

# Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador

## APPLICATION OF WQI-NSF FOR DETERMINING WATER QUALITY OF OZOGOCHÉ, PICHAHUIÑA AND POMACOCHO RIVERS OF THE SANGAY NATIONAL PARK-ECUADOR

Julio R. Coello<sup>1</sup>, Rosa M. Ormaza<sup>1</sup>, Ángel R. Déley<sup>1</sup>, Celso G. Recalde<sup>1</sup>, Anita C. Ríos<sup>1</sup>

RECIBIDO: 18/06/2013– APROBADO: 01/08/2013

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue establecer la calidad de agua utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) en los ríos alto andinos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho (3100 a 3950 msnm) que forman parte del Parque Nacional Sangay en Ecuador, para analizar a futuro el cambio generado por cambios medioambientales y actividades antrópicas.

Para el análisis físico-químico y microbiológico se establecieron 6 puntos de monitoreo en el río Ozogoché, 8 en el Río Pichahuiña y 4 en el Pomacocho durante un año (febrero 2011 a febrero 2012) cubriendo las épocas seca y de lluvia. Los resultados promedio de nueve parámetros analizados se utilizaron para determinar el ICA de cada río, determinando que las tres microcuencas presentan buena calidad. Existen parámetros que muestran mayor variación como sólidos totales, sulfatos y conductividad cuyos picos máximos se alcanzaron en los meses de menor precipitación (de febrero a mayo).

**Palabras clave:** ICA, monitoreo de agua, microcuenca, parque nacional sangay, río alto andino

### ABSTRACT

This study determines water quality by using the water quality index (WQI) of the USA National Sanitation Foundation (NSF). The WQI methodology was applied at three Andean rivers: Ozogoché, Pomacocho and Pichahuiña (3100 to 3950 mosl). These rivers belong to the Sangay National Park of Ecuador. Water tests were monitored in both dry and rainy seasons in order to predict future changes generated by human activities and environmental alterations.

Six, eight and four sampling points were fixed at the Ozogoché, Pichahuiña and Pomacocho rivers respectively. Physical-chemical and microbiological parameters were analyzed along one year span (February 2011 to February 2012). The average results of nine parameters analyzed were used to estimate the WQI for each river. The conclusion was that the three watersheds show good water quality. Parameters like total solids, sulphates and conductivity present greater variation than others among site samples. The highest levels were detected during the dry season (February through May).

**Key words:** WQI, water monitoring, watershed, Sangay National Park, Andean rivers

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Chimborazo, Instituto de Ciencia, Innovación, Tecnología y Saberes  
Correspondencia: juliocc86@hotmail.com; rosita\_ormaza7@hotmail.com; desnirob6000@yahoo.com; crecalde672000@yahoo.com; acrios61@yahoo.com

## I. INTRODUCCIÓN

La calidad de aguas superficiales es un tema de discusión en todo el mundo; fundamentalmente porque se ve afectada con la introducción de agentes contaminantes de origen antrópico, cada vez más agresivos y que por su naturaleza química son más difíciles de tratar. Además, el cambio de uso de suelo influye significativamente sobre el paisaje alterando ecosistemas y recursos naturales (Rodríguez & autores, 2002)(Álvarez *et al.*, 2008).

Esta investigación se realizó en la zona centro sur de Ecuador, parroquia Achupallas, cantón Alausí en las microcuencas de los ríos Ozogoché y Pichahuiña, que forman parte de la cuenca hídrica del río Pastaza y la microcuenca del río Pomacocho de la cuenca del Paute, ambas hacia el oriente, debido a que las características ecológicas (páramos de ceja andina, bosques húmedos montano bajos), geográficas (desde los 3100 a los 3950 msnm), fisiográficas (temperaturas promedio entre 10 y 20 °C) y biológicas del sector son muy variables (Acosta *et al.*, 2009; Villamarín *et al.*, 2013). Con los datos obtenidos se busca describir la calidad del recurso agua en ecosistemas de páramo, estableciéndose puntos de monitoreo en las zonas de mayor relevancia, abarcando diversidad de microecosistemas y factores que tendrían influencia directa sobre la calidad físico-química del agua (Shakir *et al.*, 2013).

Las comunidades de Ozogoché, Juval y Pomacocho de la parroquia Achupallas en estos últimos años han sido intervenidas por el gobierno provincial de Chimborazo, con apertura de caminos de segundo y tercer orden, proporcionando a los pobladores una mayor capacidad productiva principalmente agrícola y ganadera; este incremento influiría en la calidad de los recursos hídricos de esta zona de los Andes ecuatorianos (Medina & Turcotte, 2000)(Rivera *et al.*, 2004).

Ya que las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (material particulado, disuelto y presencia de materia orgánica natural) y de origen antrópico (aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros)(Torres *et al.*, 2009), surge la necesidad de evaluar y predecir cambios adversos sobre el medio. Es así que la principal razón para establecer programas de monitoreo tiene que ver con la necesidad de verificar si las características del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos y cómo se ve afectado por el vertimiento de contaminantes originados por actividades antrópicas (Shin *et al.*, 2013; Samboni *et al.*, 2007).

La ventaja de utilizar métodos físico-químicos se basa en que el análisis de estos parámetros suele ser más rápido, da una información extensa de la naturaleza del agua y sus propiedades, y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia (Samboni *et al.*, 2007; Dede O. *et al.*, 2013). La importancia del análisis microbiológico (coliformes fecales) radica en que la transmisión de estos es habitualmente por el agua y están abundantemente distribuidos en la naturaleza, es decir, todas las aguas naturales contienen una variedad relativamente grande y por lo tanto influyen directamente en la contaminación del agua (Marín *et al.*, 2003).

Se determina la calidad del agua en diferentes puntos de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho (microcuencas hídricas) y se tiene un pleno conocimiento del estado de

este recurso para poder tratarla o destinarla para fines diferentes (agrícola, ganadero o para consumo humano) (Brown *et al.*, 1972)(Valcarcel *et al.*, 2009). Por lo tanto el aspecto más crítico fue el muestreo y para esto fue necesario que la muestra conserve las concentraciones de todos sus componentes y que no se presenten cambios significativos en su composición antes del análisis (Díaz *et al.*, 2005). Con esta información se pueden tomar importantes decisiones en materia de legislación, medidas de mitigación, control y protección del medio ambiente, las cuales están regidas por normas y regulaciones de carácter oficial.

El objetivo del muestreo de agua fue obtener una parte representativa del universo en consideración a la cual se le analizaron los diferentes parámetros. Además, se busca evidenciar la necesidad de un seguimiento ininterrumpido para entender mejor cómo, con el tiempo, un río en particular asimila y se recupera de la vinculación de factores antropogénicos y procesos naturales.

Por lo tanto, con este tipo de investigación a largo plazo, se obtienen tendencias que ayudarán a rastrear la fuente que genere perturbación en el afluente (Shin *et al.*, 2013)

## II. METODOLOGÍA

### 2.1 Selección de puntos de monitoreo

La selección de los sitios o puntos de monitoreo de calidad de agua se planteó en tres niveles: la macrolocalización que determinó los tramos del río más representativos del nivel de calidad de toda la microcuenca; la microlocalización que implicó la ubicación dentro del tramo el curso el sitio de muestreo, para finalmente, identificar los puntos de toma representativos del área (Figura N.º 1) (Galán & Carrizo, 2000).

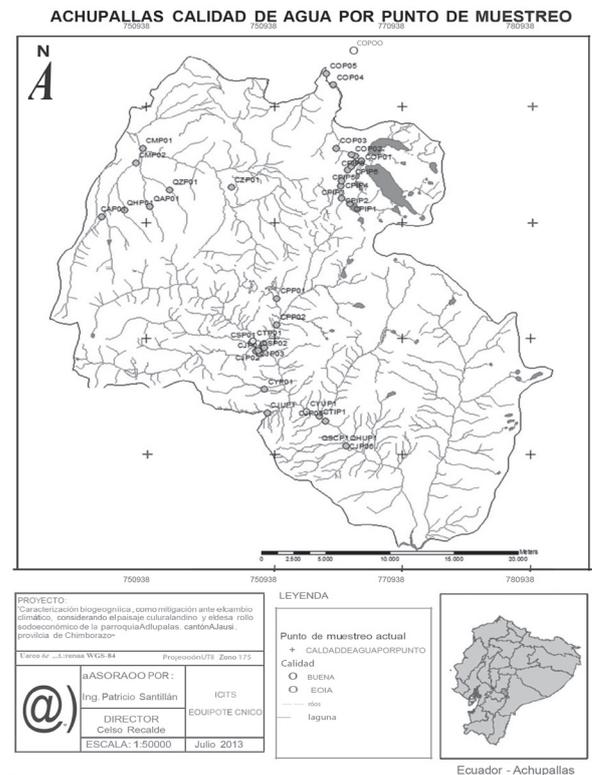


Figura N.º 1. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.

Para obtener una mejor representatividad de la calidad de los cuerpos de agua, las muestras fueron tomadas mensualmente de febrero de 2011 a febrero de 2012 (Debels *et al.*, 2005; Coletti *et al.*, 2010; Rivera *et al.*, 2004), tratando de abarcarla época seca y de lluvia de la zona (INOCAR, 2012; INAMHI, 2012). Basados en la cartografía y tomando en cuenta la accesibilidad y observaciones directas en campo, se eligieron 8 puntos de muestreo en la microcuenca del río Pichahuña, 4 en la del río Pomacocho y 6 en la del río Ozogoché (Figura 1), cubriendo así las zonas más representativas de las microcuencas (Álvarez *et al.*, 2008; Acosta *et al.*, 2009). Por las dificultades y riesgos en el transporte debido a la lejanía de la zona (camino de herradura), las muestras fueron tomadas en botellas plásticas. Previo a la toma de muestra, los envases de 1L de capacidad fueron purgados dos o tres veces con la muestra; desechando tales enjuagues (Hahn-vonHessberg *et al.*, 2009) y llenados completamente hasta su parte superior y tapados de manera que impida el ingreso de aire en la muestra (Jaimez *et al.*, 2002). Éstas fueron debidamente etiquetadas indicando el código del sitio, fecha y responsable del muestreo (Guerrero, *et al.*, 2003), y fueron entregadas el mismo día del muestreo para su análisis en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (LSA-UNACH).

Se tomaron datos del agua *in situ*: pH, temperatura y Oxígeno Disuelto. En el laboratorio se analizaron: pH, OD, turbiedad, nutrientes, coliformes fecales y totales (Acosta *et al.*, 2009). En la Tabla N.º 1, se detallan equipos y sensores que se utilizaron en el análisis de diversos parámetros.

Tabla N.º 1. Equipos utilizados en la investigación.

Parámetro	Sitio	Equipo/Sensor	Calibración
pH y temperatura	<i>In situ</i>	HORIBAD-14	Buffer SB116 pH 10.00 Certified SRM 191c (Trazabilidad NIST)
Oxígeno disuelto	<i>In situ</i>	METTLER TOLEDO SevenGo Pro	Oxígeno Ambiental
pH	Laboratorio	METTLER TOLEDO Seven Compact	Buffer SB116 pH 10.00 Certified SRM 191c (Trazabilidad NIST)
Oxígeno disuelto	Laboratorio	HANNA HI 2400	Oxígeno Ambiental
Turbiedad	Laboratorio	HANNA HI 93703	Agua Destilada Tipo 2
Nutrientes	Laboratorio	HACH DR 5000	HACH TNT Plus 821, 822, 830, 832, 843 (verificación)
Coliformes fecales	Laboratorio	Placas petrifilm	Pretrifilm 3M para recuento de coliformes

Para determinar las condiciones de uso/calidad del recurso agua nos enmarcamos en la Norma Técnica Ambiental contemplada en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), la cual establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua; criterios de calidad de las aguas para los distintos usos; y, métodos y procedi-

mientos para determinar la presencia de contaminantes (MAE, 2012)(Tyson & House, 1989).

## 2.2 Análisis de datos

Usamos la fórmula establecida por la NSF para determinar la calidad el agua.

$$ICA = \frac{(\sum Ci * Pi)}{(\sum Pi)} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

*C<sub>i</sub>*: valores asignados de cada parámetro C.

*P<sub>i</sub>*: es el peso relativo asignado a cada parámetro.

A mayor importancia mayor peso. Para clasificar la calidad de agua se emplea el índice de calidad de agua (ICA) (Tabla 2), se utilizaron nueve parámetros fisicoquímicos: OD, DBO<sub>5</sub>, pH, temperatura, sólidos totales, coliformes fecales, fosfatos, nitratos y turbiedad (Debels *et al.*, 2005) (NSF, 2006)(Álvarez *et al.*, 2006), que fueron analizados en laboratorio; los valores promedio de cada punto de muestreo se ingresaron al Software determinado para la determinación del ICA (Oram, 2012).

Mediante los valores que se obtienen de la formulación matemática (1), mediante el software se mide la influencia de cada uno de estos parámetros en el total del índice, lo que nos permite determinar la calidad del agua en cada tramo entre puntos de muestreo (Brown *et al.*, 1972). Posteriormente, se obtuvo el promedio de la totalidad de datos de cada parámetro para ser ingresados al Software (NSF) y obtener un índice de calidad general de las microcuencas (Valcarcel *et al.*, 2009)(López *et al.*, 2007)(Oram, 2012)(MAE, 2012).

Los valores promedio de cada parámetro de los puntos de monitoreo se graficaron en función del período de muestreo para observar la variabilidad en el comportamiento de las características físico-químicas y establecer la tendencia de calidad en las Microcuencas (figuras N.ºs 3, 4 y 5).

Luego de obtener una muestra representativa de agua con sus características y efectuando los análisis correspondientes, se determinó mediante el rango del ICA (Tabla N.º 2)(NSF, 2006), la calidad de agua puntual y el promedio general en los cuerpos de agua monitoreados y muestreados, calculado con las medias (valores promedio) de los grupos de resultados de los puntos de monitoreo de los ríos.

Tabla N.º 2. Índice ICA.

Calidad	Rango
Excelente	91 – 100
Buena	71 – 90
Media	51 – 70
Mala	26 – 50
Muy mala	0 – 25

**III. RESULTADOS**

Al calcular el ICA, el valor más bajo obtenido es 71 en el río Pomachocho, 83 el más alto se determinó en la parte alta de los ríos Pichahuiña y Ozogoche, siendo este último el que presenta valores altos en sus puntos de monitoreo. Entonces, como podemos observar en la Figura N.º 2, los valores obtenidos en los 3 ríos nos indican su buena calidad, diferenciándose claramente los grupos de resultados; la línea superior muestra donde inicia el rango de calidad excelente y la inferior la calidad buena.

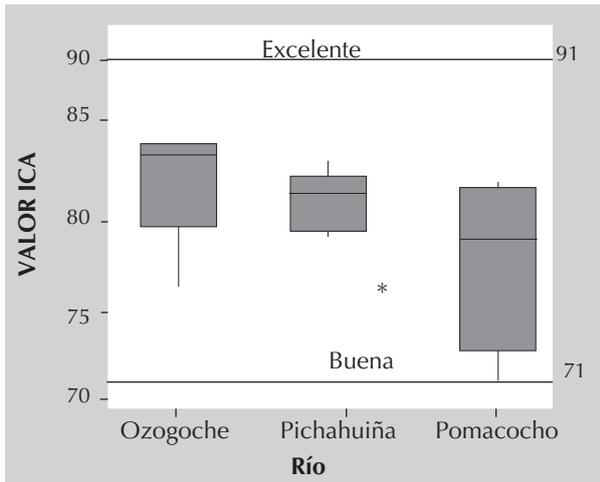


Figura N.º 2. Clasificación de la calidad de agua.

Dentro de los parámetros físico-químicos y microbiológicos considerados, todos los valores obtenidos en las tres microcuencas están dentro de los límites máximos permisibles para descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado establecidos en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes aplicada al Recurso Agua, contenida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador (TULSMA)(MAE, 2012). Es importante registrar que el único parámetro que supera dichos límites es la DBO5 con valores que van desde 1,46 mg/L en Ozogoche (3759 msnm) hasta 4,48 mg/L en Pichahuiña (3867 msnm), afectada posiblemente por la temperatura del medio y por los nutrientes presentes.

Los valores de OD tratado están dentro de los rangos de agua con buena cantidad de oxígeno disuelto, especialmente debido a la velocidad del agua por las condiciones físicas del terreno, con porcentajes de saturación de 93 en el río Pomachocho, 98 en el río Pichahuiña y 96 en el río Ozogoche (Acosta *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos sobre la temperatura indican una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la altura sobre el nivel del mar del sitio de muestreo, a mayor altura menor temperatura del agua (Álvarez *et al.*, 2008), teniendo así que en el sector de Pichahuiña (3948 msnm) el valor promedio más bajo fue de 9,80 °C, en la cuenca alta (CPIP1), mientras que en el sector de Ozogoche (3520 msnm) el promedio más bajo de temperatura fue de 10,96 °C, en el centro de la cuenca (COP04)(Acosta *et al.*, 2009) (Figure N.º 3).

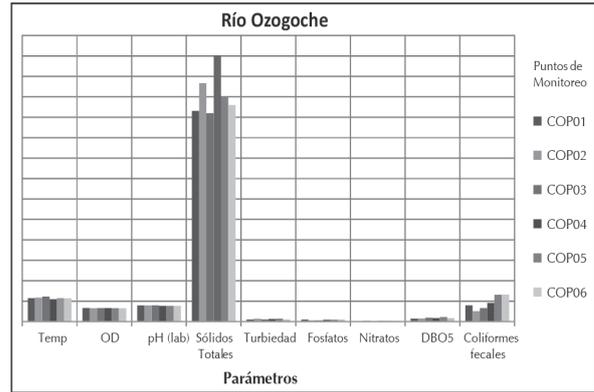


Figura N.º 3. Tendencia de resultados de los puntos de monitoreo del río Ozogoche.

**IV. DISCUSIÓN**

La Figura N.º 4 muestra los resultados obtenidos para el Río Pichahuiña, en donde exceptuando los resultados de sólidos totales y coliformes, el comportamiento de los datos es uniforme en los ocho puntos de monitoreo. El punto seis y siete muestran mayor presencia de sólidos, pudiendo atribuirse esto a la presencia de alteraciones de origen natural o antrópico (actividades humanas), como las relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos (productos químicos de uso agrícola) (Soon & Seok, 2002). Los picos máximos de éstos parámetros se detectaron en los meses de baja precipitación, presentando el río un caudal bajo lo que podría producir la acumulación de sólidos totales y su correspondiente aumento de sulfatos y conductividad. La disminución del caudal a su vez incide en que las actividades antrópicas se vean mermadas disminuyendo así la presencia de nitritos y nitratos.

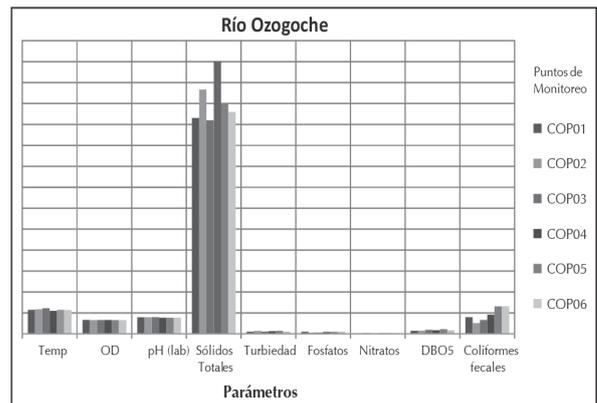


Figura N.º 4. Tendencia de resultados de los puntos de monitoreo del río Pichahuiña.

En el río Pomachocho, los parámetros que presentan mayor cambio son la conductividad y sólidos totales. Los picos más altos se detectaron en el mes de Septiembre y Octubre y los más bajos en los meses de abril y mayo que están dentro de la época de mayor precipitación (INAMHI, 2012) (INAMHI, 2012). Se puede teorizar que la elevada presencia de sólidos totales en el punto uno de monitoreo ubicado en la parte alta de la microcuenca se debe a la presencia de rocas calizas, y que el aumento de coliformes

está relacionado con la presencia de actividad ganadera, que aunque escasa influye en las características específicas del sitio (Campos, et al., 2000), (Figura 5).

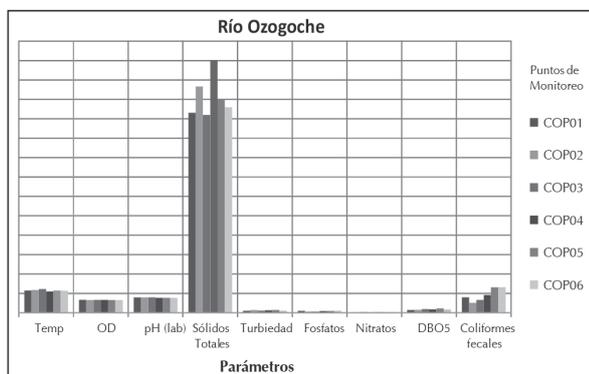


Figura N.º 5. Tendencia de resultados de los puntos de monitoreo del Río Pomacocho.

A pesar que, en los ríos Pomacocho y Pichahuiñala carga orgánica biodegradable del agua (DBO<sub>5</sub>) se encuentra por encima de los límites establecidos en el TULSMA, (MAE, 2012), los resultados generales son los esperados para este tipo de ríos andinos ya que la altura y la presencia de actividades antrópicas cercanas a los ríos aunque escasas, influyen en este parámetro.

La variación de sólidos totales en el río Pomacocho se debería a que el punto uno de monitoreo pasa por debajo de una vía de tercer orden provocando un potencial aporte de sólidos, mientras que, la variación del mismo parámetro en el río Pichahuiña se debería a la presencia de actividad piscícola (producción de truchas) a lo largo del río así como el cambio del uso del suelo, que implica la remoción de almadillas y pajonal para uso agrícola.

## V. CONCLUSIONES

1. Para el río Ozogoché, como se muestra en la Figura 3, el comportamiento del promedio de los parámetros físico-químicos y microbiológicos entre los 6 puntos de monitoreo del río es casi uniforme, pudiéndose comprobar su conducta por las características similares entre sitios de monitoreo y ejemplificándose en la calidad constante a lo largo del río, (Marín, et al., 2003). La falta de paridad en coliformes y sólidos puede deberse a la presencia de acciones naturales (arrastre de sedimentos, escorrentía) y/o antrópicas (agropecuarias) generadoras de dicha variación, ya que la mayoría de los patógenos transportados en el agua se introducen a través de contaminación fecal (Mora & Cedeño, 2006).
2. La calidad del agua en todos los puntos monitoreados es buena, los parámetros evaluados excepto la DBO<sub>5</sub> están dentro de los límites establecidos en el TULSMA, (MAE, 2012), es necesario la continuidad del monitoreo para determinar si los incrementos observados en Sólidos Totales, Conductividad y Sulfatos son estacionales u obedecen a eventos fortuitos al momento del muestreo, procurando que el monitoreo se realice en la misma

época y condiciones climáticas semejantes para una comparación de datos confiable.

3. En el río Ozogoché la presencia de coliformes fecales se debe a que hay actividad ganadera cercana, evidenciada por su consecuente variación en los valores obtenidos en los puntos de muestreo, la falta de tratamiento de aguas negras debido al uso de letrinas en la población cercana al río puede ser también un aporte de este contaminante, lo cual demuestra la necesidad de un monitoreo de las descargas de agua provenientes de las actividades domésticas.
4. Los resultados microbiológicos, aun cuando están bajo los límites establecidos en las Normas ecuatorianas permiten predecir que una disminución mayor del caudal de los ríos a la que se presenta normalmente en el estiaje provoca una modificación del ecosistema de los ríos, lo que muestra la necesidad de un plan de manejo integral adecuado y la continuidad en el monitoreo.
5. El índice ICA-NSF utiliza ponderaciones generales establecidas por expertos analistas de la calidad del agua, sin embargo, es necesario compararlo con otras metodologías y establecer ponderaciones propias para los ríos alto andino en Ecuador.

## VI. AGRADECIMIENTO

Al Ministerio del Ambiente (MAE), así como a las comunidades indígenas y campesinas de la parroquia Achupallas que apoyaron desinteresadamente la realización del Proyecto: "Propuesta técnica de manejo de subcuencas hídricas y caracterización territorial ambiental, considerando el paisaje cultural andino y el lado", al personal del proyecto y a los investigadores de la UNACH. De igual modo, al Instituto de Investigación de la FGMMG de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por la publicación del presente artículo.

## VII. REFERENCIAS

1. Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), pp. 35-64.
2. Álvarez, J., Panta, J., Ayala, C. & Acosta, E., (2008). Calidad integral del agua superficial del agua en la cuenca hidrológica del río Amajac, *Revista Información Tecnológica*. 19(6), pp. 21-32.
3. Alvarez, J. y otros, (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, Volumen 75, pp. 71-83.
4. Brown, R., McClelland, N. I. & Deini, R., (1972). Indicators of Environmental Quality. *Environmental Science Research*, 1(1), pp. 173-182.
5. Campos, C. & autores, y. o.t., (2000). Behaviour of the fecal pollution indicators in soilirrigated with treated wastewater under on surface and subsurface

- drip irrigation. *Water Science and Technology*, 42(1-2), pp. 75-79.
6. Coletti, C. y otros (2010). Water quality index using multivariate factorial analysis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(5), pp. 517-522.
  7. Debels, P. y otros (2005). Evaluation of Water Quality in the Chillán River (Central Chile) Using Physico-chemical Parameters and a Modified Water Quality Index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 110(1-3), pp. 301-322.
  8. Dede O., O., Telci, I. & Aral, M. (2013). The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey;. *Water Quality, Exposure and Health*, 5(1), pp. 45-56.
  9. Díaz, S., Hernández, R., Mayari, R. & Espinosa, M. (2005). Metodología para el Muestreo y Manipulación de muestras de Aguas y Aguas Residuales. *Revista CENIC*, 36, N.º especial.
  10. Galán, P. & Carrizo, R. (2000). *Metodologías para monitoreo de agua y sedimentos en cursos superficiales y suelos afectados por contaminantes de origen industrial*, s.l.: s.n.
  11. Guerrero, F., Manjarrés, A. & Núñez, N. (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*, 8(2), pp. 43-55.
  12. Hahn-vonHessberg, C. y otros (2009). Determinación de la calidad del agua mediante Indicadores biológicos y fisicoquímicos en la Estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 13(2), pp. 89-105.
  13. INAMHI (2012). *Características generales del clima en el Ecuador*. Quito, s.n.
  14. INOCAR (2012). *Derrotero de las costas ecuatorianas, Información General de la República del Ecuador*, Quito: s.n.
  16. López, M., Ramos, M. & Carranza, J. (2007). Análisis Multimétrico para evaluar contaminación en el río Lerma y lago de Chapala. *Hidrobiológica*, 17(1), pp. 17-30, México.
  17. MAE, M. d. A. d. E. (2012). *TULSMA: Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua; Libro VI (Anexo I)*, Quito-Ecuador, s.n.
  18. Marín, G. y otros (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas*. pp. 73-75.
  19. Medina, L. & Turcotte, P., 2000. Calidad de las aguas de los páramos. *El Páramo como fuente de recursos hídricos*, 3(1), pp. 15-20.
  20. Mora, V. & Cedeño, J., 2006. Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10(37), pp. 41-45.
  21. NSF, F. N. d. C., 2006. *Conferencia Internacional sobre las Operaciones de Servicios y Logística*, Shangai-China: s.n.
  22. Oram, B., 2012. *Cálculo del Índice de Calidad de Agua NSF; The Water Quality Index*, s.l.: s.n.
  23. Rivera, N., Encina, F., Muñoz, A. & Mejías, P., 2004. La Calidad de las aguas en los ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Información Tecnológica*, 15(5), pp. 89-101.
  24. Rodríguez, C. y otros (2002). Variaciones estacionales de la calidad del agua del río Chocancharava (río Cuarto), Córdoba, Argentina. *Ecología Austral*, 12(1), pp. 65-72..
  25. Samboni, N., Carvajal, Y. & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), pp. 172-181.
  26. Shakir, A., Shakoore, A. & Iqbal, J. (2013). Impact of antropogenic activities on physico-chemical parameters of water and mineral uptake in *Catla catla* from river Ravi, Pakistan. 185(3), pp. 2833-2842.
  27. Shin, J., Artigas, F., Hobbles, C. & Lee, Y. (2013). Assessment of anthropogenic influences on surface water quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1), pp. 2777-2778.
  28. Soon, P. & Seok, Y. (2002). A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea. *Ecological Modelling*, Volumen 152, pp. 65-75.
  29. Torres, P., Cruz, H. & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías*, 8(15), pp. 79-82.
  30. Tyson, J. & House, M. (1989). The applications of water quality index to river management. *Water Science Technology*, 21(1), pp. 1149-1159.
  31. Valcárcel, L., Alberto, N. & Frías, D. (2009). El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Revista electrónica de la agencia de medio ambiente* 16(1), pp. 1-2.
  32. Villamarín, C. y otros (2013). A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index. *Ecological Indicators*, pp. 79-92.