

Evaluación de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Puyo de la amazonia ecuatoriana a partir de un índice integrador (ICA_sp)

Darwin Javier Sucoshañay-Villalba ^(1*), José Evelio Gutiérrez-Hernández ⁽²⁾, Alberto E. García-Rivero ⁽²⁾, Rubén Ledesma-Acosta ⁽³⁾ y José Miguel Mira-Vásquez ⁽⁴⁾

^(1*) *Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - Universidad Estatal Amazónica, Puyo-Pastaza-Ecuador, Estudiante de Postgrado de la Universidad de La Habana, Cuba. Correo electrónico: javier_dsv@hotmail.com; javier.villalba@geo.uh.cu*

⁽²⁾ *Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba*

⁽³⁾ *Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador*

⁽⁴⁾ *Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - Estudiante de Postgrado de la Universidad de La Habana, Cuba.*

Recibido: marzo 15, 2015	Aceptado: junio 12, 2015
--------------------------	--------------------------

Resumen

La contaminación hídrica es una problemática existente en los territorios amazónicos. En la cuenca del río Puyo localizada en la amazonia ecuatoriana, donde se asienta la capital provincial (Puyo), la contaminación está afectando a sus principales sistemas fluviales. En la presente investigación se seleccionaron catorce puntos de monitoreo, divididos en la corriente principal y principales tributarios, en los cuales fueron determinados cinco parámetros de calidad de agua: pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, DBO y Coliformes fecales, y se aplicó el ICA sp. Los resultados muestran que ocho puntos monitoreados se clasifican medianamente contaminados y dos contaminados, de los cuales uno de ellos es un balneario turístico importante en el territorio y localizado en un tributario principal. En el territorio se concluye que la contaminación existente es efecto de las aguas albañales que se disponen directamente en los ríos y sin tratamiento.

Palabras clave: Contaminación hídrica, sistemas fluviales, parámetros de calidad, ICA sp, aguas albañales.

Evaluation of the quality of surface water of Puyo river basin in the ecuadorian amazon from the integrator index (ICA_sp)

Abstract

Water pollution is a standing problem in Amazonian regions. In the Puyo river's basin, located in the Ecuadorian Amazon, where the provincial capital (Puyo) stands, Pollution is affecting its main hydric systems. Fourteen monitoring points, sub-divided into the main stream and principal tributaries were chosen, for which five standards of water quality were determined: pH, electric conductivity, dissolved oxygen, BOD-bio-chemical oxygen demand-, and fecal coliforms, which was applied in the water quality index- ICA, for its initials in Spanish. The outcomes show that eight of the monitored locations are classified as mildly polluted, while two of them are fully polluted; one of them being an important touristic resort in the region, located in a main tributary. It has been concluded that existing pollution is due to the effect of sewage water flowing directly untreated into the river.

Key words: Water Pollution, hydric systems, quality parameters, Water quality index ICA sp, sewage water.

1. Introducción

Los problemas ambientales más comunes en las cuencas hidrográficas es la contaminación y degradación de las aguas, debido a su uso y manejo inadecuado, además de factores naturales y antrópicos como: la erosión de suelos, la reducción de cobertura vegetal, poca protección a las fuentes de agua, deforestación, quemas agrícolas y la ocurrencia de eventos que pueden causar desastres (Orozco 2008). La mayor parte del escurrimiento en una cuenca se produce a través de los ríos, estos son los recursos hídricos de fácil acceso a la población y además presentan mayor vulnerabilidad a la contaminación. Como plantea Cotler (2004), *“la degradación ambiental en el mundo ha pasado a ser un tema principal en el debate mundial tomando connotaciones que afectan la gobernabilidad y la sustentabilidad de la sociedad en su conjunto, donde el agua como recurso fundamental dentro de los territorios requiere un estudio especial”*.

La investigación se desarrolló en la cuenca del río Puyo, la cual se localiza en la cuenca del río Pastaza, en la amazonia ecuatoriana. Tiene una extensión de 352 km² aproximadamente y administrativamente la rigen dos municipios, Pastaza y Mera (Gobierno Provincial de Pastaza, 2014). La zona de estudio se sitúa en un área de montaña en la cual existen pendientes abruptas y cimas con altos índices de vegetación. Por su superficie es catalogada como una cuenca mediana y de acuerdo a su forma es semi-alargada. De acuerdo a datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2014) y la Dirección General de Aviación Civil de Pastaza DGAC (2014) en los límites del territorio se registran valores de pluviosidad que sobrepasan los 4.500 mm de agua al año, siendo un área muy lluviosa y de acuerdo a su topografía se genera un acarreo constante de sedimentos que se dirigen a los principales cursos de agua.

El territorio tiene una cobertura vegetal muy alta siendo el componente de bosque apreciable, por lo cual áreas de suelo desnudo y pobladas o urbanizadas son extremadamente bajas, aunque en los límites de la cuenca se localiza la ciudad de Puyo, capital provincial de Pastaza y principal centro de desarrollo económico del área; al ser la ciudad más poblada, los problemas de carácter ambiental e hídrico se acrecientan especialmente por el considerable volumen de las aguas residuales que se disponen hacia los principales sistemas hídricos. A lo largo de la cuenca existen varios usos del agua como son: consumo doméstico, pecuario, recreativo-turístico, producción alimentaria, actividad comercial y otros. Así mismo existen varias obras de represamiento de las aguas para balnearios, los cuales son muy concurridos por la población local y nacional; además existen 5 embalses turísticos distribuidos en diferentes sectores del territorio y varios balnearios naturales especialmente aprovechados por la población rural.

El objetivo del presente artículo es evaluar la calidad de las aguas dentro de la cuenca del río Puyo aplicando el Índice de Calidad de Agua ICA propuesto por Gutiérrez J. y García, J. M., (2014) para el vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado, y a partir de esto determinar la situación actual del recurso hídrico en el territorio como base para futuras investigaciones y planteamiento de planes y proyectos de saneamiento.

Este índice de calidad de agua, consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que caracterizan la calidad del agua. Su ventaja radica en que puede ser más fácilmente interpretado (Valcarcel, 2009). Para Fernández (2003) la valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica, en relación con la calidad natural; para hacer más simple la interpretación de los datos de su monitoreo, es cada vez más frecuente el uso de índices de calidad de agua, los cuales son herramientas prácticas que reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión sencilla dentro de un marco unificado.

2. Materiales y Métodos

2.1 Fuentes de Información

Para la realización del presente artículo se consultaron diferentes fuentes para la obtención de información, entre los que se destacan mapas en formato digital de la cuenca del río Puyo, 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar de Ecuador; fotografía aérea de la cuenca del río Puyo del Departamento de USIG de la Universidad Estatal Amazónica, resultados de los análisis de agua del Gobierno Provincial de Pastaza realizado en el Laboratorio del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (Quito), información del territorio de los Gobiernos Parroquiales que integran el área de estudio y levantamientos de campo realizados con técnicos del Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Provincial de Pastaza.

Características geográficas de la cuenca de estudio

La cuenca del río Puyo, está localizada dentro de la demarcación geográfica del río Pastaza, nace en las estribaciones de la cordillera Oriental, cantón Mera. Está compuesta por cinco sistemas hídricos principales; Puyo, Pindo Grande, Sandalias, Chigushimi y Putuimi, de éstos cuerpos hídricos se destaca el río Puyo, que es el principal (figura 1). El nacimiento del río se localiza en la colonia 24 de mayo al norte de la cuenca, recorre 44 km aproximadamente hasta su desembocadura en el río Pastaza, sector de Puyopungo, específicamente en la comunidad indígena Indichuris. A lo largo de su recorrido el río Puyo atraviesa por sectores importantes del territorio, constituyendo además en un recurso de gran importancia; y por esta razón en sus riberas se asienta la ciudad de Puyo, capital provincial y principal centro poblado de la cuenca.

Los tributarios principales son los ríos: Pindo Grande, Putuimi, Sandalias y Chigushimi, de los cuales el río Pindo Grande atraviesa la franja sur-oeste de la ciudad de Puyo, donde en la actualidad se localizan los principales asentamientos residenciales de la ciudad y establecimientos como el Camal Municipal, Hospital de Especialidades y centros de educación. Las demás corrientes hídricas recorren los sectores rurales y aportan sus aguas al río Puyo luego que éste ha recorrido el área urbana.

La población de la cuenca del río Puyo se concentra en los principales centros poblados que son: Puyo y Shell; Puyo es la capital provincial de la provincia de Pastaza, esta ciudad representa el principal centro económico y social, en donde se desarrollan las actividades político administrativas a nivel provincial, además de constituir el principal centro comercial de la producción agrícola local de los diferentes centros poblados que integran el territorio. Aproximadamente el área de estudio tiene 50.731 habitantes distribuidos en toda su extensión, de los cuales 36.659 habitantes se sitúan en la parroquia Puyo y en la ciudad de Puyo 33.557 hab. (INEC, 2014). La actividad industrial es baja, tan sólo se destaca una industria en el territorio; la mayor parte del mismo está dedicado a la actividad agropecuaria, siendo la agricultura un sustento para la población rural de la cuenca estudiada.

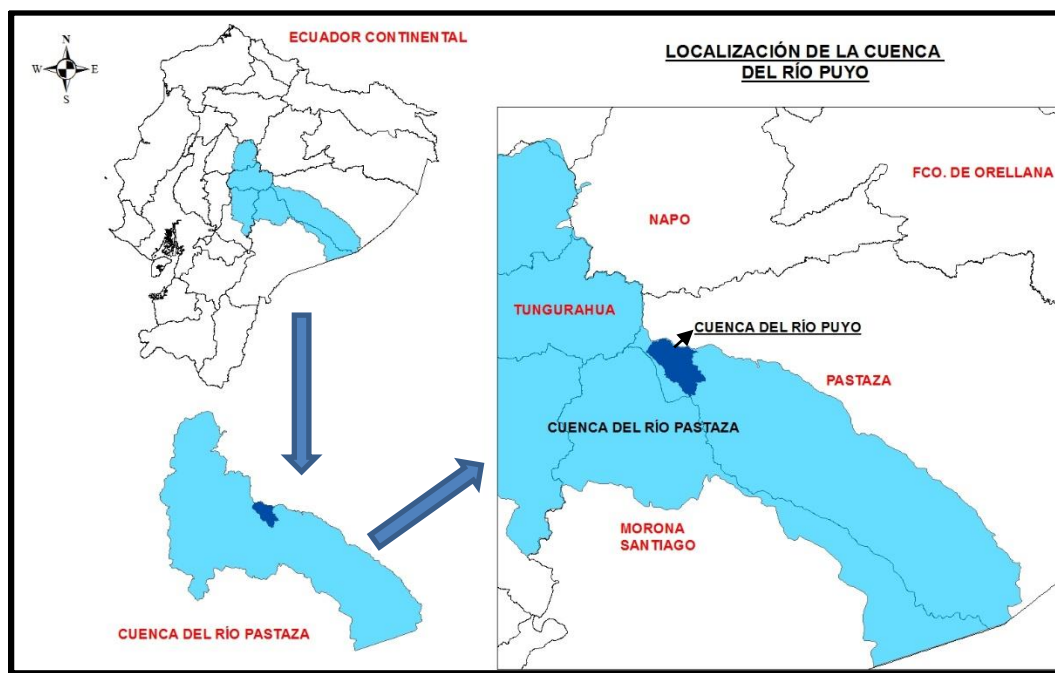


Fig. 1. Localización de la cuenca del río Puyo

Fuente: Elaborado por los Autores

Parámetros empleados para la determinación del Índice de Calidad de Agua-ICA sp

Los parámetros seleccionados para proceder a realizar la valoración mediante el Índice de Calidad del Agua ICA sp dentro del área de estudio fueron: Potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad eléctrica (CE), Oxígeno disuelto (% de saturación), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Fecales (CF).

Tabla I. Indicadores de calidad de las aguas considerados en el ICA sp

Nº	Indicador	Comentario
1	Potencial de Hidrógeno (pH)	Acidez o basicidad
2	Conductividad eléctrica (CE)	Contenido de sales solubles o salinidad
3	Oxígeno disuelto (% de saturación)	Estado del cuerpo de agua con respecto a su contenido de oxígeno disuelto
4	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Materia orgánica presente
5	Coliformes Fecales (CF)	Densidad de bacterias fecales

Fuente: Órgano del Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas – Cuba (2014)

Elaborado por: Los Autores

Herramientas

Para la valoración de los datos de laboratorio agua e interpretación de la calidad de la misma en cada punto de muestreo se procesó la información en el paquete estadístico de Excel del Office 2013. La georreferenciación de los puntos de muestreo y para la construcción de los mapas y georreferenciación de los puntos de muestreo se utilizó el ArcGis V. 10.1.

2.2 Aspectos Metodológicos

Esquema metodológico

En la figura 2, se presenta de forma resumida la metodología general de trabajo empleada

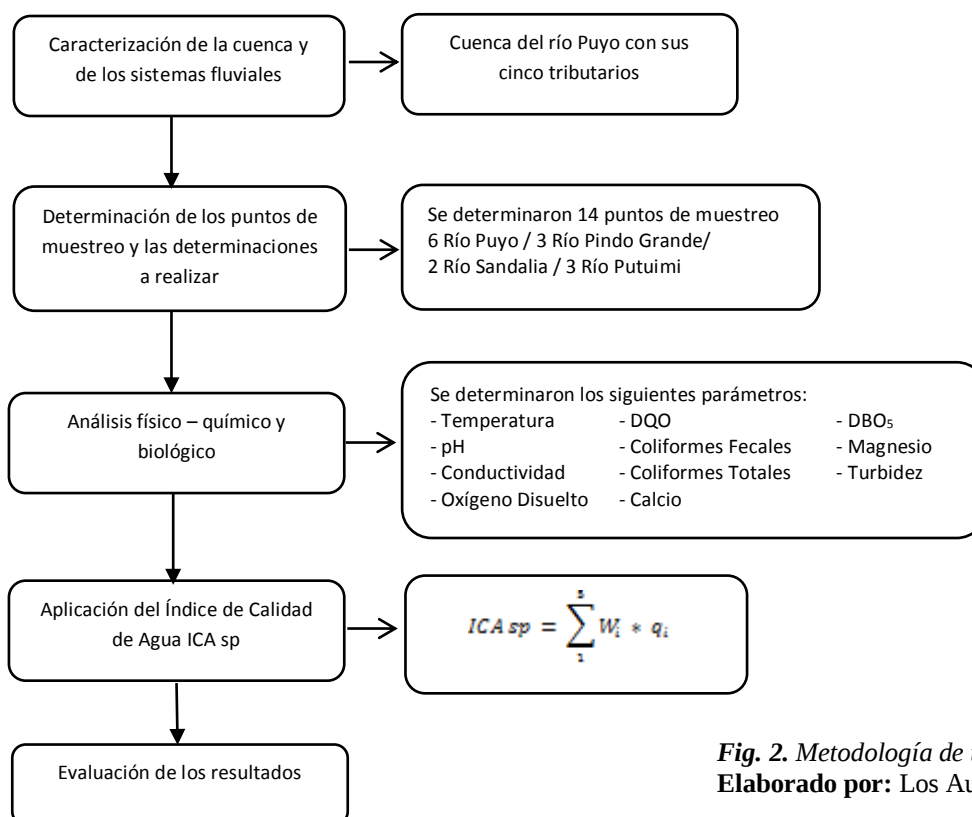


Fig. 2. Metodología de trabajo

Elaborado por: Los Autores

2.2.1 Puntos de Monitoreo

Se seleccionaron un total de catorce puntos de monitoreo en el territorio, específicamente en la corriente principal y sus principales tributarios. Teniendo en cuenta que es el primer estudio dentro del área de estudio que se desarrolla mediante una visión geográfica, se estipuló seleccionar una cantidad mayor de puntos de muestreo en la corriente principal (río Puyo), siendo un total de seis sectores y específicamente dos puntos que se localicen dentro de la demarcación urbana del principal centro poblado (ciudad de Puyo); en los principales tributarios se distribuyeron el resto de los sitios de monitoreo, para lo cual se eligió tres en el río Pindo Grande, tres en el río Putuimi y dos en el río Sandalias; no se consideró para este estudio el río Chingushimi, dado que no se contaba con sitios de accesibilidad para su muestreo (fig. 3).

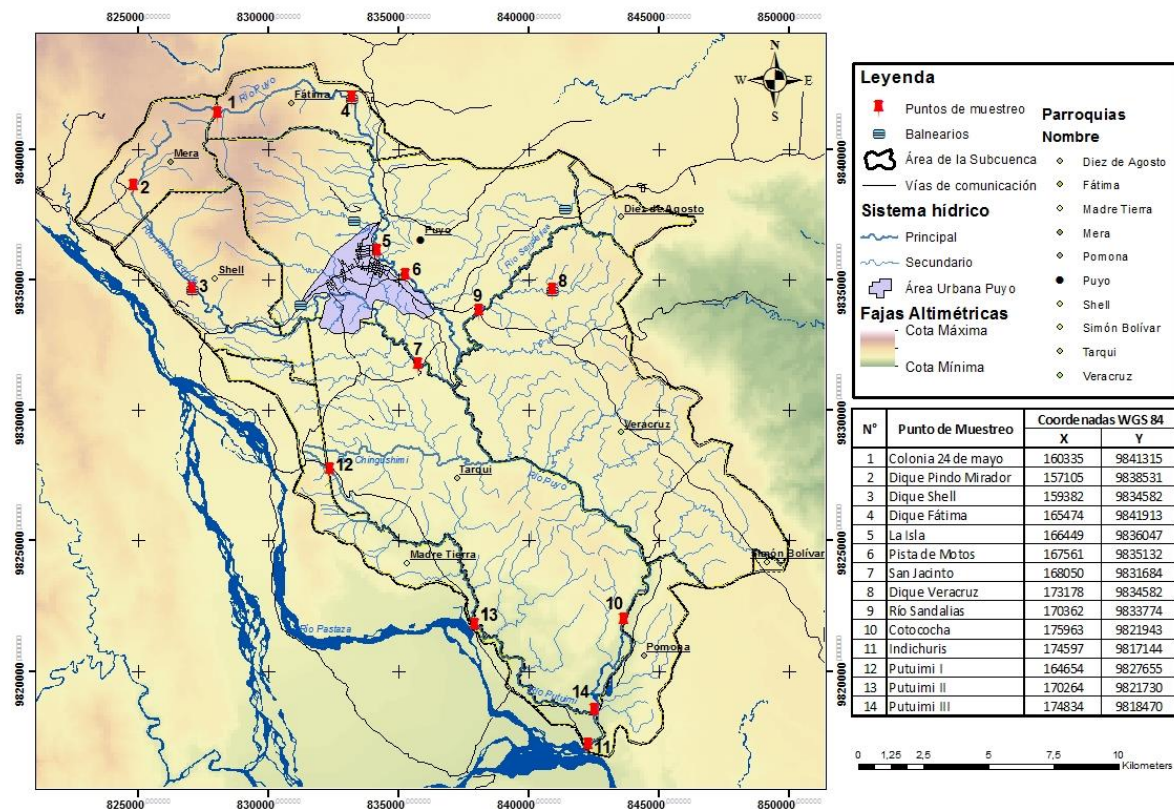


Fig. 3. Puntos de muestreo de agua en la cuenca del río Puyo

Fuente: Base cartográfica del Instituto Geográfico Militar (Datos 2011)

Elaborado por: Los Autores

2.2.2 Criterios de muestreo y recolección de muestras

La recolección de las muestras de agua se realizó de forma conjunta con los técnicos del Departamento de Calidad Ambiental del Gobierno Provincial de Pastaza, miembros del Laboratorio de Aguas y Suelos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; quienes siguiendo los procedimientos establecidos tomaron las muestras y almacenaron para su posterior traslado a la ciudad de Quito.

2.2.3 Descripción del Índice de Calidad de Agua ICA sp

Para la evaluación del ICA sp en cada punto de muestreo se procedió a designar a cada parámetro un peso de acuerdo a su importancia a partir de la metodología empleada para determinar la calidad de agua de la cuenca del río Puyo. La misma se detalla a continuación:

Tabla II. Pesos de cada parámetro para el ICA sp

Parámetro	Unidades	Peso Relativo
pH	UpH	0.10
Conductividad eléctrica	μS/cm	0.10
Oxígeno disuelto	% de saturación	0.30
DQO	mg/l	0.25
Coliformes fecales	NMP/100ml	0.25

Fuente: Órgano del Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas – Cuba (2014)

Elaborado por: Autores

Una vez asignados los parámetros y los pesos a cada uno de ellos, se procede a aplicar la función matemática para obtener los resultados de cada sitio de muestreo, utilizando la siguiente ecuación:

$$ICA\ sp = \sum_{i=1}^5 W_i * q_i$$

Donde:

i = Indicador de Calidad, del 1 al 5

W_i = Peso relativo de cada indicador (factor de ponderación)

q_i = valor en % obtenido de las funciones matemáticas de correlación

Los valores en % de cada una de las variables resultan de la conversión de su unidad original según la metodología expuesta por Gutiérrez J, y García, J. M, (2014).

Según Valcarcel et al (2009), los Índices de Calidad de Agua pueden ser usados para mejorar o aumentar y difundir la información sobre la calidad del agua; los posibles usos están enmarcados en el manejo del recurso, permitiendo un mejor nivel de decisión por parte de las autoridades, en la clasificación de áreas y establecimiento de zonas de susceptibilidad o vulnerabilidad, aplicación de la normativa si existen zonas con baja calidad de agua, dentro de la investigación científica para la implementación de acciones correctivas, entre otras.

Una vez determinado el ICA sp en cada uno de los sitios muestreados se procede a clasificarlos de acuerdo a la tabla III, en cada intervalo denota la calidad que tiene el agua por sitio muestreado.

Tabla III. Clasificación de las agua superficiales de acuerdo al ICA sp.

Clase	Rango de valores del ICA sp	Clasificación	Colores de representación
1	90.00 – 100	Excelente calidad	
2	89.99 – 80	Aceptable calidad	
3	79.99 – 70	Medianamente contaminada	
4	69.99 – 60	Contaminada	
5	Menor a 59.99	Altamente contaminada	

Fuente: Órgano del Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas – Cuba (2014)

3. Resultado y Discusión

3.1 Cálculo del ICA sp

Los valores del ICA sp en el territorio muestra que los valores se encuentran entre 65,75 y 95,69 que corresponden a los ríos Sandalias (2do punto) y Putuimi (1er punto) respectivamente. En la siguiente tabla se expone los resultados por cada punto de muestreo.

Tabla IV. Valores del ICA sp por punto de muestreo

N°	Punto de muestreo	Sistema hídrico	ICA sp
1	Colonia 24 de Mayo	Río Puyo	82,67
2	Dique de Fátima		79,47
3	La Isla		70,38
4	Estadio		70,13
5	Sector Cotococha		76,45
6	Sector Indichuris		73,17
7	Pindo Mirador	Río Pindo Grande	81,82
8	Dique de Shell		68,49
9	Colonia San Jacinto		70,13
10	Dique de Veracruz	Río Sandalias	86,69
11	Puente Sandalias		65,75
12	Putuimi I	Río Putuimi	95,69
13	Putuimi II		70,53
14	Putuimi III		77,29

Elaborado por: Los Autores

En la tabla V se expone los resultados del comportamiento estadísticas de cada uno de los sistemas hídricos que integran el territorio en estudio, en la misma se resalta que los río Puyo, Pindo Grande y Sandalias poseen una media que se clasifica como medianamente contaminante (Tabla III), estos ríos están influenciados por los principales núcleos poblacionales dentro de la cuenca, específicamente las ciudades de Puyo y Shell. El río Putuimi por su localización y menor grado de antropización muestra una calidad aceptable en sus aguas, aunque de acuerdo al valor de la desviación estándar, los valores difieren de su media, por lo cual hay sectores en donde la calidad es excelente (parte alta de este sistema hídrico) y otros sectores donde su calidad es medianamente contaminada (figura 4).

Tabla V. Análisis estadístico de los sistemas hídricos de la cuenca del río Puyo

Variables estadísticas	Sistemas hídricos de la cuenca del río Puyo			
	Río Puyo	Río Pindo Grande	Río Sandalias	Río Putuimi
Media	75,38	73,48	76,22	81,17
Desviación estándar	5,07	7,27	14,81	13,02
Rango	82,67 – 70,13	81,82 – 68,49	86,69 – 65,75	95,69 – 70,53

Elaborado por: Los Autores

3.2 Clasificación y Evaluación

En el territorio fueron evaluados los catorce puntos de muestreo para determinar la calidad de las aguas, de los resultados se obtuvo que ocho puntos muestreados se clasifican como medianamente contaminados, la mayor parte localizados en la corriente principal (río Puyo), tres puntos que tienen una aceptable calidad, dos de los cuales están ubicados en la parte alta de la cuenca, dos puntos catalogados como contaminados localizados en los ríos Pindo Grande y Sandalias, mismos que requieren de un estudio especial, particularmente el punto en el balneario de Shell (río Pindo Grande, P3) dado que es uno de los sitios turísticos más concurridos por la

población local y nacional, un punto se clasifica de excelente calidad, se encuentra en el río Putuimi, en el nacimiento del mismo. No se encontraron puntos altamente contaminados.

El sistema hídrico con mayores problemas de contaminación es el río Puyo, este presenta cinco de seis puntos medianamente contaminados, de éstos, dos están localizados en el área urbana de la ciudad de Puyo; de los tres restantes: el primero corresponde a un balneario (Dique de Fátima, P4) al norte de la cuenca, el segundo es un área rural poco transitada (P10) y el tercero localizado en la desembocadura del río (P11) donde se realizan actividades turísticas de carácter natural y cultural.

El río Pindo Grande, principal tributario muestra resultados preocupantes, como se manifestó anteriormente se seleccionaron tres puntos de los cuales, uno está localizado en la parte alta (P2) y presenta una aceptable calidad, el segundo se clasifica como contaminado, este está ubicado en el área urbana de la ciudad de Shell (P3) y es un balneario turístico de importancia dentro del territorio y el tercero (P7) está medianamente contaminado y situado en un área rural.

Otro sistema hídrico con problemas considerables es el río Sandalias, el mismo fue muestreado en dos puntos, en la parte alta del mismo en un balneario (P8) la calidad de agua es aceptable, mientras que en el segundo punto (P9) se encuentra contaminada, el mismo que también es un balneario natural que es visitado y especialmente concurrido por la población del área de estudio.

El sistema hídrico que presenta condiciones menos negativas es el río Putuimi, el mismo en el primer punto de muestreo (P12), que corresponde a la parte alta, presenta una aceptable calidad, las condiciones en general de este río son naturales; los puntos dos y tres (P13 y P14) están medianamente contaminados, sitios muestreados en el trayecto medio y en la desembocadura del mismo a la corriente principal (figura 4).

Tabla VI. Clasificación de Calidad de agua en los puntos de muestreo

N°	Punto	Sistema hídrico	Clasificación	Color
1	Colonia 24 de Mayo	Río Puyo	Aceptable calidad	
2	Dique de Fátima		Medianamente contaminada	
3	La Isla		Medianamente contaminada	
4	Estadio		Medianamente contaminada	
5	Sector Cotococha		Medianamente contaminada	
6	Sector Indichuris		Medianamente contaminada	
7	Pindo Mirador	Río Pindo Grande	Aceptable calidad	
8	Dique de Shell		Contaminada	
9	Colonia San Jacinto		Medianamente contaminada	
10	Dique de Veracruz	Río Sandalias	Aceptable calidad	
11	Puente Sandalias		Contaminada	
12	Putuimi I	Río Putuimi	Excelente calidad	
13	Putuimi II		Medianamente contaminada	
14	Putuimi III		Medianamente contaminada	

Elaborado por: Los Autores

En el territorio de estudio el agua es aprovechada para diferentes fines como: suministro a la población, pecuaria, recreación – turismo, producción alimentaria, actividad comercial, entre otros. Las partes altas de la cuenca son las zonas ideales para realizar las captaciones de los sistemas hídricos directamente, mediante represamientos para posterior transporte y tratamiento, a nivel rural es menos sofisticado el tratamiento y en varios poblados de la cuenca el agua es aprovechada directamente del río; los problemas de calidad de agua identificados en la cuenca son verdaderamente alarmantes, la corriente principal y sus principales tributarios presentan niveles de contaminación considerables. La influencia de la población de forma preponderante determina la calidad de agua en varios puntos de muestreo, de los tres puntos monitoreados directamente en áreas urbanas de las ciudades mayormente pobladas dos están medianamente contaminados (P5 y P6) y el restante (P3) contaminado.

De los puntos monitoreados que son balnearios altamente concurridos la calidad de agua varía, está clasificada como aceptable (Dique Veracruz P8, río Sandalias), medianamente contaminada (dique de Fátima P4, río Puyo) y contaminada (Dique de Shell P3, río Pindo Grande) a partir de esta primera etapa de evaluación. La calidad de agua en la parte baja de la cuenca es también preocupante, se aduce que la actividad pecuaria y la incidencia de las áreas pobladas determine el estado de calidad de las aguas como medianamente contaminadas.

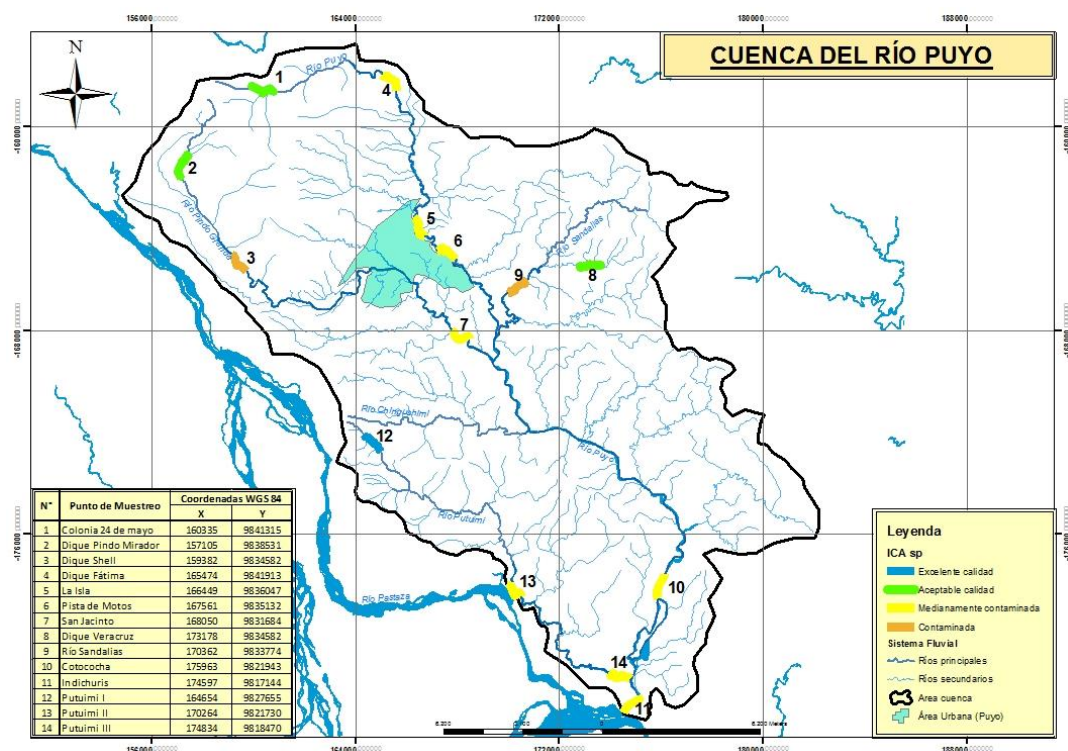


Fig. 4. Mapa de resultados del ICA sp

Elaborado por: Los Autores

Conclusiones

- El indicador ICAsp en su versión 2014, propuesto por Gutiérrez y García para evaluar la calidad y estado de contaminación de las aguas, resultó ser viable y práctico para los propósitos de esta investigación, por ser un método sencillo y efectivo, siendo la primera vez que se aplica en este territorio, y que se lleva a cabo un estudio como el que aquí se presenta.
- La calidad de agua en la cuenca del río Puyo es preocupante especialmente en los puntos muestreados en las zonas urbanas, ya que las mismas se encuentran medianamente contaminadas en el área urbana de la ciudad de Puyo y contaminada en el punto muestreado de la zona urbana de Shell, aduciendo a la disposición o vertimiento de las aguas albañales sin tratamiento alguno hacia los sistemas hídricos.
- Debido al uso que tiene las aguas para la recreación dentro del territorio, los balnearios muestreados no presentan las garantías para que se realice esta actividad, especialmente en el balneario de Shell, siendo este uno de los puntos que tiene una calidad de agua baja (contaminada) y que es muy visitado por turistas locales y nacionales.
- En general la calidad de las aguas en la cuenca del río Puyo están medianamente contaminadas, lo que conlleva un riesgo por los diferentes usos que tiene la misma en varios sectores del territorio, ya sea por contacto directo en actividades acuáticas y de recreación, así como en las áreas rurales que utilizan sus aguas directamente para el consumo.

Recomendaciones

- Difundir los resultados a las principales autoridades de gestión de la cuenca hidrográfica, quienes deben emprender medidas de saneamiento para garantizar la conservación de la calidad de las aguas.
- Realizar monitoreos periódicos en los puntos señalados e incluir otros puntos de interés para contar con un registro temporal y espacial más completo y representativo de la contaminación hídrica en el territorio o posibles focos de mayor impacto.

Agradecimientos

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza, a su máxima autoridad Ab. Antonio Kubes y al Departamento de Calidad Ambiental integrado por su Director Ing. Marcelo Montero y el equipo técnico de trabajo. A la Universidad Estatal Amazónica, al Dr.C. Julio César Vargas Burgos por el acceso a la información en cada una de las facultades.

Referencias bibliográficas

- Cotler, H. 2004. El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental, México D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología.
- Dirección General de Aviación Civil 2014. Datos climatológicos, periodo 1990 – 2009. Estación Aeropuerto – Shell. Pastaza, Ecuador: DGAC.
- Fernández, N., Ramírez, A. y Solano F. 2003. Índices fisicoquímicos de calidad del agua – Un estudio comparativo. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible. Valle del Cauca – Colombia.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza 2014. Diagnóstico Participativo de la microcuenca del río Puyo. Pastaza, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de la Provincia de Pastaza.
- Gutiérrez J. y García, J. M. 2014. Resumen metodológico: un índice para evaluar la Calidad de los recursos hídricos superficiales en Cuencas hidrográficas (ICA sp). Órgano del consejo nacional de cuencas hidrográficas. pp. 1 – 24.
- Instituto Geográfico Militar 2009. Generación de Geoinformación de la cuenca alta y media del río Pastaza. Pastaza, Ecuador: Instituto Geográfico Militar (Quito – Ecuador).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010. Censo de Población y Vivienda, Datos Pastaza – Ecuador. [Consultado: enero 2014]. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec>
- Orozco P., Jiménez, F., Faustino, J. y Prins, C. 2008. La cogestión de cuencas abastecedoras de agua para consumo humano, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE – Costa Rica.
- Valcarcel, L., Alberro, N. y Frías, D. 2009. El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente Año 9, 1 – 5.

Acerca de los autores:

Darwin Javier Sucoshañay-Villalba: Graduado de Ingeniería Ambiental en la Universidad Estatal Amazónica en 2009. Actualmente cursando el doctorado en Ciencias Geográficas en la Universidad de La Habana – Cuba. Profesionalmente estuvo a cargo del Proyecto de Reproducción y Recuperación de la Fauna Amazónica en Ecuador, paralelamente ha ejercido como técnico ambiental en la realización de Fichas, Estudios de Impacto y Auditorías Ambientales para los gobiernos seccionales a nivel local como regional. Cuenta con 6 años de experiencia en la labor profesional. Además, ha participado en eventos científicos nacionales e internacionales con temas de su especialidad.

José Evelio Gutiérrez-Hernández: Doctor en Ciencias Geográficas y Profesor Titular de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana (UH). Treinta y ocho años en ejercicio de la profesión. Es autor o coautor de siete libros y ha publicado más de veinticinco artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Ha dictado diferentes cursos de posgrado y conferencias en Cuba, México, Brasil y Venezuela. Ha participado en más de veinte proyectos de investigación, en Cuba y en el exterior. Tutor de Tesis de Maestrías y Doctorados. Vicedecano de Investigaciones y Posgrado de la Facultad de Geografía de la UH.

Alberto E. García-Rivero: Licenciado en Geografía por la Universidad de La Habana (1984) y doctorado en Ciencias Geofísicas por la Academia de Ciencias de Cuba (1995). Treinta años de experiencia en la investigación científica, los servicios de consultoría ambiental y la docencia en la Educación Superior. Profesor e Investigador Titular de la Facultad de Geografía de la Universidad de la Habana. Ha participado en más de ochenta eventos científicos nacionales e internacionales, impartido cursos y conferencias en universidades de Cuba, Nicaragua, Checoslovaquia, España, México, Chile, Jamaica y Perú y publicado más 30 artículos científicos en revista nacionales y extranjeras.

Rubén Darío Ledesma-Acosta: Actualmente Analista de Gestión Ambiental realizando Estudios y Auditorías Ambientales para obras viales, puentes, sistemas de aguas residuales domésticas y rellenos sanitarios para los gobiernos seccionales. Tiene como profesión Ingeniero Ambiental graduado en la Universidad Estatal Amazónica en el año 2012. Actualmente cursa la maestría en Auditoría Ambiental en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Formó parte del equipo multidisciplinario del Gobierno Provincial de Pastaza para realizar el Diagnóstico Participativo de la Microcuenca del Río Puyo-Ecuador. Fue responsable del proyecto de Educación Ambiental en el Gobierno Provincial de Pastaza.

José Miguel Mira-Vásquez: Ingeniero Zootecnista, graduado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (1985), docente en la misma institución de las cátedras de Ciencia y Tecnología de la Carne, Control de Calidad y Tecnología de Subproductos de los mataderos. Consultor y asesor de proyectos de empresas ganaderas, cárnicas y mataderos en el área ambiental en la Provincia de Chimborazo, Ecuador. Actualmente cursa el Programa de Doctorado en Ciencias de los Alimentos en la Universidad de la Habana.