

Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú)

Water quality index-NSF of wetland lagoon Los Milagros (Tingo Maria, Peru)

Benazir Ana Luzmila Alarcón Pérez¹ y Manuel Ñique Álvarez²

RESUMEN

La investigación se realizó en el humedal laguna Los Milagros, distante 25 km de la ciudad de Tingo María (departamento de Huánuco) a una altitud de 990 a 1090 msnm. La finalidad de este trabajo fue determinar la calidad del agua a través de la aplicación del Índice de Calidad del Agua establecido por la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF). En primer lugar, se determinaron los parámetros fisicoquímicos, como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales disueltos, turbidez, pH, temperatura, nitratos, y fosfatos totales, así como los coliformes fecales. Las muestras se recolectaron en cuatro estaciones de muestreo establecidas en la laguna, para posteriormente procesar los datos y determinar el Índice de Calidad del Agua de la laguna en cuestión. El valor fue de 62, que se correspondió con una calidad media, por lo que se llegó a la conclusión de que este cuerpo de agua estaba afectado, durante el período de estiaje por el aporte de aguas contaminadas, uso de fertilizantes en áreas cercanas, actividades de pastoreo de ganado e instalación de letrinas, lo que afecta a la conservación del ambiente acuático y su aprovechamiento.

Palabras clave: Humedal, ICA NSF, selva alta, ambiente acuático

ABSTRACT

The research was conducted in the wetland lagoon Los Milagros, distant 25 km from the city of Tingo Maria (Huánuco) at an altitude of 990 to 1090 meters. The purpose of this study was to determine the water quality through the implementation of the Water Quality Index established by the National Sanitation Foundation of USA (NSF). Firstly, physicochemical parameters such as dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total dissolved solids, turbidity, pH, temperature, nitrates, phosphates and total and faecal coliforms, were determined. Samples were collected in four sampling stations established in the lagoon, and subsequently, data and Water Quality Index of the lagoon were established. The value was 62, which corresponded to an moderated quality, so it was concluded that this body water was affected, during the dry season by the contribution of contaminated water, fertilizer use in nearby areas, livestock grazing activities and installation of latrines, affecting the conservation of the aquatic environment and its use.

Keywords: Wetland, WQINSF, high forest, aquatic environment

¹Ingeniera Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Av. Universitaria Km. 1.5 Tingo María, Huánuco-Perú. Email: beniluz_26@hotmail.com

²Docente Universidad Nacional Agraria de la Selva. Email: maniqueal@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los recursos hídricos se ven expuestos a las actividades humanas y a fenómenos naturales que en conjunto, influyen tanto en la disponibilidad para su uso, como en la calidad del propio recurso, lo que suscita la necesidad de disponer de mecanismos de gestión y regulación que apunten de manera eficiente y objetiva a su protección y uso sostenible (Méndez Sayago y Méndez Sayago, 2010; Garcés Durán, 2011).

La importancia de contar con información sobre la calidad de los cuerpos de agua, para el eficiente aprovechamiento de estos recursos, así como de una gestión adecuada de los mismos, ha llevado a realizar numerosos estudios para hallar los índices que permitan una interpretación fiable del estado real de los cuerpos de agua. En Europa es muy común la búsqueda de información sobre la calidad de un cuerpo de agua para una adecuada gestión, como es el caso del humedal de Spreewald, en Alemania, donde Maassen *et al.* (2012) mejoraron la gestión del humedal realizando un monitoreo de seis años en el que determinaron las principales actividades antropogénicas que afectaban a la calidad de la masa de agua.

Una forma de obtener información sobre la calidad de las aguas, de manera integrada, es utilizando un Índice de Calidad de Aguas (ICA). Los ICA son herramientas prácticas que sintetizan la información proporcionada por una gran cantidad de parámetros en una expresión sencilla, para generar un valor numérico que permita evaluar la calidad del agua de un sistema. El uso de Índices de Calidad de Aguas en Centroamérica o Sudamérica va en aumento desde hace algunos años. Un país pionero en este tema es Costa Rica, ya que es uno de los primeros países de esta región que elaboró un índice de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales a partir de variables fisicoquímicas, ajustando los factores de ponderación de los parámetros en base al Índice de Calidad de Agua de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos, para el mantenimiento de la biodiversidad de la vida acuática en el Parque Nacional de Palo Verde (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008). Sánchez *et al.* (2012), aplicaron el ICA para determinar la calidad de la laguna tropical La Pólvera en la cuenca del Río Grijalva en México.

En Perú, los índices de calidad se han aplicado, a nivel

de sistemas lénticos, principalmente en el lago Titicaca. El resto de lagos, lagunas y humedales del país no han sido monitoreados en estudios de importancia, y no es ajena a esta realidad el humedal laguna Los Milagros. Este sistema es un área natural declarado de Interés y Prioridad Regional de la Recuperación, Conservación y Protección (GRH, 2009); sin embargo, no se lleva un control de las concesiones para el aprovechamiento turístico o agrícola que se practica en las zonas aledañas a la laguna. Asimismo, no se ha determinado la calidad de sus aguas a pesar de ser un área natural protegida, siendo un ecosistema de suma importancia tanto para la localidad como para la región por su alcance económico, cultural y ecológico (Ñique *et al.*, 2009).

En este sentido y teniendo en cuenta la importancia de este sistema léntico, se determinó la calidad de agua del humedal Laguna “Los Milagros” a través de la aplicación del Índice de Calidad de Agua de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (ICANSF) (Orán, 2014). Para ello se obtuvo el valor de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos necesarios para la construcción de este índice y, por último, se compararon los parámetros evaluados con los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) del agua, para evaluar las posibilidades de uso poblacional y recreacional (Categoría 1), y de conservación del ambiente acuático (Categoría 4).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se ejecutó en el humedal laguna Los Milagros, que se encuentra a una altitud de 990-1090 msnm, en el sector Caserío Los Milagros (ubicado a 25 km al norte de la ciudad de Tingo María), en el distrito de Crespo y Castillo, dentro de la provincia Leoncio Prado (región de Huánuco).

El lago aparece bajo unas condiciones climáticas caracterizadas por poca estacionalidad en cuanto a la temperatura anual, en torno a los 23,8 °C de media, existiendo una variación que va desde los 18,6 °C de mínima hasta los 30,9 °C de máxima (Echevarría, 2012).

Las muestras para la evaluación se tomaron en los meses de abril a julio del 2014 en las estaciones de muestreo que se indican en la Figura 1. Estas estaciones fueron seleccionadas por ser áreas donde se realizan actividades antrópicas tales como la venta de comi-

das, paseos en bote y/o crianza de peces. A continuación se dan las referencias de cada estación de muestreo (EM) que situada en la laguna con su nombre y referencia:

- Palafito “Encanto de la Laguna de los Milagros” (A)
- Criadero de paiches (*Arapaima gigas*) (B)
- Palafito "Árbol del Deseo” (C)
- Palafito “Los Milagros” (D)

Se realizó un muestreo no probabilístico, más conveniente, teniendo en cuenta los lugares donde se realizan actividades antrópicas (Hernández *et al.*, 2010).

Materiales y equipos

Los equipos usados fueron los siguientes: un GPS eTrex 30 de GARMIN para georreferenciar los puntos de muestreo; un oxímetro DO6 de LaMotte para medir el oxígeno disuelto (OD); un potenciómetro marca EXTECH para medición del pH; un turbidímetro 2100Q de HACH; un test kit nitrato de análisis modelo HI 3833 y un test kit fosfato de análisis modelo HI 3874-0, ambos de HANNA Instruments.

Toma de muestras para evaluación

El muestreo realizado fue sistemático de tal manera que se realizó una vez al mes durante los cuatro meses del estudio en cada estación de muestreo. Una vez ubicados los puntos de muestreo, se usaron tres frascos de vidrio de 500 ml esterilizados debidamente rotulados para cada estación de muestreo; estos fueron destapados en el momento de la recolecta, se enjugaron con el agua a recolectar y se sumergieron rápidamente a 20 cm. de profundidad aproximadamente, de modo horizontal. A continuación fueron etiquetados y se acondicionaron adecuadamente para su traslado al laboratorio, donde se determinaron los parámetros de coliformes fecales, DBO₅, turbiedad y sólidos disueltos. *In situ*, se analizaron los siguientes parámetros: pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos totales, con una repetición de tres veces para cada punto de muestreo (Andreu y Camacho, 2003; ANA, 2011).

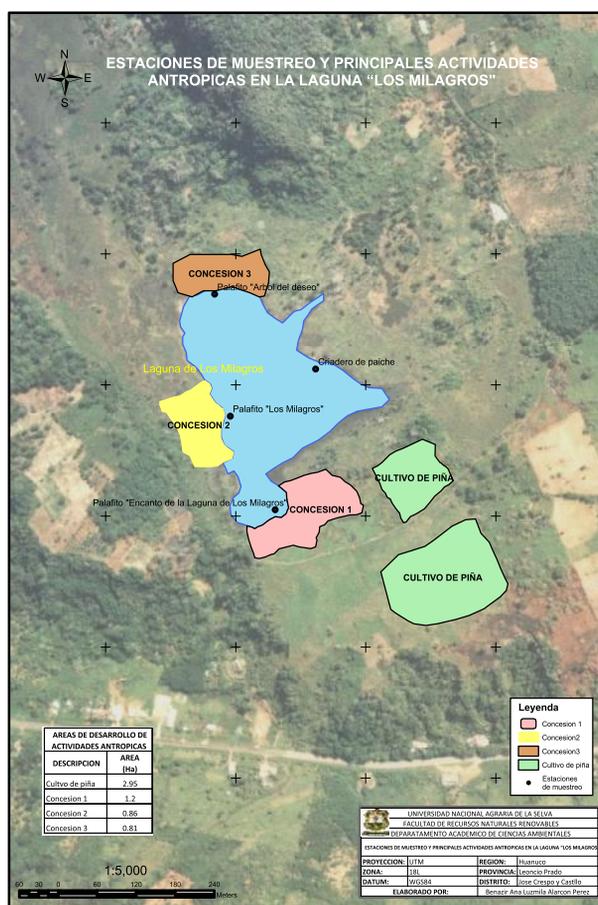


Figura 1. Mapa de localización de las estaciones de muestreo en el humedal laguna Los Milagros

Determinación de índice de calidad del agua según metodología NSF (National Sanitation Foundation)

Para determinar la calidad del agua se tuvieron en cuenta nueve parámetros y sus correspondientes factores de ponderación (Tabla 1), teniendo en cuenta la fórmula que se describe a continuación (Díaz, 2010; Oram, 2014):

Fórmula:

$$WQI(ICA) = \sum_{i=1}^n Q_i W_i$$

Q_i = Subíndice del parámetro i

W = Peso o factor de ponderación del parámetro

Tabla 1. Factores de ponderación para el cálculo del ICA-NSF

Parámetro	Unidades	Factor de Ponderación (W_i)
Oxígeno disuelto	% sat	0,18
Coliformes fecales	Numero/100 mL	0,17
pH	Unidades	0,12
DBO ₅	mg/L	0,12
Fosfatos totales	mg PO ₄ /L	0,11
Nitratos	mg NO ₃ /L	0,11
Turbidez	NTU	0,09
STD	mg/L	0,08

Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y comparación con los ECAs del agua

El pH tuvo valores promedios que se encuentran dentro del rango permisible establecido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua en la categoría 1 (Poblacional y Recreacional) y 4 (Conservación del ambiente acuático) (Figura 2) (MINAM, 2015).

En cuanto a la turbidez y el oxígeno disuelto se obtuvieron valores promedios que se encuentran debajo del rango permisible establecido por los ECAs (100 UNT para turbidez y 5 mg/L para oxígeno disuelto) en la categoría 1. Cabe destacar que el mayor valor de turbidez coincidió con el menor de oxígeno disuelto, y se dio en el punto A (Palafito “Encanto de la Laguna de los Milagros”).

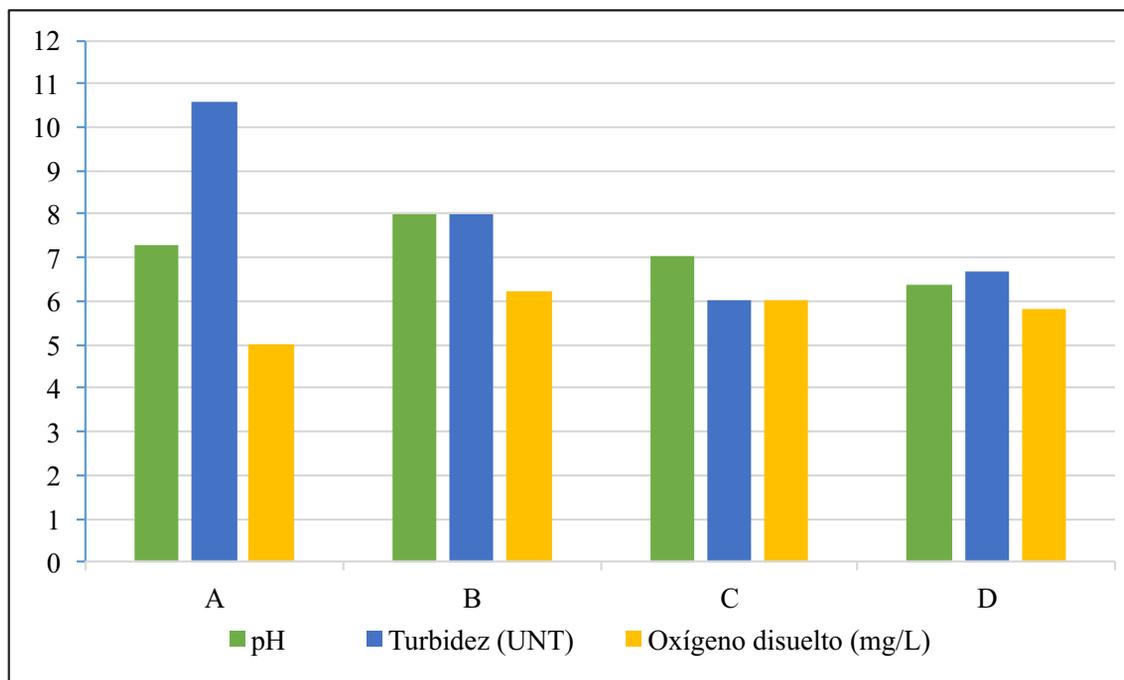


Figura 2. Representación gráfica de valores promedio de pH, turbidez y oxígeno disuelto

Por otra parte, los valores obtenidos para nitratos totales (Figura 3) no se encontraron por encima del rango permisible establecido por los ECAs ya que en ninguna de las cuatro estaciones superaron los 10 mg/L, determinados por los estándares como límite máximo

en la categoría 1 (Poblacional y Recreacional). También se muestran los valores promedios de temperatura medidos, los cuales siguen una tendencia similar en cada una de las cuatro estaciones de muestreo.

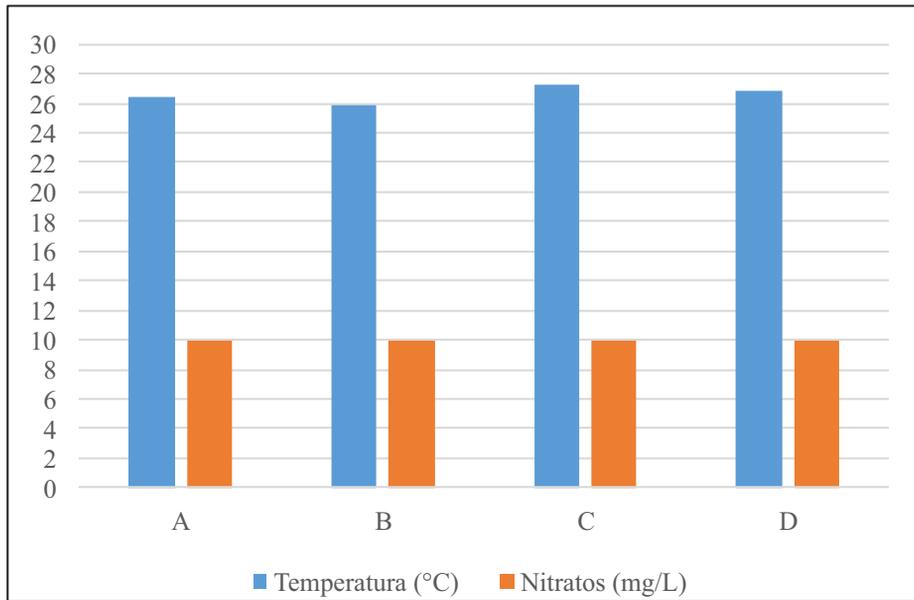


Figura 3. Representación gráfica de valores promedio de temperatura y nitratos totales.
Fuente: Elaboración propia

La demanda bioquímica oxígeno mostró, en tres de las cuatro estaciones de muestreo, valores promedios de acuerdo con los rangos permisibles (<5 mg/L). Sin embargo, la estación A tuvo un valor mayor (7,1 mg/L) a los ECAs para uso recreacional y poblacional y de conservación del ambiente acuático (Figura 4).

Dentro de la figura 4, también se observan los valores promedio de los fosfatos totales, los cuales se sitúan por encima del rango permisible (0,4 mg/L) para la categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) en las cuatro estaciones de muestreo de la laguna El Milagro.

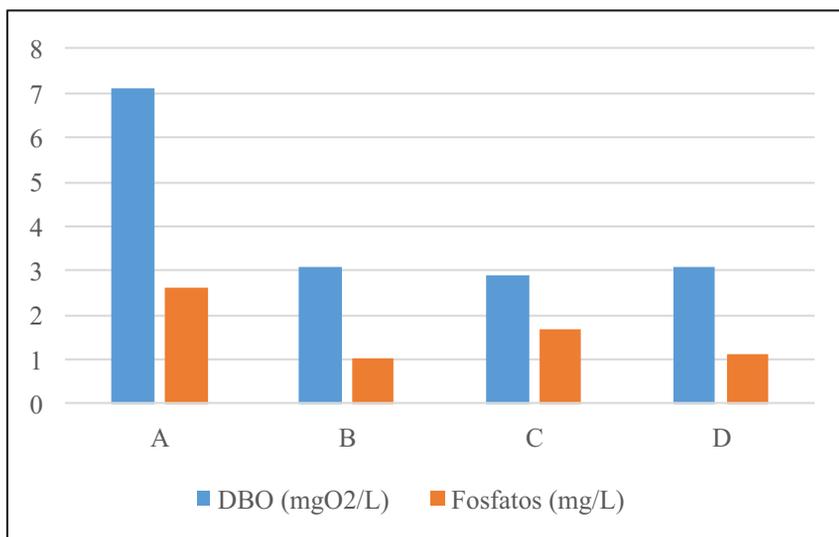


Figura 4. Representación gráfica de valores promedio de la DBO₅ y los fosfatos totales.

Por último, los sólidos totales disueltos mostraron valores promedios por debajo del rango permisible establecido (500 mg/L) (Figura 5). De igual manera ocurrió con los valores de coliformes fecales obtenidos, los cuales estuvieron por debajo del rango establecido para la categoría 4 (1000 NMP/100 mL); sin

embargo no ocurrió lo mismo para la categoría 1 (Poblacional y recreacional), para la cual el rango permisible máximo es menor (200 NMP/100 mL), y las estaciones B y D superaron este límite, con 575 y 275 NMP/100 ml, respectivamente (Figura 5).

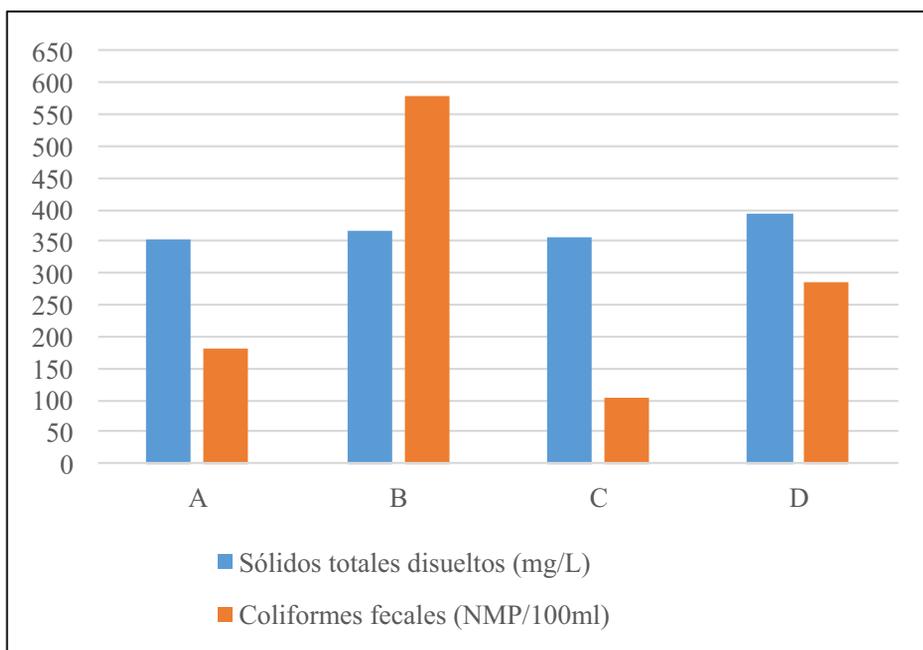


Figura 5. Representación gráfica de valores promedio de sólidos totales disueltos y coliformes fecales.
Fuente: Elaboración propia

Índice de calidad de agua del humedal laguna Los Milagros, según la NSF

En la tabla 2 se detalla el promedio de los parámetros

fisicoquímicos y microbiológicos para, una vez ponderado, calcular y obtener el índice de calidad de agua del humedal Los Milagros, según NSF.

Tabla 2. Índice de calidad del agua del humedal laguna Los Milagros, según la NSF

Parámetro	Unidades	Qi	Factor de Ponderación (Wi)	Qi*Wi
Oxígeno disuelto	% sat	89	0,18	16,02
Coliformes fecales	Numero/100 mL	38	0,17	6,46
pH	Unidades	91	0,12	10,92
DBO ₅	mg/L	60	0,12	7,2
Fosfatos totales	mg PO ₄ /L	31	0,11	3,41
Nitratos	mg NO ₃ /L	50	0,11	5,5
Turbidez	NTU	86	0,09	7,74
STD	mg/L	54	0,08	4,32
ICA				61,57 = 62

Fuente: Díaz, 2010.

Así, al comparar estos datos con los establecidos en ICA-NSF, resulta que el agua del humedal laguna Los Milagros es de calidad media o moderada, ya que se

encuentra el valor obtenido fue de 62, y este se encuentra dentro del rango 50–70 (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de la calidad del agua mediante el ICA-NSF, por rangos y colores.

Rango	Calidad	Color
90-100	Excelente	
70-90	Buena	
50-70	Media	
25-50	Mala	
0-25	Pésima	

Fuente: Orma, 2014

IV. DISCUSIÓN

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

La determinación del Índice de Calidad del Agua de la laguna Los Milagros se realizó durante los meses de abril, mayo, junio y julio del año 2014, siendo éste el periodo de estiaje. Esta estación influye en los valores de algunos de los parámetros medidos, tales como los sólidos totales disueltos y la turbidez, los cuales son relativamente bajos, siendo un cuerpo de agua léntico, y esto confirma lo descrito por Gallo-Sánchez *et al.* (2009) en la ciénaga de Ayapel (Colombia), cuyo estudio demostró que las precipitaciones pueden favorecer los procesos de dilución del contenido de nutrientes y por lo tanto aumentar estos dos parámetros en dicho periodo.

Los valores de oxígeno disuelto medidos en las cuatro estaciones de muestreo en la laguna Los Milagros se encuentran en un rango aceptable según los ECAs del agua, y esto se debe a la baja turbidez del agua, que permite el paso de los rayos solares, para realizar la fotosíntesis de los productores primarios que viven en suspensión en la laguna (por ejemplo, el fitoplancton); además, puede existir influencia del bajo contenido en materia orgánica, que demanda poco oxígeno para su degradación. La mayor demanda bioquímica de oxígeno surge por la acumulación de material biodegradable en el fondo y por lo lento del flujo del agua que limita la capacidad de intercambio gaseoso con el aire (Wetzel, 2001).

De los parámetros requeridos para determinar el ICA-NSF, se han encontrado dos que sobrepasan los ECAs del agua, tanto en la categoría 4 (conservación del ambiente acuático) como en la categoría 1 (uso poblacional y recreacional); se trata de los nitratos y fosfatos totales, ambos, considerados nutrientes causantes de los procesos de eutrofización. Debido a que la laguna Los Milagros no es una fuente receptora de aguas residuales, la presencia de elevadas concentraciones

en el agua de estos nutrientes, se debe a la descomposición de la materia orgánica nitrogenada, proveniente de la muerte de algunas especies acuáticas (Gómez *et al.*, 2014). Según Murillo *et al.* (2013), la presencia de grandes concentraciones de nutrientes determina, en primera instancia, la cantidad de productividad primaria del sistema, base fundamental de una parte sustancial de la trama trófica acuática. La relación es tan estrecha que otros factores como la luz y la presencia de CO₂ han sido relegados, en general, como posibles limitantes de este proceso. Los fenómenos más comunes asociados a los nutrientes, como nitratos y fosfatos, son su carencia o su exceso, ambos con severas consecuencias en la biota acuática (Planas, 1973); y es que la escasez de nutrientes está asociada a aguas oligotróficas que suelen encontrarse en áreas o sistemas acuáticos completos con una mínima producción primaria. En el otro extremo, se encuentran las aguas o sistemas hipereutróficos, donde la generación continua y masiva de biomasa, principalmente fitoplanctónica, crea serios problemas en los flujos energéticos (Moreno-Arbeláez y Ramírez-Restrepo, 2010). Los nitratos en las aguas superficiales y subterráneas se derivan de la descomposición natural de microorganismos o de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales y excretas de animales (Pacheco y Cabrera, 2003). También provienen de actividades humanas tales como el uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados, que son fuentes importantes de nitratos, siendo esta última actividad la que más afecta a la laguna Los Milagros, dado el abuso de fertilizantes en áreas de cultivos aledaños, principalmente de piña. El pastoreo de ganado vacuno también afecta, al agregar nutrientes a la laguna (Ñique *et al.*, 2005), y es que estos llegan a la misma por escorrentía, favorecidos por la deforestación y el cambio en la materia orgánica del suelo como resultado de la

rotación de cultivos (Murgulet y Tick, 2013). De manera similar la presencia de concentraciones de fosfatos que sobrepasan los ECAs está relacionado con el uso de fertilizantes, que al igual que los nitratos llegan por escorrentía a la laguna; esto lo corrobora González (2011), quien menciona que tanto los fosfatos, como los nitratos son un problema ambiental, al aumentar la eutrofización de las aguas en los sistemas lénticos, resaltando que los nitratos son la mayor fuente de contaminación de lagos y otras masas de agua, mientras que los altos niveles de fosfato promueven la sobreproducción de algas y malezas acuáticas.

Evaluación de los parámetros microbiológicos

La concentración de coliformes fecales en el agua de la laguna Los Milagros es relativamente baja comparándola con el valor del estándar de calidad ambiental del agua en la categoría 4, y esto es debido a que el cuerpo de agua no es una fuente receptora de aguas residuales domésticas. La laguna presenta también fluctuaciones en su nivel, lo que evidencia la existencia de un flujo continuo de entrada y salida de agua. Según Torres-Delgado *et al.* (2013) las fluctuaciones en el nivel del agua en lagos, ciénagas, pequeños ríos y canales son responsables de los cambios temporales en las concentraciones de nutrientes y materia orgánica, en estos ambientes.

Sin embargo, el valor de coliformes fecales de la laguna sobrepasa el estándar en la categoría 1 en las estaciones de B y D, debido a las diversas actividades antrópicas que se realizan. La estación B es la más afectada puesto que existe un criadero de paiches (*Arapaima gigas*). Estas actividades agropecuarias suelen suponer un peligro sanitario y ambiental si no se controla el residuo que estas generan (Camargo *et al.*, 2011).

Determinación del ICANSF

Durante el periodo de evaluación del presente estudio, el valor del ICA-NSF para el agua de la laguna Los Milagros fue 62, lo que indica, según la tabla de clasificación, una calidad media o moderada. Según Custodio *et al.* (2014), las aguas con un ICA de categoría media tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos, relacionado con un aumento en el crecimiento de las algas, y por ende con un proceso de eutrofización. De igual manera ocurre con los ICAs aplicados en el lago Titicaca, los cuales determinan que está en proceso de degradación, sobre todo en la bahía interior de

Puno, debido en este caso, al aumento de coliformes totales resultado de la descarga de aguas residuales de la propia ciudad de Puno (Beltrán-Farfán *et al.*, 2015).

V. CONCLUSIONES

La gran mayoría de los valores promedios calculados en el estudio, no sobrepasan los ECAs para las categorías 1 (uso poblacional y recreacional) y 4 (conservación del ambiente acuático), a excepción de los parámetros de nitratos y fosfatos totales, que superan los límites establecidos en ambas categorías, provocando un aumento de la eutrofización debido al gran crecimiento de algas. Las causas de esta contaminación se originan a partir de los campos de cultivo de piña y la ganadería existente en el entorno, ya que son estas actividades las que provocan el aumento de esos valores.

El valor final del ICA-NSF fue de 62, y se corresponde con una calidad media, la cual se ve influenciada principalmente por los nitratos y fosfatos antes citados, además de por parámetros bacteriológicos como coliformes fecales, que sobrepasan los ECAs del agua, y es que la mala gestión de las actividades que se llevan a cabo alrededor de la laguna Los Milagros empeora a la calidad del agua, y por ende a la conservación y al uso de esta área protegida, lo que afecta a indirectamente a las actividades turísticas que existen, derivadas estas de diligencias recreacionales.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (Autoridad Nacional del Agua). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial*. Lima (Perú), 2011.
- Andreu, E. y A. Camacho. *Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar*. Madrid (España), 2003.
- Beltrán-Farfán, D.F., R.P. Palomino, E.G. Moreno, C.G. Peralta y D.B. Montesinos-Tubée. "Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011". *Revista peruana de biología*, Vol. 22 (2015): 335-340.
- Camargo, J. A., C. Gonzalo y A. Alonso. Eutrofización causada por piscifactorías continentales: un caso de estudio en el río Tajuña (Guadalajara, España), 2011.
- Custodio, M., F. Chanamé-Zapata y W. Bulege. "Evaluación de la calidad del agua del río Cunas median-

- te índices fisicoquímicos y biológicos, Junín, Perú”. *Quintaesencia*, Vol. 7 (2014): 51-60.
- Díaz, L. *Estudio Comparativo de Índices de Calidad del Agua Aplicando un Modelo Armonizado, Caso de Estudio Río Loa*. Tesis de Maestría en Ciencias Químicas, Antofagasta: Universidad Católica del Norte (Chile), 2010.
- Echevarría, G. *Huánuco: Tratado de Geografía*. Huánuco (Perú), 2003.
- Gallo-Sánchez, L.J., N.J. Aguirre-Ramírez, J.A. Palacio-Baena, J.J. Ramírez-Restrepo. “Zooplancónica (Rotífera y Microcrustácea) y su relación con los cambios del nivel del agua en la Ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia”. *Caldas*, Vol. 31 (2009): 339-353.
- Garcés Durán, J.A. “Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas”. *Revista Virtual REDESMA* 5, Vol. 1 (2011): 29-41.
- Gómez, R., C. Tovilla, E. Barba, O. Castañeda, F.J. Valle, E.I. Romero y E. Ramos. “Índices tróficos de importancia ecológica y su relación con algunas variables físico-químicas en el sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México”. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, Vol. 31 (2014): 47-57.
- González, F. *Contaminación Por fertilizantes: "Un serio problema ambiental"*. Tingo María (Perú), 2011.
- Hernández, R., C. Fernández y P. Baptista. *Metodología de la Investigación*. México D. F (México), 2010.
- Maassen, S., D. Balla, T. Kalettka y O. Gabriel. “Screening of prevailing processes that drive surface water quality of running waters in a cultivated wetland region of Germany — A multivariate approach”. *Science of the Total Environment*, Vol. 438 (2012): 154-165.
- Méndez Sayago, J.A. y J.M. Méndez Sayago. “Tasas por utilización del agua ¿Instrumento de asignación eficiente del agua o mecanismo de financiación de la gestión ambiental?” *Estudios Gerenciales* 26, Vol. 115 (2010): 93-115.
- MINAM (Ministerio de Ambiente). *Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. Lima (Perú), 2015.
- Moreno-Arbeláez, D. P., & Ramírez-Restrepo, J. J. “Variación temporal de la condición trófica del lago del Parque Norte, Medellín (Antioquia), Colombia”. *Actualidades Biológicas*, Vol. 32 (2010): 75-87.
- Murgulet, D. y G.R. Tick. “Understanding the sources and fate of nitrate in a highly developed aquifer system”. *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol. 155 (2013): 69-81.
- Murillo, I., R. Cervantes Duarte, G. Gaxiola Castro, S. López López, F. Aguirre Bahena, E. González Rodríguez, Á. Jiménez Illescas y F. E. Hernández Sandoval. “Variabilidad de la productividad primaria y de pigmentos fotosintéticos en una zona de surgencias de la Región Sur de la corriente de California”. *CICIMAR Océánides*, Vol. 28 (2013): 23-36.
- Ñique, M., E. Chuquilín, L. Ruiz y G. Sanchez. *Estudio Justificadorio para el Establecimiento del Área de Conservación Municipal Humedal "Laguna Los Milagros"*. Informe Técnico, Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2005.
- Ñique, M., L. Vivar y E. Chuquilín. “Humedales de la yunga amazónica en los departamentos de Huánuco y San Martín, Perú”. *ECIPERU*, Vol. 6 (2009): 48-53.
- GRH (Gobierno Regional de Huánuco). *Declara de Interés y Prioridad Regional la Recuperación, Conservación y Protección del Área Natural "Laguna de Los Milagros"*. N°081-2009-CR-GRH, Huánuco (Perú), 2009.
- Oram, B. *Monitoring the Quality of Surface Waters*. Informe Práctico, Dallas (USA), 2014.
- Pacheco, J. y A. Cabrera. “Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas”. *Ingeniería*, Vol. 7 (2003): 47-54.
- Pérez-Castillo, A.G. y A. Rodríguez. “Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación”. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 56 (2008): 1905-1918.
- Planas, M. D. “Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Banyoles”. *Oecologia Aquatica*, Vol. 1 (1973): 3-106
- Sánchez, A.J., M.A. Salcedo, A.A. Macossay-Cortez, Y. Feria-Díaz, L. Vázquez, N. Ovando y L. Rosa-

- do. "Calidad ambiental de la laguna urbana La Pólvora en la cuenca del río Grijalva". *Tecnología y Ciencias del Agua*, Vol. 3 (2012): 143-152.
- Torres-Delgado, E.V., F. Delgadillo-Hinojosa, V.F. Camacho-Ibar, M.A. Huerta-Díaz, J.A. Segovia-Zavala, J.M. Hernández-Ayón y S. Galindo-Beet. "Wintertime enrichment of inorganic nutrients in the Ballenas Channel, Gulf of California". *Ciencias Marinas*, Vol. 39 (2013): 165-182.
- Wetzel, R. G. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. San Diego (USA), 2001.