

Concentración de nitratos, fosfatos, tensoactivos y su relación con las precipitaciones en río Puyo

Fabricio Antonio Ríos Rodríguez [email: riosfabricio2014@gmail.com](mailto:riosfabricio2014@gmail.com)
Técnico Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza, Pastaza, Ecuador

Ricardo Vinicio Abril Saltos [email: rvabril@uea.edu.ec](mailto:rvabril@uea.edu.ec)
Docente Universidad Estatal Amazónica, Carrera de Ingeniería Ambiental, Pastaza,, Ecuador

Edison Xavier Carvajal [email: maygua_xc@yahoo.com](mailto:maygua_xc@yahoo.com)
Docente Universidad Estatal Amazónica, Carrera de Ingeniería Ambiental, Pastaza, Ecuador

Katherine Pamela López Adriano [email: katherinepamela@outlook.es](mailto:katherinepamela@outlook.es)
Alumna Universidad Estatal Amazónica, Carrera de Ingeniería Ambiental, Pastaza, Ecuador

Henry Estuardo Rodríguez Naranjo [email: henryr@hotmail.com](mailto:henryr@hotmail.com)
Analista de gestión ambiental, Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza, Pastaza, Ecuador

RESUMEN

Esta investigación se ejecutó en el período 2016-2018. Su objetivo fue: “Determinar las concentraciones de nitratos, fosfatos y tensoactivos en la subcuenca del río Puyo y su correlación con otras variables y la precipitación. Se monitoreó 10 puntos en el curso principal y 18 en los afluentes. Se caracterizaron las zonas como alta, urbana y baja, se realizó un análisis de correlación entre las variables evaluadas. Los promedios mostraron mayor concentración en nitratos en los puntos: Rosario Yacu, puente del río Indulama y cabeceras del río Putuimi, fosfatos en: dique de Fátima, Bellavista baja, dique Pambay, dique las Palmas y Bellavista y en tensoactivos al dique de los Mecánicos y al puente del río Indulama. Se concluye que las concentraciones promedio, no superan los límites establecidos en la normativa.

Palabras clave: calidad de agua, fosfatos, nitratos, población, tensoactivos.

Concentration of nitrates, phosphates, surfactants and their relationship with rainfall in the Puyo River

ABSTRACT

This research was carried out in the 2016-2018 period, its objective was to determine the concentrations of nitrates, phosphates and surfactants in the sub-basin of the Puyo River and their correlation with other variables and rainfall. It was monitored in 28 points: 10 in the main course and 18 of its tributaries. The areas were characterized as high, urban and low. The average showed greater concentration in nitrates at the points: Rosario Yacu, bridge of Indulama river and headwaters of the Putuimi river, phosphates in: Fatima dam, Bellavista Baja, Pambay dam, Palmas dam and Bellavista and in surfactants at dam of the Mechanics and bridge of the Indulama river. It is concluded that the average concentrations do not exceed the limits established in the regulations.

Keywords: water quality, phosphates, nitrates, people, surfactants.

INTRODUCCIÓN

El agua es el componente más abundante del ecosistema, todos los organismos vivos la requieren para su supervivencia y crecimiento. Las poblaciones en el mundo, generan cambios en la calidad físico, química y biológica del suelo, agua y aire, siendo necesario realizar controles periódicos del agua para garantizar la ausencia de enfermedades, para esto es necesario conocer algunas características físico químicas utilizadas en el análisis de agua. Parte de estas dependen de la composición geológica de la zona, las rocas, el suelo, aerosoles presentes en la atmósfera y de muchas actividades humanas (Patil et al. 2012).

El enriquecimiento de nutrientes en el agua puede darse por fuentes naturales donde el proceso es lento o por procesos antrópicos el cual es más acelerado, donde se tienen aportes de escorrentía por actividades relacionadas a la agricultura, aguas residuales domésticas e industriales. (Abella y Martínez 2012), donde la alteración antropogénica del ciclo del nitrógeno genera impactos en la calidad de agua superficial y los hábitats. Los corredores de los ríos son reconocidos por su potencial de incremento de nitratos en las zonas de inundación ribereñas y zonas hiporreicas representando “hot spots” de renovación de nitrato y por ende su disminución en la corriente (Krause et al. 2013)

El presente trabajo se desarrolló en el período entre 2016-2018 en Ecuador, provincia de Pastaza cantones, Mera y Pastaza, pertenecientes a la subcuenca del río Puyo. Su cuerpo principal presenta dos diques ubicados en los ramales Puyo y Pindo y en sus afluentes se localizan cuatro diques turísticos, además de balnearios naturales donde se realizan actividades recreativas. El río recorre 44 km entre zonas urbanas y rurales donde se asienta una población aproximada de 33557 habitantes en la zona urbana y 3102 en el área rural. (Abril et al. 2017).

La investigación se desarrolló con la colaboración interinstitucional entre el Gobierno autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza y la Universidad Estatal Amazónica. Su objetivo fue: determinar las concentraciones de nitratos, fosfatos y tensoactivos en la subcuenca del río Puyo y su correlación con otras variables.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Pastaza cantones: Mera y Pastaza en el curso del río Puyo. La zona se caracteriza por la presencia de altas precipitaciones, donde los registros del pluviómetro del aeropuerto Río Amazonas ubicado en el cantón Mera presenta 5360 mm anuales, y los registros del pluviómetro de la estación meteorológica Puyo reportan 4630 mm, correspondiendo los meses más lluviosos al período abril- junio y los menos lluviosos agosto-septiembre. Las coordenadas proyectadas en sistema WGS 84 se observan en la tabla 1 y los puntos son reflejados en la figura 1.

Se agruparon los puntos de monitoreo en tres zonas, considerándose como zona alta aquella ubicada en la cuenca alta y donde no existen asentamientos poblacionales urbanos, zona urbana, aquellas con asentamientos poblacionales superiores a 2000 personas y zona baja a las ubicadas aguas abajo, posterior a los asentamientos poblacionales.

Se colectaron los datos de precipitación de la estación meteorológica Pindo Mirador en el cantón Mera para determinar la incidencia de las precipitaciones en estas concentraciones.

Tabla 1. Puntos de monitoreo

Curso	Zona	Id	Estación	X	Y
Principal	Alta	1	Cabeceras del. río Puyo	160336	9841315
		2	Dique de Fátima	165474	9841913
		5	Estación Biológica Pindo Mirador	157105	9838531
	Urbana	3	Barrio La Isla*	166665	9835765
		4	Puente De Unión Base	169329	9830911
		6	Dique de Shell	159382	9834582
		7	Camal municipal	164881	9834360
	Baja	8	Puente A Ilupungu	169595	9831059
		9	Rosario Yacu	171825	9828556
		10	Bellavista Baja	174914	9818079
Afluentes	Alta	12	Cabeceras Del río Sandalias	174500	9834557
		13	Cabeceras. río Sandalias 2	174498	9834557
		14	Dique De Los Mecánicos (Rio Chilcayacu)	173746	9837726
		15	Dique De Veracruz* (Rio Sandalias)	173397	9834595
		16	Dique Pambay (Rio Pambay)	165582	9837248
	Urbana	17	Paico (Rio Chilcayacu)	168291	9834451
		18	Dique Las Palmas	163223	9833715
		19	Puente Del río Sandalias	170644	9833900
		11	Puente Sobre El río Chorreras	177246	9828776
	Baja	20	Comunidad Dos ríos (Rio Chingushimi)	170727	9828064
		21	Mina Chorreras	175231	9826044
		22	Puente Sobre El río Indulama	180945	9824657
		23	Balneario Del río Indulama	176956	9824201
		24	Cabeceras Del río Putuimi	164396	9827279
		25	Nueva Vida	170229	9821720
		26	Bellavista	174838	9818474
		27	Puente De Ila Yacu	169686	9832099
		28	Cabeceras río Chingushimi	164592	9830277

Se realizaron monitoreos en los años: 2016 en noviembre y diciembre, 2017 en noviembre, diciembre y 2018 en la primera semana de septiembre (septiembre a), cuarta semana de septiembre (septiembre b) y en noviembre, los cuales se ejecutaron en 28 puntos; 10 están ubicados en el curso principal y 18 en sus afluentes (figura 1), cubriendo una longitud de cauce de 9,2 km en el ramal Pindo y 17 km en el ramal Puyo, se tomaron muestras compuestas registrando valores in situ de: nitratos (STANDARD METHODS 4500 -NO₃ – E), Potencial de Hidrógeno (PE-LSA-01) , fosfatos (STANDARD METHODS 4500 - P- E), tensoactivos (STANDARD METHODS 5540 - C) y oxígeno disuelto (STANDARD METHODS 4500-O-G) (AWWA Staff 2011).

Con los resultados obtenidos, se aplicó una correlación de Pearson (Abril et al. 2017) con el uso del programa SPSS para determinar en función de cada zona, las relaciones existentes entre los diferentes parámetros evaluados.

También se determinaron los valores estadísticos: desviación estándar y coeficiente de variación en función de los puntos de monitoreo en el cuerpo principal. Se aplicó un análisis de varianza, para identificar si existen diferencias significativas entre las zonas evaluadas con el uso del programa INFSTAT.

Se compararon los resultados con los límites máximos permisible establecidos en el texto unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) (Ministerio del Ambiente del Ecuador 2015).

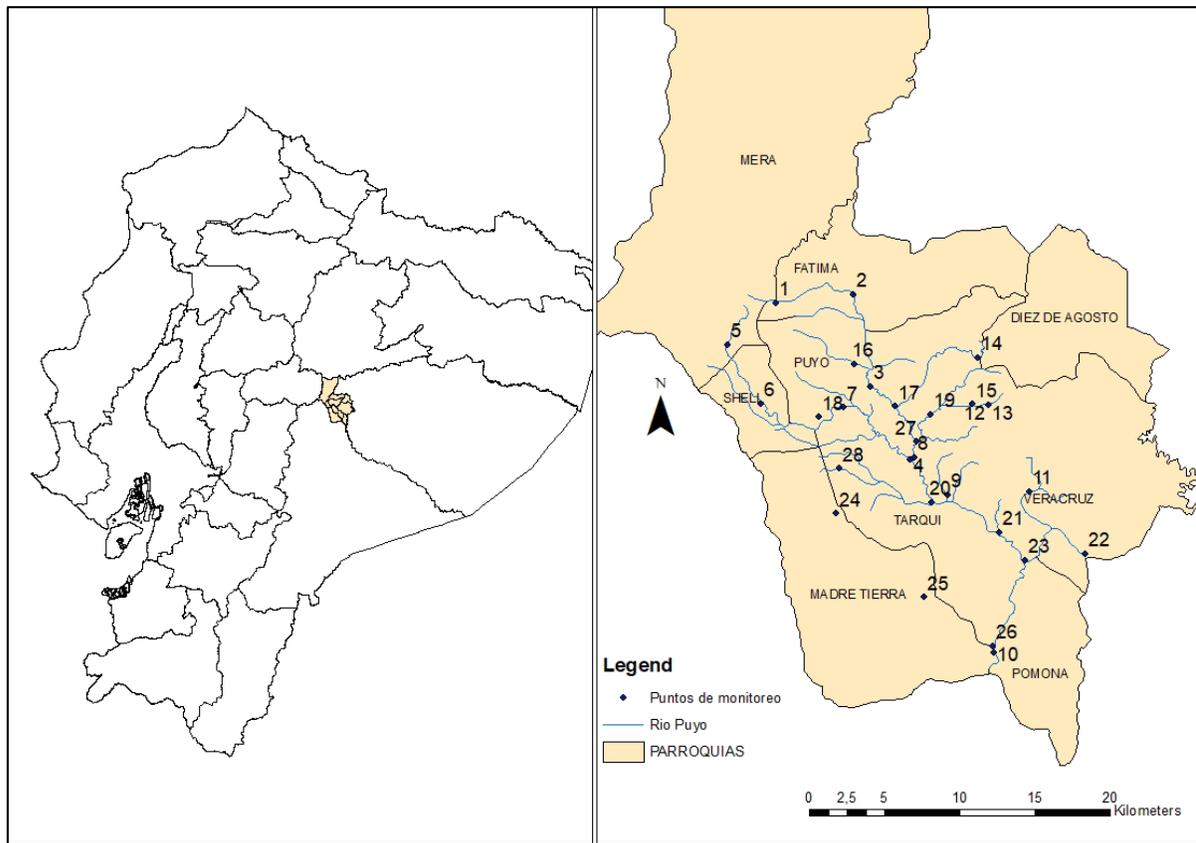


Figura 1. Puntos de monitoreo

RESULTADOS

La tabla 2 presenta los registros de precipitaciones para las fechas de monitoreo, donde la zona reporta presencia de precipitaciones en todas las fechas y también en el registro del día previo a excepción de diciembre 2016 donde no se reportó precipitación.

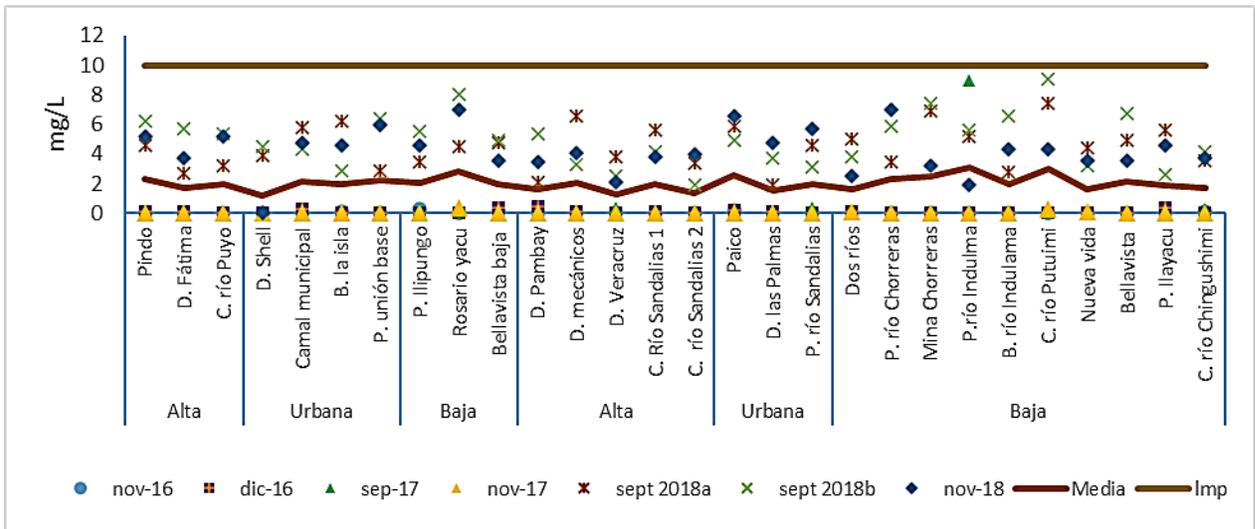
Tabla 2. Precipitaciones (mm) del día de monitoreo y del día anterior

	2016		2017		2018		
	Nov	Dic	Sept	Nov	Sept a	Sept b	Noviembre
Día muestreo	16,4	5,6	3,7	12,2	7,3	9,9	4,7
Día anterior	18	0	8,2	9,8	14,2	9,3	8,4

En el análisis de nitratos (NO_3^-) se tomó en cuenta el límite máximo permisible (LMP), criterio de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, el cual es de 13 mg/L (Ministerio del Ambiente del Ecuador 2015).

Los promedios obtenidos de las diferentes fechas de monitoreo, para los 28 puntos de muestreo, se encuentran por debajo del límite establecido en la normativa ecuatoriana (figura 2),

presentando en el curso principal concentraciones mínimas de 1,2 mg/L en el punto ubicado en el del Dique Shell y máximas de 2,9 mg/L en el Puente de Unión Base y en los afluentes la concentración máxima de 3,1 mg/L en el en la zona baja en el Puente del río Indulama, y el mínimo con una concentración de 1,6 mg/L en el sector Nueva Vida. Cabe indicar que varios puntos de muestreo presentan valores mínimos por debajo del límite de detección del equipo. En cuanto a las fechas de muestreo, los dos monitoreos realizados en el año 2018, son los que presentan mayores valores, encontrándose estos sobre la media de cada punto.



Sept2018a (monitoreo primera semana de septiembre); Sept2018b (monitoreo última semana de septiembre)

Figura 2. Concentración de nitratos

Los fosfatos (PO_4^-) no se encuentran dentro de los criterios establecidos en la normativa ecuatoriana para el criterio de calidad de agua para usos recreativos y preservación de flora y fauna acuática. Los valores medios de concentración, para los 28 puntos de muestreo de los fosfatos (figura 3), presentan en el curso principal la mínima concentración con un valor de 0,24 mg/L en el punto ubicado en el dique Shell y la máxima en el dique de Fátima con 0,7 mg/L. De igual forma en los valores promedio, en los afluentes, la máxima concentración es de 0,78 mg/L en el punto ubicado en Bellavista y el más bajo en el dique de Veracruz con 0,26 mg/L. Las diferentes fechas de monitoreo, reportan que sus concentraciones muestran una mayor dispersión en los afluentes en la zona baja y menor en la zona alta con respecto al curso principal, sin embargo, el comportamiento difiere entre las diferentes zonas.

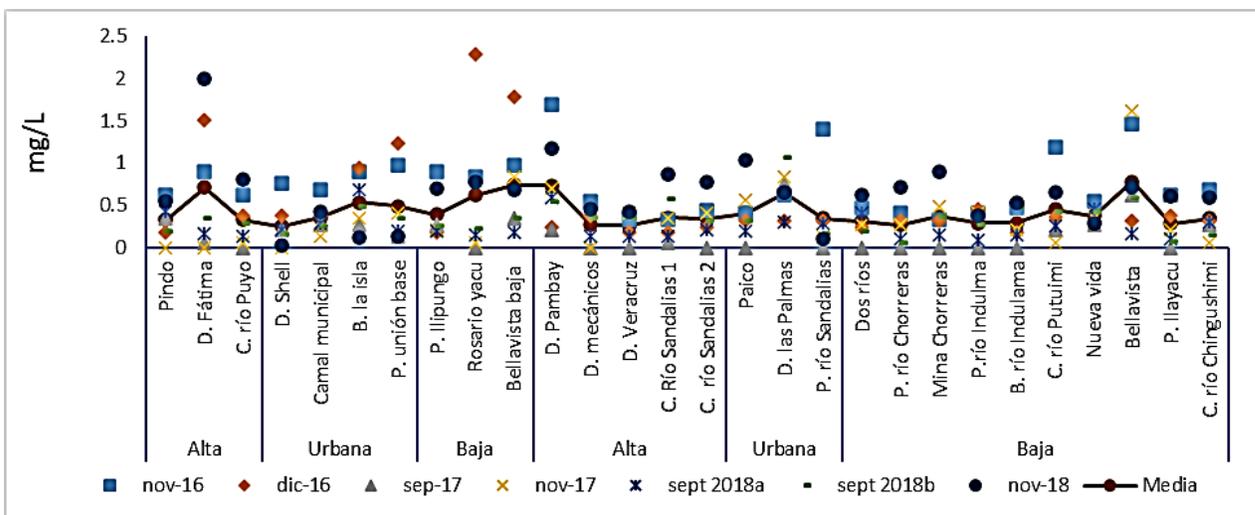


Figura 3. Concentración de fosfatos

En el análisis de tensoactivos se tomó en cuenta los criterios de límites máximos permisibles del agua destinada para fines recreativos mediante contacto primario y calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario, siendo para cada uno el límite máximo permisible de 0,5 mg/L.

Los valores medios de concentración, para los 28 puntos de muestreo, se encuentran por debajo de la normativa (figura 4) en estos, el curso principal reporta la mayor concentración de 0,09 mg/L en el barrio la Isla y la menor en el puente Unión Base con una concentración de 0,024 mg/L. En los afluentes, la mayor concentración con un valor de 0,12 mg/L se reportó en el punto ubicado el Puente del río Indulama y el de menor valor en el Dique del río Pambay. La comparación entre fechas, presenta al monitoreo de septiembre del 2017 como el de mayores concentraciones.

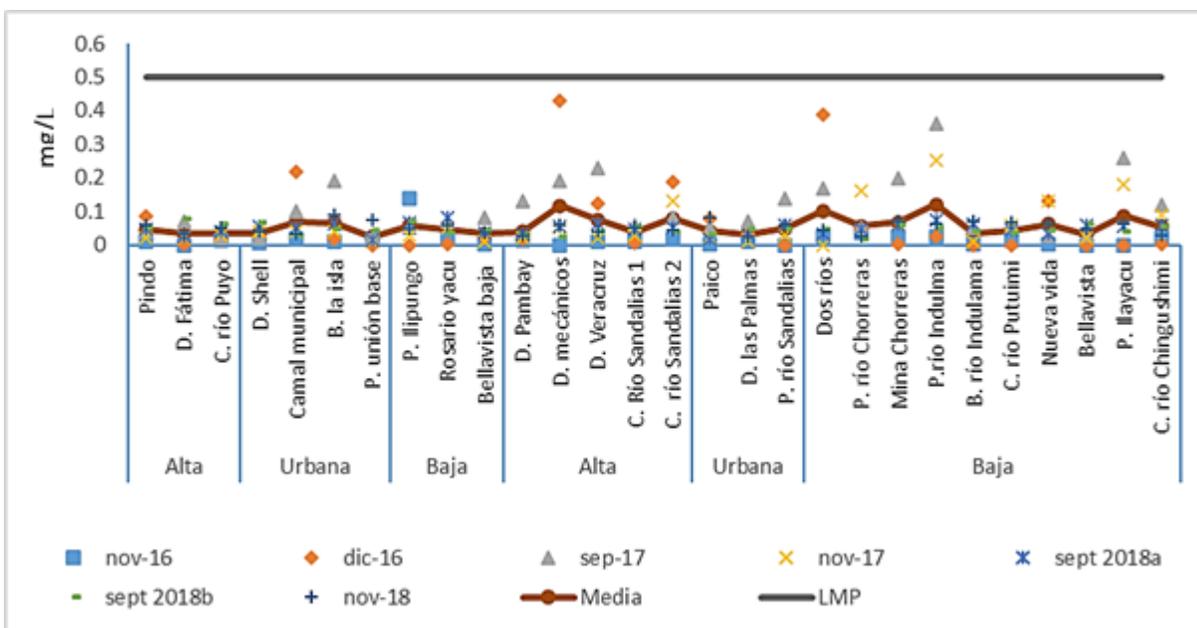


Figura 4. Concentración de tensoactivos

En el análisis del Potencial de Hidrógeno (pH) (tabla 3) se tomó en cuenta los criterios de rangos permisibles del agua destinada para fines recreativos mediante contacto primario y calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario (Ministerio del Ambiente del Ecuador 2015), donde establece un rango de 6,5 a 8,3. Los valores medios registrados en los puntos de monitoreo se encontraron dentro de este rango, el menor valor reportado fue en las cabeceras del río Sandalias 2 en septiembre del 2017, mientras que el mayor valor reportado se registró en noviembre del 2017 en el Dique de Fátima.

Tabla 3. Valores reportados de pH y Saturación de oxígeno

Cuerpo	Zona	Estación	pH				Saturación de oxígeno (%)				
			Media	Max.	Min.	Desv. estándar	Media	Max.	Min.	Desv. estándar	
Principal	Alta	Pindo	7,7	8,3	7,5	0,2	84,1	94,4	53,7	15,9	
		D. Fátima	8,1	9,0	7,5	0,5	85,8	104,4	61,4	17,6	
		C. río Puyo	7,3	8,2	6,0	1,0	73,7	94,6	43,1	20,6	
	Urbana	D. Shell	7,8	8,1	7,4	0,2	76,8	92,8	42,4	21,0	
		Camal municipal	7,7	8,3	7,3	0,4	78,4	101,6	45,9	22,9	
		Barrio La Isla	7,8	8,2	7,6	0,2	77,1	91,0	50,5	14,4	
		P. Unión Base	7,5	8,2	7,1	0,4	88,7	94,4	79,5	6,5	
		Baja	P. Ilipungo	7,4	8,0	6,7	0,5	82,9	110,6	52,4	18,6
			Rosario yacu	7,6	8,0	6,9	0,4	90,8	112,9	82,8	12,7
			Bellavista baja	7,4	8,4	6,7	0,6	79,9	95,9	48,7	16,7
Afluentes	Alta	D. Pambay	7,8	8,3	7,4	0,3	79,8	96,8	42,2	20,2	
		D. mecánicos	7,2	8,4	6,6	0,7	73,1	90,5	41,3	16,9	
		D. Veracruz	7,2	8,5	6,6	0,6	76,0	96,7	38,2	22,3	
		C. río Sandalias 1	7,2	8,3	6,7	0,5	74,1	91,0	38,4	22,3	
		C. río Sandalias 2	6,9	7,7	5,6	0,7	69,7	89,9	45,1	18,2	
	Urbana	P. Paico	7,5	8,0	7,0	0,5	78,1	93,5	39,5	19,0	
		D. las Palmas	7,7	8,2	7,4	0,3	75,5	93,0	32,7	22,6	
		P. río Sandalias	7,2	8,2	6,3	0,6	89,8	94,9	83,5	4,3	
		Baja	Dos ríos	7,5	8,2	6,9	0,6	81,7	92,9	49,2	16,6
			P. río Chorreras	7,1	7,8	6,2	0,7	76,3	91,3	53,2	17,1
			Mina Chorreras	7,6	8,3	6,7	0,7	82,9	91,4	63,4	10,4
			P. río Indulma	7,2	8,1	6,3	0,7	84,5	97,6	60,5	13,2
			B. río Indulama	7,6	8,3	6,9	0,5	77,4	98,5	48,7	17,7
			C. río Putuimi	7,5	8,3	6,3	0,8	77,5	92,3	41,8	18,6
			Nueva vida	7,4	8,0	6,6	0,5	80,6	92,9	50,9	16,1
			Bellavista	7,3	8,0	6,4	0,6	75,1	91,8	35,4	22,6
			P. Ilayacu	7,3	8,0	6,8	0,4	81,6	90,9	50,9	15,6
			C. río Chingushimi	7,4	8,2	6,6	0,6	74,5	90,8	50,1	13,7

Desv.: Desviación; D.: Dique; P.: Puente C.: Cabeceras; B. Balneario

En el análisis de Saturación de oxígeno (tabla 3) se tomaron en cuenta los criterios de límites mínimos permisible del agua destinada para fines recreativos mediante contacto primario y calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario (Ministerio del Ambiente del Ecuador 2015), el cual determina que los valores deben ser >80%. En los valores medios de saturación de oxígeno disuelto, 15 puntos muestran valores por debajo del mínimo establecido en la norma, El menor porcentaje de saturación en los afluentes se reporta en las cabeceras del río Chingushimi y en el curso principal en el Dique de Shell y los mayores reportes de saturación en

el curso principal se reporta en el punto ubicado en Rosario Yacu y en los afluentes en el puente sobre río Sandalias.

El análisis de correlación R^2 (tabla 4) entre los parámetros evaluados muestra que la concentración de nitratos presenta correlaciones significativas al 0,01 en los afluentes con el pH en todas las zonas y con la saturación de oxígeno en la zona alta y baja en el curso principal en la zona alta con la saturación de oxígeno, en la baja con la precipitación del día de muestreo y en la urbana donde el pH también presenta correlaciones significativas al 0,05 con el pH en la zona baja.

Tabla 4. Análisis de correlación entre parámetros evaluados

Zona	Parámetros	Nitratos		Fosfatos		Tensoactivos	
		Afluentes	Principal	Afluentes	Principal	Afluentes	Principal
Alta	Fosfatos	0,274	0,090				
	Tensoactivos	-0,204	0,314	-0,175	-0,325		
	pH	0,582**	0,340	0,384*	0,039	-0,299	0,304
	Saturación de oxígeno	0,536**	0,561**	0,079	-0,052	-0,235	0,638**
	Precip. día muestreo	-0,224	0,049	0,127	-0,271	-0,408*	-0,195
	Precip día anterior	0,229	-0,024	0,129	0,064	-0,520**	-0,134
Baja	Fosfatos	-0,076	-0,268				
	Tensoactivos	0,031	0,192	-0,328**	-0,331		
	pH	0,631**	0,540*	-0,017	-0,041	-0,358**	0,146
	Saturación de oxígeno	0,487**	0,172	-0,214	-0,723**	0,160	-0,176
	Precip. día muestreo	-0,224	0,656**	0,319**	-0,160	-0,249*	0,043
	Precip. día anterior	0,134	0,102	0,209	-0,334	-0,179	0,387
Urbana	Fosfatos	0,012	-0,235				
	Tensoactivos	0,174	0,072	-0,263	-0,315		
	pH	0,560**	0,550**	0,264	0,025	-0,306	-0,057
	Saturación de oxígeno	0,322	0,295	-0,009	-0,673**	0,011	-0,040
	Precip. día muestreo	-0,311	-0,201	0,377	0,370	-0,640**	-0,410*
	Precip. día anterior	0,105	0,158	0,263	0,058	-0,325	-0,303

** valores significativos al 0,01
*valores significativos al 0,05

Los fosfatos presentan en las afluentes correlaciones significativas al 0,05 en la zona baja en relación inversa con los tensoactivos y en forma directa con la precipitación del día de muestreo y correlación al 0,05 con el pH mientras que en la zona baja y urbana muestra correlación significativa al 0,01 con la saturación de oxígeno.

Los tensoactivos muestran correlaciones negativas significativas al 0,01 en los afluentes en la zona alta con la precipitación del día anterior y en la urbana con la del día de muestreo y en la zona media con el pH, también significativas negativas al 0,05 con la precipitación del día de muestreo en las zonas alta y baja, mientras que en el curso principal, muestra correlación significativa al 0,01 con la saturación de oxígeno en la zona alta y correlación negativa al 0,05

con la precipitación del día de muestreo. El análisis de varianza (tabla 5), no mostró diferencias entre las zonas y los cursos hídricos.

Tabla 5. Valores de P para el análisis de varianza

	Valor de P	
	Curso	Zona
Fosfatos	0,1652	0,9436
Nitratos	0,7672	0,5535
Tensoactivos	0,1251	0,6592

DISCUSIÓN

Los nitratos reportan mayores concentraciones en el curso principal en la parte baja, lo cual puede deberse a efectos de acumulación, a su vez en la zona alta muestra correlaciones significativas al 0,01 con la saturación de oxígeno al igual que en los afluentes en las zonas baja y alta, si se considera que en estas zonas las corrientes no presentan retenciones en el flujo, por lo cual no se aplica lo citado por (Krause et al. 2013) quienes plantean que el incremento de la concentración de nitratos está asociada con el tiempo de residencia en el flujo y la reducción del oxígeno disuelto en zonas donde se genera la retención del flujo de agua.

La concentración de nitratos muestra una correlación con el inicio de las épocas de altas precipitaciones (Brenes et al. 2011), sin embargo la zona se caracteriza por altas precipitaciones durante todo el año, lo cual genera un aumento de caudales y la generación de un barrido en el fondo del lecho, en el cual los materiales acumulados en el fondo por sedimentación se reincorporan en la masa de agua, aumentando así la concentración de los factores citados, sin embargo, es necesario analizar que el comportamiento de los muestreos en los afluentes es diferente que en el curso principal

El pH óptimo de las aguas para preservación de la vida acuática debe estar entre 6,5 y 8,5 es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, según lo establece la norma. Mediante la toma de los 28 puntos, se obtuvo concentraciones mínimas de 6,89 ubicado en la zona alta de la cuenca en las cabeceras del río Sandalias 2 y concentración máxima de 8,08 en el punto ubicado en la zona alta del Dique Fátima. En cuanto a la concentración media se obtuvo un valor de 7,33 en el punto ubicado en la zona baja de la estación Dos Ríos.

Souza et al. (2010) citan a los fosfatos como uno de los principales ingredientes en la formulación de detergentes industriales y domésticos, lo cual puede explicar su presencia en el río. Al presentar la zona altas precipitaciones, genera mayores caudales en el río, favoreciendo la disolución y transporte de estos nutrientes, por lo cual no se evidencia que sus concentraciones sobrepasen los límites máximos establecidos en la normativa ecuatoriana y tampoco se observe efectos de eutrofización, al contrario de otras zonas, como el estudio planteado por (Bolaños et al. 2017), donde en los cantones Grecia y Poás de Costa Rica, llegan a presentar concentraciones de hasta 38 mg/L de nitrato y 33 mg/L de fosfatos.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de nitratos, fosfatos y tensoactivos, en sus valores medios no sobrepasan los límites establecidos en la normativa ecuatoriana, sin presentar diferencias significativas entre las zonas evaluadas.

Los nitratos y fosfatos, muestran correlaciones con los valores de pH y saturación de oxígeno, mientras que los tensoactivos presentan correlaciones negativas con las precipitaciones, por lo que el incremento de caudales por la precipitación en el caso de nitratos y fosfatos puede generar la reincorporación de materiales sedimentados en el fondo del lecho y por tanto aumentar la concentración, mientras que, en los tensoactivos, genera una mayor dilución disminuyendo su concentración.

No se reportaron diferencias significativas entre los sectores evaluados para los parámetros estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a las autoridades del Gobierno Provincial de Pastaza del Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas, a la dirección de Vinculación con la colectividad de la Universidad Estatal Amazónica, a los técnicos y estudiantes que colaboraron en el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS

- Abella J. y Martínez C.** (2012). “Contribución de un afluente tributario a la eutrofización del lago de Tota (Boyacá, Colombia)”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 41, no. 2, pp. 243-262, ISSN 0120-2804. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Abril R., Rodríguez L., Sucoshañay J. y E. Bucaram.** (2017). “Caracterización Preliminar de calidad de aguas de la subcuenca media del río Puyo”, *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 28, no. 2 pp. 59-72. ISSN 1680-0338, CIH, Cujae, La Habana.
- AWWA Staff** (2011). “Water Quality”, 4th ed. Denver: American Water Works Association. ISBN 978-1-58321-780-1, USA.
- Brenes R., Cadena A. y Ruiz R.** (2011). “Monitoreo de la concentración de nitrato en el acuífero del valle de Puebla”, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 27, no. 4, pp. 313-321. ISSN 0188-4999, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Bolaños J., Cordero G. y Segura G.** (2017). “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)”, *Tecnología en Marcha*, vol. 30-4 pp. 15-27. ISSN 2215-3241, Instituto tecnológico de Costa Rica. Cartago.
- Krause C., Tecklenburg M. and Naden, E.,** (2013). “Streambed nitrogen cycling beyond the hyporheic zone: Flow controls on horizontal patterns and depth distribution of nitrate and dissolved oxygen in the up welling groundwater of a lowland river Stefan”, *Journal of*

Geophysical Research: Biogeosciences, vol. 118, pp 54-67, ISSN 2169-8961. Wiley, Denver, USA.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). “Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA). Libro VI Anexo 1”. Registro Oficial Edición Especial N° 316, Lunes 4 de mayo de 2015, Ecuador.

Patil P., Sawant D. and Deshmuh R. (2012). “Physico-chemical parameters for testing of water – A review”, International Journal of Environmental Sciences, vol. 3, no. 3, pp. 1194-1207, ISSN 0976-4402. Integrated Publishing Association, Chennai, India.

Souza C., Cardoso C. y Fraguas M., (2010). “Determinação da Concentração de Fosfato em Amostras de detergentes em Po Utilizando Detecção Titulométrica”, Revista Eletrônica TECCEN, vol. 3, n. 4, pp 19.28, ISSN 1984-0993, Universidad de Vassouras, Rio de Janeiro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Fabricio Antonio Ríos Rodríguez <https://orcid.org/0000-0001-6162-8086>

Realizó el levantamiento de información, procesamiento e interpretación de los resultados y redacción del informe final.

Ricardo Vinicio Abril Saltos <https://orcid.org/0000-0003-1544-4360>

Realizó la estructura de la investigación, redacción y revisión del documento final.

Edison Xavier Carvajal <https://orcid.org/0000-0001-7836-2464>

Realizó el procesamiento e interpretación de información.

Katherine Pamela López Adriano <https://orcid.org/0000-0001-9260-5661>

Realizó el procesamiento de información.

Henry Estuardo Rodríguez Naranjo <https://orcid.org/0000-0002-1535-902X>

Realizó el levantamiento de información.