

Evaluación De La Calidad De Las Aguas De Los Diques Turísticos En La Subcuenca Del Río Puyo, Mediante El Uso Del Icatest V1.0.

Darwin Javier Sucoshañay Villalba, PhD

Secretaria Nacional De Educación Superior Ciencia,
Tecnología E Innovación-Senescyt – Ecuador

Ricardo Vinicio Abril Saltos, PhD

Leo Maximiliano Rodríguez Badillo, MsC.

Docente-Investigador De La Facultad Ciencias De La Vida
Universidad Estatal Amazónica – Ecuador

Fabricio Antonio Rios Rodríguez, Ing.

Patricia Abigail Armas Chugcho, Ing.

Programa De Gestión De Recursos Hídricos

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial De Pastaza – Ecuador

doi: 10.19044/esj.2017.v13n8p260 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n8p260](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n8p260)

Abstract

One of the main economic centers in the province of Pastaza is the spas known as "dams." They serve as homes to a significant number of national and international tourists. Six of the province's eight dykes are located within the Puyo river basin. It was built in the upper - middle part of the basin, and is the most visited area located in the main rivers. The drawbacks of this study to ensure the quality of waters for the recreational activity are in direct contact. This can be done by using the ICOMO index (index of contamination by organic matter) to evaluate the quality of the water and to verify their status for the realization for recreational activity. Out of all the seven spas sampled, four were found to have low levels of contamination, while the remaining three had no contamination. The leaves that should be given the most attention are: Dique de Fátima and Shell. They are located in the main stream and main tributary of the study area, which exceed the permissible values in the Ecuadorian legislation in the total coliform parameter.

Keywords: Amazonian territories, tourism, spas, ICAs

Resumen

Uno de los principales centros económicos en la provincia de Pastaza son los balnearios, conocidos como “diques”, los mismos que albergan una cantidad significativa de turistas nacionales e internacionales. Dentro de la subcuenca del río Puyo se localizan seis de los ocho diques de la provincia, los cuales han sido construidos en la parte alta – media de la subcuenca, los más concurridos están localizados en los principales ríos del área de investigación. Los inconvenientes, a partir de los antecedentes expuestos, es asegurar la calidad de las aguas para la actividad recreativa con contacto directo, dado lo anterior se ha utilizado el índice de calidad de agua, ICOMO (Índice de contaminación por materia orgánica), para evaluar la calidad de estas y verificar su estado para la realización de la actividad recreativa. De los seis balnearios muestreados se obtuvo que tres presentan bajo nivel de contaminación y los restantes no presentan contaminación. Los diques que mayor atención debe tener son: Dique de Fátima y Shell, localizados en la corriente principal y principal tributario del área de estudio, que sobrepasan los valores permisibles en la legislación ecuatoriana en el parámetro de coliformes totales.

Palabras clave: Territorios amazónicos, actividad turística, balnearios, ICA´s

Introducción

Los beneficios que brindan los recursos naturales en las diferentes regiones del planeta son innumerables, cada día el aprovechamiento se intensifica dado el aumento de población mundial; por ello, las consecuencias ambientales del uso productivo, centrado en satisfacer las necesidades públicas indispensables, amenazan al desarrollo sostenible (Collado, 1998). En las últimas décadas los sistemas fluviales se han sometido a una fuerte presión de explotación, afectándose la calidad de sus aguas por las diferentes actividades que se desarrollan asociadas a cuencas hidrográficas (Branco, citado por Guevara y Huamantínco, 2012). La principal fuente de contaminación de las corrientes hídricas en las cuencas amazónicas tiene origen orgánico, en especial por la disposición de aguas residuales sin previo tratamiento (Sucoshañay, Gutiérrez y García, 2015). La mayoría de poblados no cuentan con sistemas de alcantarillado, o estos no cubren la totalidad de las áreas urbanas, generando la disminución de la calidad del agua en los ríos.

El uso de las corrientes fluviales para la actividad turística representa una importante actividad económica, por lo cual es fundamental evaluar su calidad a partir del uso de un Índice de Calidad del Agua (ICA). El ICA, mundialmente difundido y con buenos resultados, es utilizado para estimar la

calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando diferentes tramos del mismo. Estos resultados pueden ser utilizados para determinar si un río es saludable o no (Servicio Nacional de Estudio Territoriales-SNET, 2014). Su ventaja radica en que puede ser más fácilmente interpretado que una lista de valores numéricos (Valcarcel, Alberro y Frías, 2009).

En la subcuenca del río Puyo existen seis represamientos de agua destinados para el turismo, conocidos como “diques”; cinco de ellos están localizados en áreas urbanas en el tramo superior de la misma, distribuyéndose uno en la corriente principal (río Puyo), dos en tributarios principales (río Pindo Grande y río Sandalias) y los restantes en tributarios secundarios (río Pambay y río La Plata); el restante está ubicado en el área rural en un tributario secundario (río Chilcayacu) de la corriente principal.

Metodología

Generalidades de la zona de estudio

La subcuenca del río Puyo está localizado en la región natural amazónica de Ecuador, en la provincia de Pastaza, su superficie es de 352 km² aproximadamente, se extiende desde las estribaciones orientales de la cordillera de los Andes a 1480 m hasta la intersección de su cauce principal con el río Pastaza a 800 m (figura 1). La corriente principal de la cuenca es el río Puyo, que corre de norte a sur hasta su desembocadura en el río Pastaza, perteneciente al sistema fluvial de igual nombre (Sucoshañay, 2016).

El régimen climático de la subcuenca muestra que en el área de estudio presenta valores anuales de precipitación que superan los 4000 mm al año (INAMHI, 2014), los meses con mayor precipitación son abril y mayo, con una disminución en el mes de agosto, que es considerado como el mes menos lluvioso. De acuerdo con el Mapa Bioclimático del Ecuador, la cuenca del río Puyo está localizada en la Región 24, calificada como Lluviosa Subtropical por su alta pluviosidad (Cañadas et al, 1983).

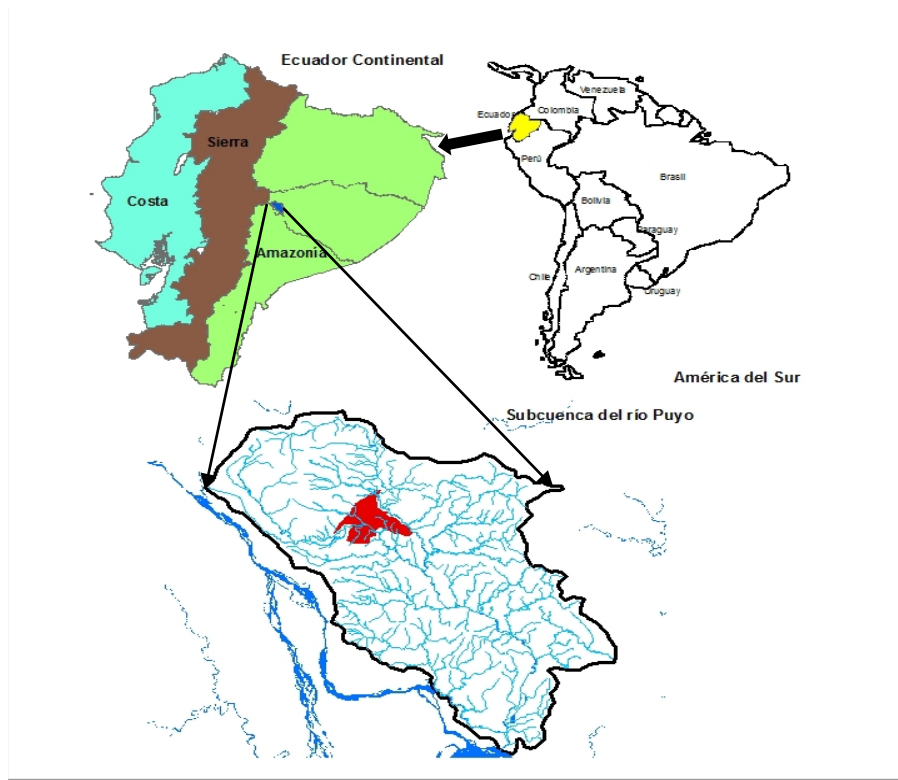


Figura 1. Localización de la subcuenca del río Puyo
Fuente: elaboración propia

Los principales sistemas hídricos por su caudal, además del río Puyo, son los ríos Pindo Grande, Sandalias, Putuimi y Chingushimi. A lo largo de su recorrido atraviesa por sectores importantes del territorio, constituyendo además en un recurso de gran importancia dentro de las actividades productivas como el turismo. Los ríos Puyo y Pindo Grande constituyen corrientes de gran importancia, dado que en sus riberas se asientan los principales asentamientos poblacionales Puyo (capital provincial) y la parroquia Shell. De acuerdo con el grado de antropización, las corrientes hídricas localizadas en el sector superior e inferior de la subcuenca tienen mayor grado de conservación, aunque el aumento poblacional actual y el aumento de la frontera agrícola ponen en riesgo su estabilidad ecológica.

Dentro de las principales actividades económicas que se desarrollan en el área destacan: agrícola, forestal y piscícola, siendo las más representativas en las áreas rurales; además, la actividad turística que se desarrolla en toda la cuenca es diferenciada en el sector que se realiza, ya sea urbano o rural. Los diques han potenciado la actividad turística, la misma que soporta una carga semanal de 6.720 (Dique Mecánicos) hasta 33.600

(Dique de Shell) personas, cantidad que se duplica en fechas de feriado (GAD provincial de Pastaza, 2014).

Esquema metodológico

A continuación, en la fig. 2 se muestra el esquema metodológico de la presente investigación.

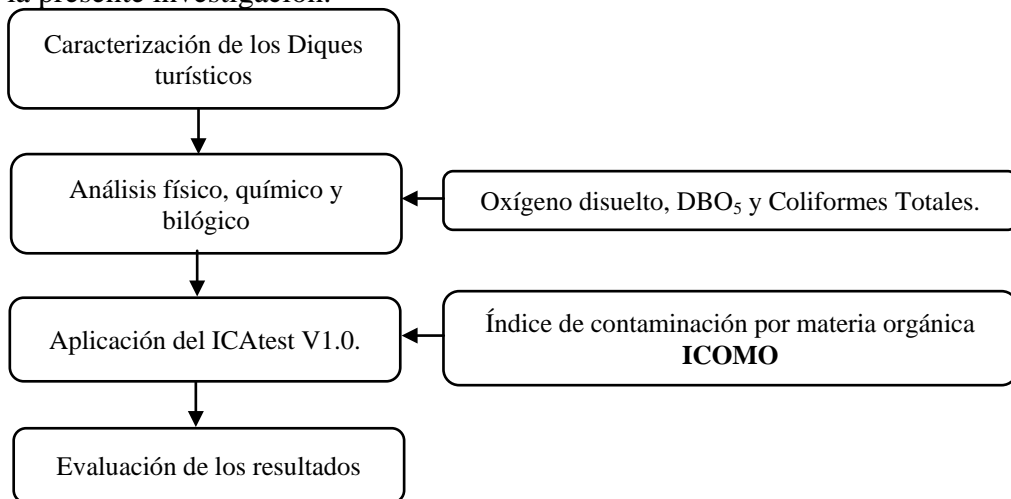


Figura 2. Esquema metodológico de la investigación

Fuente: elaboración propia

Puntos de monitoreo

En la presente investigación se evaluó la calidad de las aguas de los diques turísticos localizados en la subcuenca del río Puyo (fig. 3), mediante la utilización del Índice de contaminación por materia orgánica -ICOMO- (Ramírez, Restrepo y Viña, 1997), debido al interés que genera la construcción y mantenimiento de estas infraestructuras, la cantidad de población que los visita y su importancia en la actividad económica de la provincia. Además, al existir antecedentes en los cuales se expusieron la baja calidad de las aguas en dos de los seis sitios estudiados, se requirió un estudio particular para evaluar la calidad de las aguas mediante un índice que se ajuste a las condiciones del área de estudio.

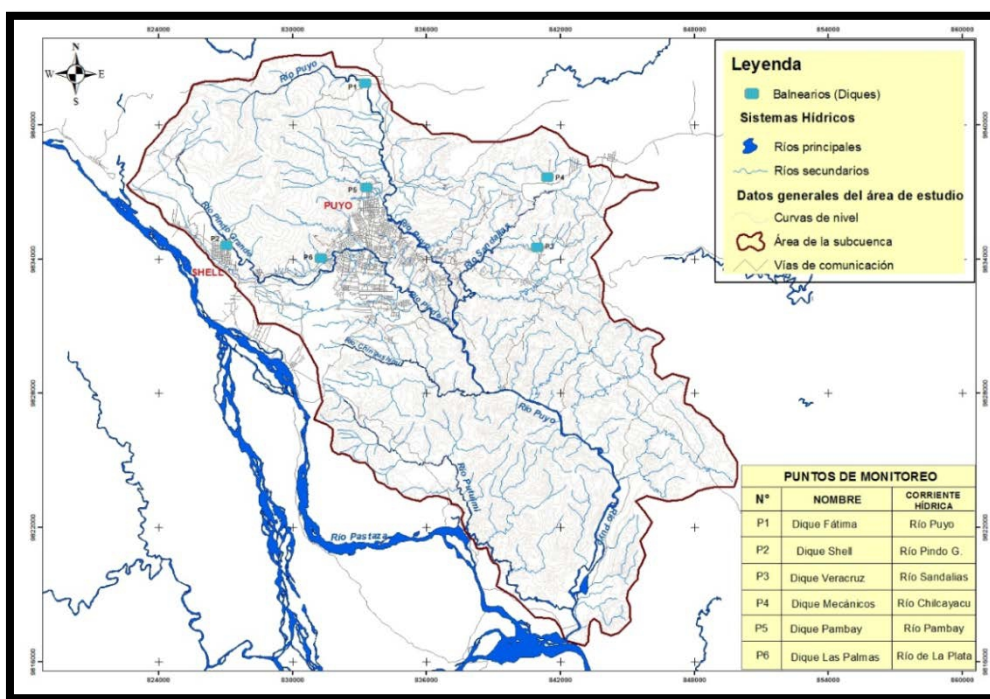
Para la evaluación se promedió cuatro muestreos realizados en los meses de febrero, marzo, abril y junio del año 2016. Las fechas seleccionadas fueron antecedidas con mínimos eventos de precipitación o variabilidad de las condiciones climáticas.

Tabla 1. Localización de los puntos de monitoreo

Nº	Nombre	Coordenadas WGS 84		Corriente hídrica	Zona
		x	y		
P1	Dique Fátima	833233	9841903	Río Puyo	Urbana
P2	Dique Shell	827025	9834664	Río Pindo Grande	Urbana
P3	Dique Veracruz	840966	9834559	Río Sandalias	Rural
P4	Dique Gremio de Mecánicos	841407	9837708	Río Chilcayacu	Rural
P5	Dique Las Palmas	831256	9834055	Río de la Plata	Urbana
P6	Dique Pambay	833283	9837234	Río Pambay	Urbana

Fuente: elaboración propia

Figura 3. Localización de los puntos de monitoreo



Fuente: elaboración propia, a partir de datos del Instituto Geográfico Militar (2011)

Descripción del Índice de contaminación por materia orgánica ICOMO.

Para evaluar la calidad de las aguas de los diques se utilizó el ICOMO, los ICO (Índice de contaminación) son complementarios a los ICA en sentido ecológico y, por lo tanto, permiten precisar problemas de degradación de la calidad ambiental del agua. ICOMO, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica (Ramírez et al., 1997).

La expresión matemática de cálculo es:

$$\text{ICOMO} = 1/3 (\text{I}_{\text{DBO}} + \text{I}_{\text{Coliformes Totales}} + \text{I}_{\text{Oxígeno\%}}) \quad (\text{a})$$

Donde:

$$- \text{I}_{\text{DBO}} = - 0.05 + 0.7 \text{Log}_{10} \text{DBO (mg/L)} \quad (\text{b})$$

$$\text{DBO} < 2 \text{ (mg/L)} = 0$$

$$\text{DSB} > 5 \text{ (mg/L)} = 1$$

$$- \text{I}_{\text{Coliformes Totales}} = - 1.44 + 0.56 \text{Log}_{10} \text{Col. Tot. (NMP/100mL)} \quad (\text{c})$$

$$\text{Coliformes Totales} < 500 \text{ (NMP/100mL)} = 0$$





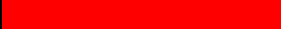
$$\text{Coliformes Totales} > 20.000 \text{ (NMP/100mL)} = 1$$

$$- \text{I}_{\text{Oxígeno \%}} = 0.01 \text{Oxígeno \%} - 1 \quad (\text{d})$$

Oxígeno (%) mayores a 100 % tiene un índice de oxígeno de 0

El rango para determinar la contaminación por materia orgánica está detallado en la tabla 2.

Tabla 2. Significancia de los Índices de contaminación ICOs

ICO	Grado de Contaminación	Escala de color
0 – 0.2	Ninguno	
> 0.2 – 0.4	Bajo	
> 0.4 – 0.6	Medio	
> 0.6 – 0.6	Alto	
> 0.8 – 1	Muy alto	







Fuente: Ramírez et al. (1997).

Para la realización de la cartografía y valoración de los resultados de la calidad de las aguas de los puntos de monitoreo se utilizaron los softwares: Arc Gis 10.3, ICATest V1.0. y Microsoft Excel.

Resultados y Discusión

Los datos resultantes de la aplicación del ICOMO, en los sitios muestreados, se encuentran en el rango de 0 – 0,4, lo cual manifiesta que la calidad de agua de los diques turísticos presenta “Ninguno” y “Bajo” grado de contaminación por materia orgánica. Los resultados globales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la aplicación del ICOMO

Nº	Nombre	Valor del índice	Grado de contaminación	Escala de color
P1	Dique Fátima	0.304	Bajo	
P2	Dique Shell	0.337	Bajo	
P3	Dique Veracruz	0.161	Ninguno	
P4	Dique Gremio de Mecánicos	0.133	Ninguno	
P5	Dique Las Palmas	0.136	Ninguno	
P6	Dique Pambay	0.296	Bajo	

Fuente: elaboración propia

Evaluación de la calidad de los Diques

Dique Fátima. - Construido en el río Puyo, en el sector superior de la subcuenca, tiene incidencia en el área de influencia directa por actividades agrícolas y pecuarias, con mínimas construcciones habitacionales. La concurrencia normal de este balneario es de 24.000 y en feriados de 49.000 personas (GAD provincial de Pastaza, 2014).

De acuerdo al ICOMO, sus aguas se categorizan con un grado de contaminación “Bajo”, a partir de la evaluación combinada de los tres parámetros de calidad de agua, de los cuales las coliformes totales presentan un valor elevado, categorizado como “Alto” (fig. 4a).

Dique Shell. - Localizado en el río Pindo Grande, en la parroquia Shell, los principales usos de la tierra que se desarrollan en el área de influencia al mismo son: residenciales y comerciales. La disposición de las aguas residuales a los cuerpos de agua sin previo tratamiento y el crecimiento de las áreas urbanizadas aguas arriba del balneario constituyen los factores de degradación de las aguas del río Pindo Grande, más considerables. Este balneario recibe normalmente 33.600 y en feriados 67.200 personas, siendo el más concurridos del área de estudio (GAD provincial de Pastaza, 2014).

Sus aguas se categorizan con un grado de contaminación “Bajo”, de acuerdo al ICOMO, pero que muestra un valor que supera los límites permisibles de coliformes totales, de acuerdo a la legislación ecuatoriana, y tiene categoría “Alta” (fig. 4b).

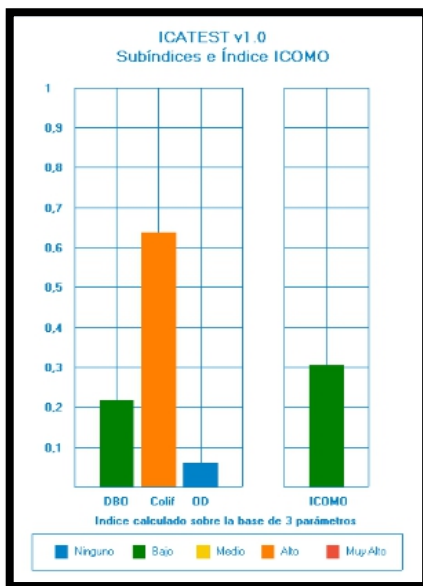


Figura 4a.- ICOMO Dique Fátima

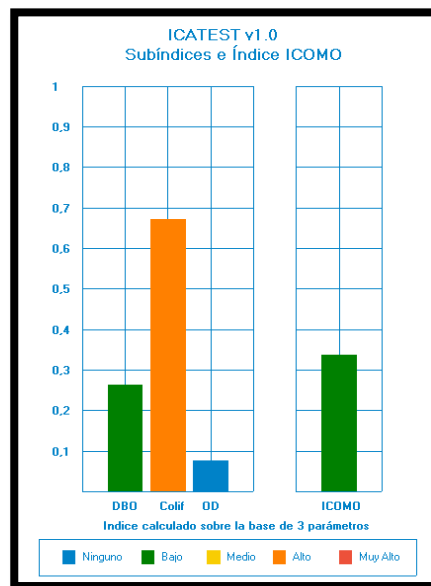


Figura 4b.- ICOMO Dique Shell

Dique Veracruz. - Construido en el río Sandalias, su área de influencia está incidida por actividades productivas (agrícolas y pecuarias), forestales (bosque secundario intervenido), habitacionales y comerciales. Al localizarse en un área de transición entre rural y urbana, los principales factores que afectan la calidad de las aguas tienen naturaleza pecuaria. En temporadas normales el balneario recibe la visita de 19.200, mientras que en feriados se duplica la cantidad de personas (GAD provincial de Pastaza, 2014).

Sus aguas se categorizan con un grado de contaminación “Ninguno”, de acuerdo al ICOMO, los valores individuales de los parámetros no presentan riesgo de contaminación por materia orgánica (fig. 5a).

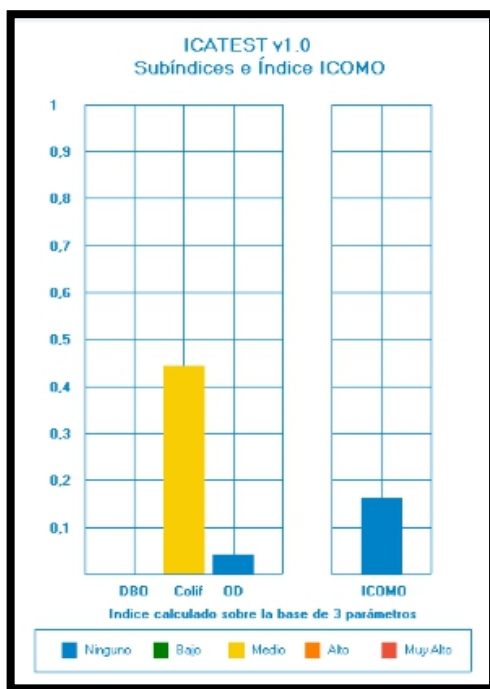


Figura 5a.- ICOMO Dique Veracruz

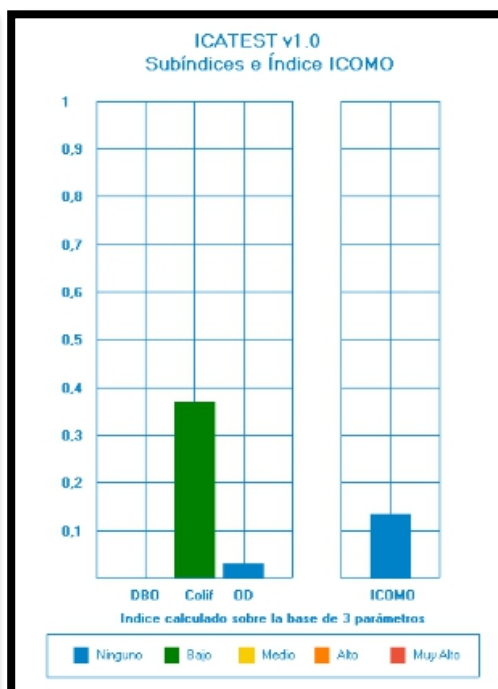


Figura 5b.- ICOMO Dique Mecánicos

Dique Gremio de Mecánicos. - Localizado en el río Chilcayacu, un afluente secundario de la principal corriente hídrica de la subcuenca, constituye el de más reciente construcción, su área de influencia tiene incidencia de un bosque secundario, presenta pocos centros poblados. Su cantidad máxima de personas en feriados alcanza a 13.440 (GAD provincial de Pastaza, 2014).

De acuerdo al ICOMO, sus aguas están categorizadas con un grado de contaminación “Ninguno”, los parámetros no presentan datos alarmantes de degradación de las aguas (fig. 5b).

Dique Pambay. - Este balneario se localiza en el área urbana de la ciudad de Puyo (principal centro poblado de la subcuenca), presenta incidencia de actividades comerciales y conjuntos habitacionales, no se identifica descargas puntuales de aguas residuales en el río Pambay, donde se construyó el balneario. La visita a este centro turístico es importante con la concurrencia de 46.086 personas en feriados (GAD provincial de Pastaza, 2014).

Los resultados obtenidos en el ICOMO, muestran que este balneario turístico presenta un grado de contaminación orgánica “Bajo”, que tiene importante presencia de coliformes totales, si se caracteriza cada uno de los parámetros de calidad de agua, al igual que el DBO₅, que sobrepasan los límites establecidos en las normas de calidad en la legislación ecuatoriana (fig. 6a).

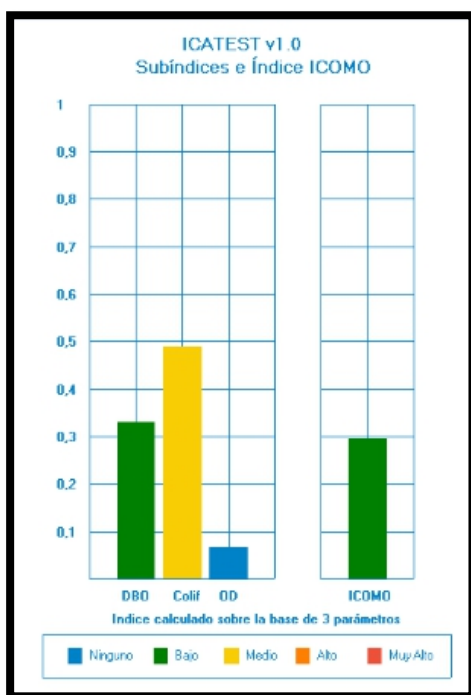


Figura 6a.- ICOMO Dique Pambay

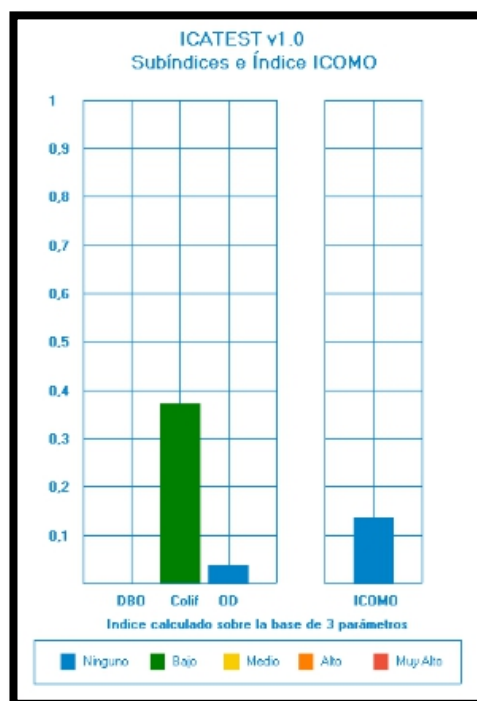


Figura 6b.- ICOMO Dique Las Palmas

Dique Las Palmas. - Este atractivo turístico, al igual que el anterior se localiza en el área urbana de la ciudad de Puyo, al ingresar a la ciudad se divisa la construcción y su concurrencia. Las aguas del río de La Plata son

utilizadas para proveer de un área de recreación a la población local como visitantes. Su área de influencia está caracterizada por zona residenciales y comerciales; aguas arriba del balneario está constituido por un bosque secundario. La concurrencia a este lugar bordea las 12.000 personas en fechas normales y en feriados aumenta a 26.489 personas (GAD provincial de Pastaza, 2014).

Los resultados arrojados por el ICOMO, presenta que las aguas de este balneario, de acuerdo al grado de contaminación orgánica se categoriza como “Bajo”, sin presentar valores fuera de los límites establecidos por la legislación ecuatoriana, aunque existe una presencia importante de coliformes totales, lo cual constituye una de las preocupaciones en la presente investigación (fig. 6b).

Conclusion

Si bien el índice ICOMO plantea que existe bajo y ningún grado de contaminación por materia orgánica en los diques monitoreados los valores individuales de los parámetros DBO₅ y coliformes totales sobrepasan los límites establecidos en la legislación ecuatoriana para el área de estudio de la microcuenca del río Puyo, lo que obliga a beneficiarios y autoridades a generar planes a corto y mediano plazo para disminuir los valores de estos parámetros y garantizar la estabilidad ecológica de los balnearios mediante la gestión técnica y social del agua.

Agradecimiento

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza, en particular al Programa de Gestión de los Recursos Hídricos de la Dirección de Gestión Ambiental, quienes dieron la apertura para realizar la presente investigación.

References:

1. Collado, J. (1998). Uso eficiente de agua en cuencas. Ingeniería Hidráulica en México. 8 (1). 27-49.
2. Guevara, C., y Huamantínco, A. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con el estado de conservación de seis quebradas en Madre de Dios. Memoria del Primer Encuentro de Investigadores Ambientales. 1-5.
3. INAMHI, (2014). Datos de variables climáticas. (Inédito), Veracruz-Pastaza-Ecuador.
4. Sucoshañay, D.J., Gutiérrez, J.E., y García, E. (2015). 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). Ciencia de la Tierra y el Espacio. 16 (2). 225-236.

5. Servicio Nacional de Estudio Territoriales-SNET, (2014). Índice de calidad del agua general “ICA”. Recuperado de: www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf.
6. 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*. (16). 1-5.
7. Sucoshañay, D.J. (2016). Propuesta para el ordenamiento ambiental de la cuenca del río Puyo, en la amazonia ecuatoriana. Tesis inédita de doctorado. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.
8. Cañadas, L., et al (1983). El mapa bioclimático y ecológico del ecuador. MAG-PRONAREG-Banco Central del Ecuador. Quito. Recuperado en: <http://www.worldcat.org/title/mapa-bioclimatico-y-ecologico-del-ecuador/oclc/14149591>
9. GAD provincial de Pastaza (2014). Diagnóstico participativo de la microcuenca del río Puyo. Pastaza-Ecuador, (Inédito), 41-46.
10. Ramírez, A., Restrepo, R., y Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. *Ciencia, Tecnología y Futuro*. 1 (3). 135-153.