conservación de la flora y fauna. A su vez los valores promedio, muestran mayores concentraciones entre los sectores La Isla y Puente vía a Macas.

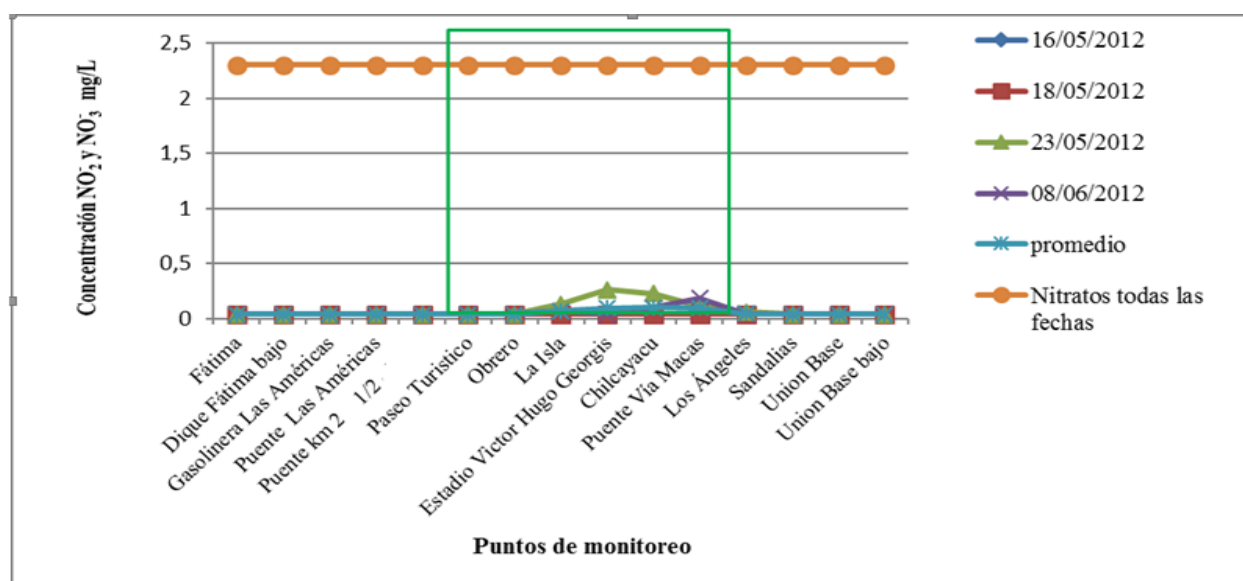


Figura 7. Concentración de nitritos y nitratos

La demanda bioquímica de oxígeno (figura 8), muestra mayor concentración el 16 de mayo en los puntos La Isla y sector Chilcayacu. Los valores promedio muestran altas concentraciones entre los sectores Obrero y Puente vía a Macas. Si bien en la legislación ecuatoriana no se establecía un valor máximo permisible de las aguas con respecto a este parámetro, de acuerdo con los criterios de uso de las aguas con fines recreativos, la concentración en la zona urbana refleja una mayor descarga de materia orgánica en las aguas del río Puyo, donde el estero Citayacu, aporta concentraciones de coliformes fecales (tabla 2). Posterior a la zona urbana se evidencia una disminución en la concentración de DBO_5 , lo que puede deberse a efectos de degradación de la materia orgánica y procesos de autodepuración del río, que también se ven facultados por aportes de aguas del río Sandalias, el cual proviene de zonas menos pobladas que los sectores anteriores, generando un mayor caudal (figura 10) y contribuyendo a una mayor dilución.

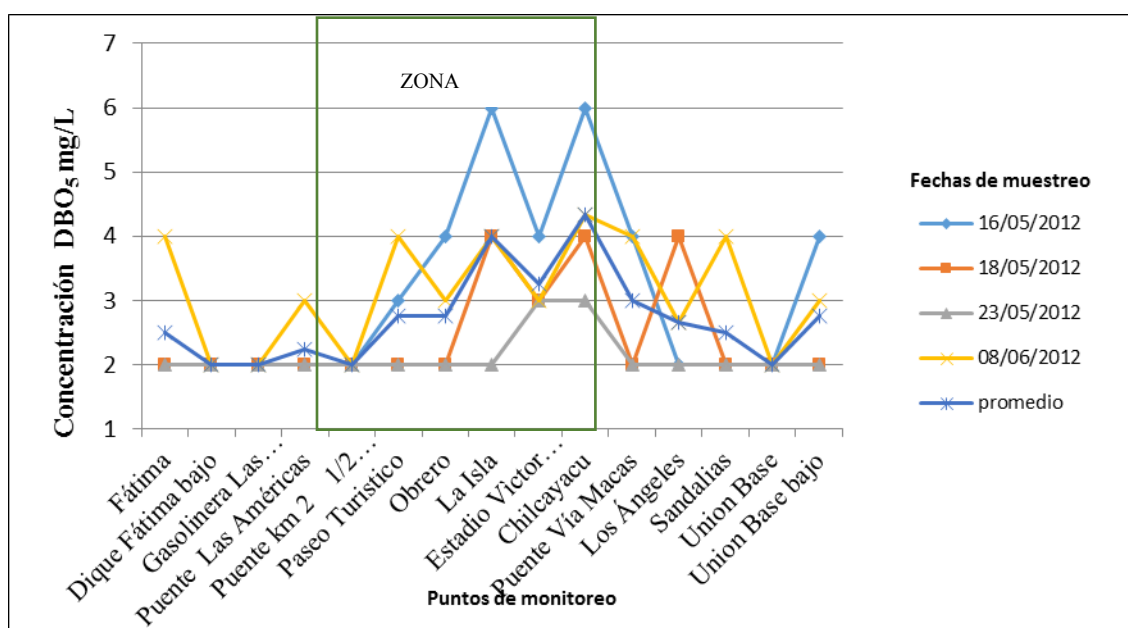


Figura 8. Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno DBO_5

Las concentraciones de sulfatos, cloro residual, nitratos, presentan valores constantes para todas las fechas y puntos de monitoreo. Estos parámetros no presentan límites permisibles de acuerdo al criterio del uso de las aguas para la recreación dentro de la legislación ambiental ecuatoriana. La temperatura muestra mayor variabilidad en los puntos ubicados en la zona alta, mientras que en la subcuenca baja se tiene menor variabilidad de la misma.

La concentración de fosfatos (figura 9) muestra mayores concentraciones las fechas 16 y 18 de junio, principalmente en los puntos Obrero, Puente Vía a Macas y Sandalias, los valores promedio muestran picos en estos sectores.

A nivel general se puede identificar que en la zona urbana existe mayores concentraciones de coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, nitritos y fosfatos, presentando el estero Citayacu, el mayor aporte en estas variables (tabla 2).

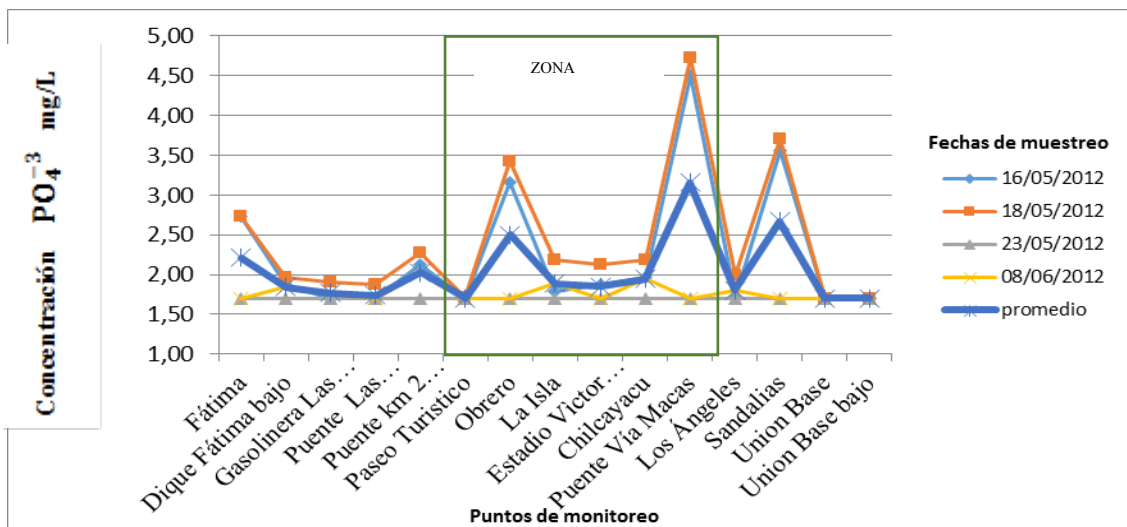


Figura 9. Concentración de fosfatos

Caracterización de caudales

A partir de los datos expuestos por Tsmaraint (2012), se muestra en la figura 10 el cambio del caudal del río Puyo, a medida que desciende desde el primer punto de monitoreo -Fátima alto- hasta el punto final -Unión Base bajo-.

La longitud del río entre estos puntos es 15,1 km aproximadamente donde el flujo está caracterizado por régimen laminar (pendientes suaves, 0-3%) y por la sinuosidad de la corriente, que disminuye la velocidad de dicha corriente.

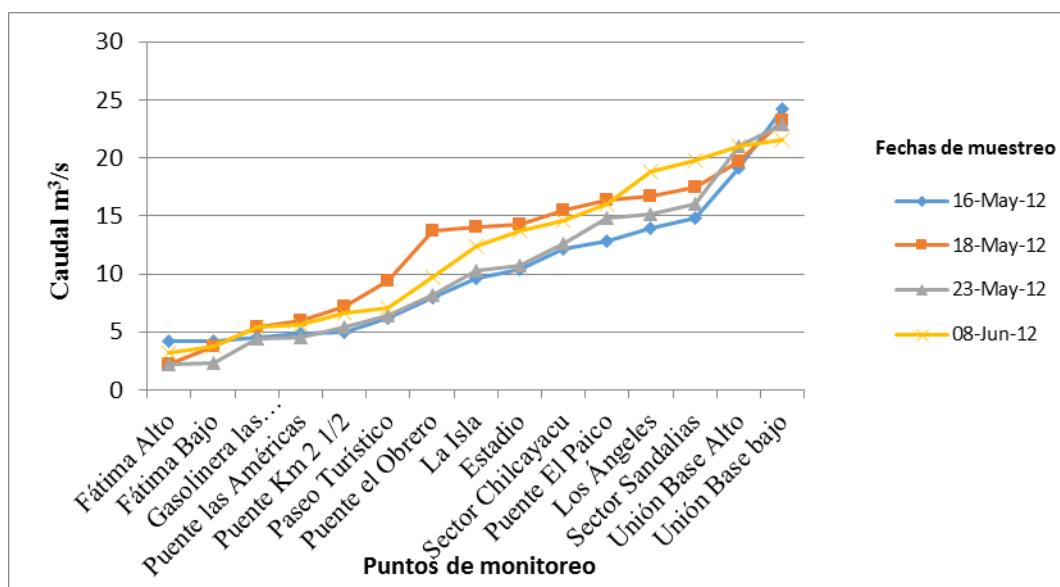


Figura 10. Caudales presentes en los puntos [fuente: Tsmaraint (2012)].

Afluentes y descargas puntuales

Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados en los afluentes y descargas puntuales (tabla 2) muestran al estero Citayacu como el principal aporte en carga de contaminantes (coliformes fecales, nitritos, DBO₅).

Tabla 2. Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos (afluentes y descargas puntuales)

Afluentes	Oxígeno disuelto	Potencial Hidrogeno	Tenso activos	Coliformes fecales	Nitratos	Nitritos	DBO ₅	Fosfatos	Sulfatos
	mg/L	pH	mg/L	NMP/100 mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Pantano las Américas	7,62	6,42	0,05	254	2,3	0,04	3	1,7	8
Churoyacu	7,44	6,48	0,05	732	2,3	0,04	4	1,7	8
Pambay	6,30	6,40	0,05	912	2,3	0,04	2	1,7	8
Citayacu	1,00	6,68	0,05	10 ⁸	2,3	0,097	16	1,7	8
Chilcayacu	7,92	6,70	0,05	172	2,3	0,04	3	1,7	8
Jatunyacu	7,28	6,72	0,05	400	2,3	0,04	4	1,7	8
Desembocadura río Sandalias	8,57	5,82	0,05	222	2,3	0,04	3	1,7	8

El estero Citayacu, al recorrer por un sector habitacional y comercial importante de la ciudad de Puyo, recibe las descargas de las aguas residuales directamente, siendo el afluente con mayor aporte negativo al río Puyo, en especial de naturaleza orgánica (coliformes fecales) que sobrepasa los límites establecidos en la legislación ecuatoriana. Los parámetros de oxígeno disuelto y DBO₅ presentan diferencias notorias en este afluente con respecto a los demás. Otro afluente con especial atención es el río Pambay (zona urbana) que también recoge descargas de conjuntos habitacionales.

Correlación entre variables

El análisis realizado con los valores obtenidos respecto a cada uno de los parámetros (tabla 3, tabla 4 y tabla 5), muestra que el caudal promedio no se correlaciona significativamente con la concentración en los parámetros físico-químicos analizados en cada sitio (tabla 3), a excepción de los parámetros pH y temperatura, los cuales respecto al caudal presentan valores de R (coeficiente de correlación de Pearson) de -0,571 y 0,723 respectivamente, lo que implica que a medida que aumenta el caudal, disminuye el pH y aumenta la temperatura. Esto puede deberse a que, al incrementar el caudal, se genera un arrastre de los sedimentos ubicados en el lecho del río, incrementando también las concentraciones de nutrientes (nitratos, nitritos y fosfatos), de materia orgánica, factores que influyen en cambios en el potencial hidrógeno.

De acuerdo con el coeficiente de determinación R² presentado en la misma tabla 3, el grado de las variables pH y caudal se asocian con un 32,6 %, mientras que las variables temperatura y caudal lo hacen con un 52,3 %.

Los pares de variables cuyos valores presentan una correlación significativa, de acuerdo con el coeficiente R de Pearson (tabla 4), son: pH y coliformes fecales, DBO₅, tensoactivos y nitritos con temperatura con valores de -0,4361, 0,4493 y 0,3013 respectivamente, lo cual implica que a medida que el pH aumenta, disminuye la concentración de coliformes fecales y viceversa;

mientras que el aumento de la demanda bioquímica de oxígeno se corresponde con el aumento de la concentración de tensoactivos, y el aumento de la concentración se relaciona con el incremento de la temperatura.

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson (R) y determinación (R^2) entre parámetros y caudal promedio

Parámetros	Coeficiente de Correlación (R) respecto al caudal promedio (por punto)	Coeficiente de Determinación (R^2) respecto al caudal promedio (por punto), en porcentaje
Oxígeno	0,115	1,3
pH	-0,571*	32,6
Tensoactivos	0,015	0,0
Coliformes fecales	0,160	2,5
Nitritos	0,218	4,7
DBO ₅	0,271	7,3
Fosfatos	0,093	0,9
Temperatura	0,723**	52,3
*Valores significativos al 0,05 (Valor absoluto crítico = 0,541, para 15 pares de valores)		
**Valores significativos al 0,01 (Valor absoluto crítico = 0,641, para 15 pares de valores)		

El grado de asociación entre estos pares de variables conforme con el coeficiente de determinación R^2 (tabla 5) fue de 19,02 %; 20,09 % y 9,08 % respectivamente. Para los análisis de correlación no se tomaron en cuenta parámetros cuya distribución de valores impedía la confiabilidad de esta prueba estadística (nitratos, sulfatos y cloro residual). No se analizó correlación con los resultados obtenidos de caudales y características físico-químicas, microbiológicas de los afluentes y descargas puntuales, pues solo se realizó la toma de muestras en un solo día, lo cual no aportaría suficiente cantidad de datos.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson (R) entre parámetros (mediciones individuales)

Parámetros correlacionados	Oxígeno	pH	Tensoactivos	Coliformes fecales	Nitritos	DBO ₅	Fosfatos	Temperatura
Oxígeno	x	0,1976	-0,2522	0,0310	0,1920	0,1978	-0,1940	-0,0229
pH	0,1976	x	0,0949	-0,4361**	0,0333	-0,2151	-0,0455	0,0163
Tensoactivos	-0,2522	0,0949	x	-0,0238	-0,0241	0,4493**	-0,0563	0,0467
Coliformes fecales	0,0310	-0,4361**	-0,0238	x	0,2523	0,1540	-0,0898	-0,0068
Nitritos	0,1920	0,0333	-0,0241	0,2523	x	0,1153	-0,1487	0,3013*
DBO ₅	-0,1978	-0,2151	0,4493**	0,1540	0,1154	X	-0,0044	0,2102
Fosfatos	-0,1940	-0,0455	-0,0563	-0,0898	-0,1487	-0,0044	x	-0,2102
Temperatura	-0,0229	0,0163	0,0467	-0,0068	0,3013*	0,2102	-0,2102	x
*Valores significativos al 0,05 (Valor absoluto crítico = 0,254, para 60 pares de valores)								
**Valores significativos al 0,01 (Valor absoluto crítico = 0,330, para 60 pares de valores)								

Se observa que los contaminantes: nitritos, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, coliformes fecales, se encuentran en mayor concentración en las zonas de incidencia de la

población. Se identifica que el tipo de zona incide directamente en la calidad de agua, lo que concuerda con Johnston et al. (1990) en variables como coliformes fecales y nitratos, donde el tipo de uso de tierra tiene relaciones altamente significativas con estos valores.

Tabla 5. Coeficientes de determinación (R^2) entre parámetros en porcentaje

Parámetros correlacionados	Oxígeno	pH	Tensoactivos	Coliformes fecales	Nitritos	DBO ₅	Fosfatos	Temperatura
Oxígeno	x	3,90	6,36	0,10	3,69	3,91	3,76	0,05
pH	3,90	x	0,90	19,02	0,11	4,63	0,21	0,03
Tensoactivos	6,36	0,90	x	0,06	0,06	20,19	0,32	0,22
Coliformes fecales	0,10	19,02	0,06	x	6,36	2,37	0,81	0,00
Nitritos	3,69	0,11	0,06	6,36	x	1,33	2,21	9,08
DBO₅	3,91	4,63	20,19	2,37	1,33	x	0,00	4,42
Fosfatos	3,76	0,21	0,32	0,81	2,21	0,00	x	4,42
Temperatura	0,05	0,03	0,22	0,00	9,08	4,42	4,42	x

Los valores de los parámetros de calidad de agua en la zona urbana, dado que las descargas de las aguas albañales se realizan directamente, aumentan notoriamente los aportes de las descargas sin tratamiento están incidiendo en la degradación de la calidad de las aguas de la principal corriente hídrica de la subcuenca.

Estos resultados pueden compararse con los obtenidos por Marques et al. (2012), en los cuales compara la calidad de agua en ríos antes y después de presencia de presas, lo cual con respecto a la presencia del dique de Fátima coincide con este autor en valores altos de pH antes de la represa, a la vez, no concuerda con los resultados de DBO₅ y coliformes fecales después del represamiento. La correlación existente entre parámetros, muestra correlación alta entre pH y la concentración de coliformes fecales, lo cual concuerda. También se observan relaciones entre las concentraciones de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos y demanda biológica de oxígeno.

CONCLUSIONES

- Los resultados de esta investigación mostraron que los valores de los parámetros evaluados, varían para las diferentes fechas y puntos de monitoreo a excepción de las concentraciones de nitratos, nitritos y tensoactivos que reportaron poca variabilidad.
- El resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, en sus promedios, muestran valores dentro del rango establecido en la norma ambiental ecuatoriana para aguas de uso recreativo para los parámetros: oxígeno disuelto y pH con respecto a aguas de uso recreacional en contacto primario y aguas para preservación de flora y fauna.
- El promedio de los análisis realizados del parámetro de coliformes fecales sobrepasa los límites máximos permisibles en cada uno de los puntos monitoreados, con mayor repercusión en la zona urbana, dado que ésta descarga directamente y sin previo tratamiento las aguas residuales recogidas en los sistemas de alcantarillado.
- Los sitios donde se presentan mayores unidades de colonias de coliformes fecales son Estadio Víctor Hugo Georgis y Puente vía Macas, localizados en la ciudad de Puyo.

- El aporte del caudal de los afluentes en el río Puyo son significativos a partir de la zona urbana. La carga contaminante que aportan los tributarios -Estero Churuyacu, Río Pambay, Estero Citayacu- aumenta la degradación de la calidad del agua del río; el Estero Citayacu es el más significativo dado que recorre un importante sector residencial de la ciudad de Puyo. Esto muestra la importancia del factor población en la calidad del agua del río Puyo.
- Se recomienda para futuras investigaciones, ampliar el número de puntos de monitoreo, así como también la cantidad de fechas y desarrollarlo en una escala temporal en diferentes épocas o años.

REFERENCIAS

- Fernández P. y Díaz P.** (2002). “Relación entre variables cuantitativas”. Unidad de Epidem. Clínica y Bioestadística. Cuadernos de Atención Primaria 9: 76-78. ISSN 1134-3583. Fundac. Atención Primaria de Galicia, La Coruña, España. Extraído de: http://www.fisterra.com/mbe/investiga/var_cuantitativas/var_cuantitativas2.pdf en julio 2016.
- INEC (2010).** “Censo de población y vivienda de Ecuador”. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito, Ecuador. Extraído de: <http://www.inec.gob.ec> en febrero 2015.
- Johnston C., Detenbeck N. and Gerald J.** (1990). “The cumulative effect of wetlands on stream water quality and quantity, a landscape approach”. Biogeochemistry, Vol. 10, N° 2, pp. 105-141. ISSN 01682563. Springer, Van Godewijkstraat, Netherlands.
- Marques P. A., Marques F. A., Albertoni E. F. y Palma Da Silva C.** (2012). “Water quality in the lotic area of the Antas River before and after the construction of the Monte Claro hydroelectric plant, south Brazil”. Acta Limnologica Brasiliensia, Vol. 24, N° 3. pp. 314-325. ISSN 2179-975X, Associação Brasileira de Limnologia, Sao Paulo, Brasil.
- Mc Clain M. y Llerena C.** (1998). “El manejo de cuencas en la selva: de los Andes a la Amazonía”. Revista Agua y Riego, Vol. 11, pp. 11-13. Instituto de promoción para la gestión del agua, Lima, Perú.
- MINAMB (2002).** “Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente-TULSMA”. Minist. de Ambiente, Quito, Ecuador. Extraído de: <http://www.mae.gob.ec> en octubre 2014.
- Ritcher B., Mathews B. and Harrison D.** (2003). “Ecologically sustainable water management”: Ecological Applications, Vol. 13, No. 1, pp. 206-224. ISSN:1051-0761, Ecological Society of America, Washington, United States.
- Rorig L. R., Tundisi J. G., Schettini C. A. and Pereira-Filho J.** (2007). “From a water resource to a point pollution source: the daily journey of a coastal urban stream”, Brazilian Journal of Biology, Vol 67, No. 4, pp. 597-609. ISSN:1678-4375. Inst. Internac. de Ecologia, San Carlos, Brasil.
- Sucoshañay J. y Gutiérrez J. E.** (2015). “Diagnóstico de la calidad de las aguas fluviales de la cuenca del río Puyo”. Encuentro de Geógrafos de América Latina EGAL 2015. Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba.
- Tsmaraint T.** (2012). “Manejo de los recursos hídricos y degradación de la subcuenca media del río Puyo”. Tesis de Ing. Ambiental. Univ. Estatal Amazónica, pp.107, Pastaza, Ecuador.