

EL PLANCTON COMO BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ZONAS AGRÍCOLAS ANDINAS: ANÁLISIS DE CASO

María J. Escobar¹, Esteban Terneus¹ y Patricio Yáñez ^{1,2}

¹ Escuela de Biología Aplicada, Universidad Internacional del Ecuador, Av. Simón Bolívar s/n y Jorge Fernández, Quito-Ecuador.

² Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas y Carrera de Administración Turística, Universidad Iberoamericana del Ecuador. 9 de Octubre N25-12 y Colón, Quito-Ecuador.

Autor para correspondencia: apyanez@hotmail.com

Manuscrito recibido el 12 de febrero de 2013. Aceptado, tras revisión, el 29 de mayo de 2013.

Resumen

Se describe la presencia de comunidades de plancton como indicadores de la calidad de agua de riego en la parroquia de Puéllaro (Distrito Metropolitano de Quito). Se analizaron muestras en tres vertientes; también se realizaron pruebas físico químicas del agua en ellas. Para la separación y determinación de especies en el laboratorio se utilizó una centrifuga y un microscopio, se usaron guías de identificación de plancton como apoyo. Los puntos donde con presencia significativa de contaminación, inferida a partir de la presencia y abundancia de plancton, fueron puntos finales de cada vertiente después de haber atravesado ambientes con diferentes tipos de disturbio antropogénico.

Palabras Clave: plancton, bioindicador, vertientes andinas, carga orgánica.

Abstract

We describe the presence of plankton communities as bioindicator of the quality of irrigation water in the parish of Puellaro (Metropolitan District of Quito). Samples were analyzed in three creeks; we also tested physicochemical parameters of water. For the separation and identification of species in laboratory we used a centrifuge, a microscope, and some identification guides. We found points with significant presence of contamination, inferred from the presence and abundance of plankton, generally after crossing environments with different types of anthropogenic disturbance.

Keywords: plankton, bioindicator, Andean creeks, organic load.

1. Introducción

La calidad del agua se relaciona con los elementos o sustancias que se encuentran en ella, bien sean procedentes de procesos naturales o de actividades antrópicas, y su abundancia. Tanto los criterios como los estándares y objetivos de uso futuro de esta agua variarán dependiendo de si se la desea utilizar para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad del ecosistema local, etc. Los límites permisibles de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y por los gobiernos nacionales; en el caso de Ecuador, estos parámetros están regidos por el Ministerio del Ambiente (MAE), a través del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (2002).

Existen algunos factores para determinar la calidad del agua, no solamente físico-químicos, sino también factores biológicos como indicadores naturales

En los cursos de agua, en condiciones normales, los microorganismos descomponedores tienden a mantener -de una manera relativamente constante- el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina autodepuración del agua. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible (<http://nuestrosrecursosnaturales.wordpress.com>).

Factores biológicos potencialmente útiles como indicadores naturales de calidad del agua pueden ser utilizados, incluyendo el plancton (Wu, 1984; Ferdous y Muktedir, 2009), para determinar el estado de salud ecológica de cuerpos de agua de interés.

2. Metodología

Área de Estudio

La parroquia de Puéllaro se encuentra en un valle interandino en el sector noreste del Distrito Metropolitano de Quito, su superficie es de 68.65 km², con aproximadamente 7000 habitantes. Está ubicada a 00°03' de Latitud Norte y 78°24' de Longitud Oeste, a 2081msnm.

Según el sistema de clasificación vegetal de Sierra (1999), la Parroquia de Puéllaro pertenece al matorral seco montano, ubicado en valles secos entre 1400 y 2500 msnm. El promedio anual de precipitación y temperatura está entre los 360 y 600 mm anuales y los 18 y 22°C (Acosta-Solís, 1966; Sierra, 1999).

Es una zona con suelos de origen volcánico, producidos por erupciones de volcanes antiguamente activos: Pululahua y Mojanda, razón por la que el suelo es bastante fértil (Quizhpilema, 2009).

En la Parroquia de Puéllaro y circundantes, los agroquímicos más adquiridos y utilizados son Antracol, Cuprofix y Triziman como fungicidas, el Aglyfoin como herbicida (MAE y ESPOL, 2004) y algunos abonos químicos como

fertilizantes; los cultivos más producidos son los de tomate de árbol y fréjol. También se debe tomar en cuenta la presencia de avícolas y florícolas en la parroquia, ya que éstas podrían influir de una manera importante en la contaminación de cursos de agua.

Registro de información

El trabajo de campo y laboratorio fue realizado entre agosto a diciembre de 2011.

En campo se registraron datos biológicos y físico-químicos; las muestras fueron tomadas en tres vertientes (La Merced, Centro y Piango) que proveen de agua a la Parroquia de Puéllaro; en cada vertiente se colocaron tres puntos de muestreo: el punto control en el curso superior, el segundo aproximadamente a la mitad del trayecto y el tercero al final del mismo.

En cada punto, se tomaron dos muestras para registrar la presencia y abundancia de plancton. Se utilizaron dos métodos: el primero con una Red Surber diseñada para obtener muestras cuantitativas, consta de un marco metálico al cual está sujeta una red de nylon (Roldán 1996) (Figura 1), el marco con medida determinada (30cm x 30cm) sirve para delimitar mejor el área de muestreo y para calcular el índice de diversidad y riqueza de especies en relación a una unidad de superficie. El marco se colocó sobre el sustrato y seguidamente con las manos se removió el material dentro del área enmarcada, el plancton quedó atrapado en la red colocada contracorriente.

La segunda metodología fue la toma de agua corriente con un recipiente sencillo sin red (método cualitativo), utilizado para la determinación general de presencia de géneros y especies de plancton (Figura 2).

Se realizaron muestreos *in situ* de los aspectos físico-químicos del agua en cada uno de los puntos utilizando un Oxígenoímetro (mide el porcentaje de saturación de oxígeno en el agua y su concentración), un Multiparámetros para medir el pH, la conductividad (habilidad o poder de conducir o transmitir el calor, electricidad o sonido a través del agua) y los sólidos

totales suspendidos (partículas suspendidas en las muestras de agua por ser insolubles), y un Termómetro.



Figura 1. Red Surber utilizada como método cuantitativo para la captura de plancton.



Figura 2. Toma de muestras de agua utilizando un recipiente sencillo.

Se analizaron las muestras en el laboratorio de la Universidad Internacional del Ecuador (Quito), determinándose especies y morfoespecies de fitoplancton y zooplancton. Se trabajó utilizando claves taxonómicas de algunos especialistas reconocidos a nivel mundial (Anagnostidis y Komárek, 1988; Anton y Duthie, 1981; Bourelly, 1990; Carter, 1981; Coesel, 1979; Huber-Pestalozzi, 1955; Komárek y Anagnostidis, 1989; Krammer y Lange-Bertalot, 1991 y Schmidt-Rhaesa, 2008).

Se realizaron análisis físico-químicos del sedimento y del agua en el Laboratorio de Química de la Universidad Central del Ecuador, para determinar nutrientes (Silicio, Fósforo, Nitrógeno, Carbonatos y Bicarbonatos) y pesticidas (organofosforados y organoclorados) en las vertientes estudiadas.

Se realizaron 4 campañas con el mismo procedimiento: la primera en agosto 2011, la segunda en octubre, la tercera en noviembre y la cuarta en diciembre del mismo año.

3. Resultados y discusión

Biota Acuática

Se registraron 18 géneros de fitoplancton y 4 de zooplancton (Figuras 1a-1b, Tabla 1). En cuanto al zooplancton, el único grupo que se encontró fue el de Rotíferos, esto se debe a que es bastante tolerante a elementos contaminantes (agroquímicos, aceites y detergentes); uno de los géneros de zooplancton no pudo ser identificado con certeza (Cf. *Epiphanes*).

La Tabla 1 muestra además algunas características de distribución y de su condición como bioindicadores de calidad de agua; la Tabla 2, por su parte, pone mayor énfasis en los valores individuales y grupales del OPI (Índice de Polución Orgánica), en el cual se asigna un mayor valor a géneros y vertientes que denotan mayor contaminación orgánica en el agua.



Closterium sp.



Navicula sp.



Nitzschia sp.



Oscillatoria sp.

Figura 1a. Imágenes de algunos géneros de plancton registrados en la presente investigación.



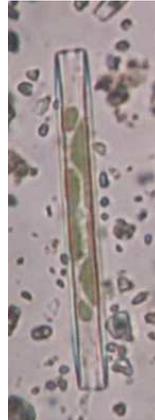
Euglena sp.



Gomphonema sp.



Melosira sp.



Synedra sp.

Figura 1b. Imágenes de algunos géneros de plancton registrados en la presente investigación.

Tabla 1. Biota acuática registrada (fitoplancton y zooplancton) y condición de bioindicación

FITOPLANCTON						
Filo	Clase	Orden	Familia	Género/especie	Distribución	Condición de bioindicación
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora ovalis</i>	Cosmopolita	Sensible a la contaminación petrolera y en aguas con grado de salinidad.
Cianobacterias	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp.	Aguas dulces y saladas, y hábitats terrestres.	Bioindicador de toxicidad por metales pesados.
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Habita en lagos ácidos y estanques oligotróficos.
Charophyta	Zygnemophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium botrytis</i>	Cosmopolita	Habita en ambientes ácidos, oligotróficos.
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Tolera aguas levemente contaminadas por compuestos orgánicos e inorgánicos.
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Habita tanques de efecto invernadero, los canales de drenaje agrícolas, estanques y lagos ácidos.
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Bioindicador de contaminación orgánica, y zonas donde hay presencia de nitratos.
Cianobacterias	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i> sp.	Cosmopolita	Habita aguas no tan contaminadas.

FITOPLANCTON						
Filo	Clase	Orden	Familia	Género/especie	Distribución	Condición de bioindicación
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i> sp.	Cosmopolita	Habita en lugares mesosaprobios.
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	Cosmopolita	Habita en aguas limpias pero también en aguas ligeramente contaminadas.
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	Cosmopolita en aguas frías.	Habita lugares extremófilos.
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces, poco profundas.	Habita aguas someras, ácidas y ricas en hierro.
Cianobacterias	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.	Cosmopolita	Habita aguas con contaminación orgánica.
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	Cosmopolita	Habita suelos poco contaminados.
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Habita aguas eutróficas y con conductividad alta.
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Habita ambientes moderadamente ricos en materia orgánica.
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Flagilariaceae	<i>Synedra</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Poco exigentes con la calidad de las aguas que habitan.
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomona</i> sp.	Cosmopolita en aguas dulces.	Habita aguas eutróficas y con conductividad alta.

ZOOPLANCTON						
Filo	Clase	Orden	Familia	Género/especie	Distribución	Condición de bioindicación
Rotifera	Bdelloidea	Bdelloida	Habrotrochidae	<i>Habrotrocha</i> sp.	Cosmopolita	Habita aguas de buena calidad.
Rotifera	Bdelloidea	Bdelloida	Habrotrochidae	<i>Otostephanus</i> sp.	Australia y América del Sur.	Habita aguas de riego y donde existen actividades agrícolas.
Rotifera	Monogononta	Plioma	Brachionidae	<i>Brachionus</i> sp.	Cosmopolita	Sensible a la toxicidad.
Rotifera	Monogononta	Plioma	Brachionidae	<i>Cf. Epiphanes</i>	---	---

Tabla 2. Resultados de los OPI (Índice de Polución Orgánica) de cada vertiente

Vertiente 1	Géneros	Índice de polución de Palmer	OPI por punto de muestreo	Media global del OPI por vertiente
Punto 1	<i>Closterium</i>	1	11	12
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
Punto 2	<i>Closterium</i>	1	11	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
Punto 3	<i>Closterium</i>	1	13	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Oscillatoria</i>	5		
	<i>Euglena</i>	5		

NOTA: a mayor valor del Índice, mayor contaminación orgánica del agua.

Tabla 2. (Continuación)

Vertiente 2	Géneros	Índice de polución de Palmer	OPI por punto de muestreo	Media global del OPI por vertiente
Punto 1	<i>Closterium</i>	1	11	13
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
Punto 2	<i>Closterium</i>	1	16	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
	<i>Euglena</i>	5		
Punto 3	<i>Closterium</i>	1	11	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		

NOTA: a mayor valor del Índice, mayor contaminación orgánica del agua.

Tabla 2. (Continuación)

Vertiente 3	Géneros	Índice de polución de Palmer	OPI por punto de muestreo	Media global del OPI por vertiente
Punto 1	<i>Gomphonema</i>	1	10	15
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
Punto 2	<i>Closterium</i>	1	21	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
	<i>Oscillatoria</i>	5		
	<i>Euglena</i>	5		
Punto 3	<i>Closterium</i>	1	15	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Synedra</i>	2		
	<i>Oscillatoria</i>	5		
	<i>Euglena</i>	5		

NOTA: a mayor valor del Índice, mayor contaminación orgánica del agua.

Niveles de contaminación en las vertientes

De acuerdo a los resultados, se puede considerar al agua de las vertientes de la Parroquia de Puéllaro como de un nivel entre oligotrófico a

mesotrófico, con poca resistencia ya que la conductividad y los sólidos totales suspendidos están en un rango intermedio, por lo que se las puede catalogar todavía como aguas de buena calidad ecológica, si nos referimos solo a estos factores; cabe mencionar también que los elementos físico-químicos de las mismas se encontraron dentro de los valores permitidos según la legislación nacional (TULAS 2002).

En el estudio se obtuvieron temperaturas del agua de entre 17 a 20°C, éstas se encuentran relacionadas con la altitud a la que se encuentran los cuerpos de agua: para aguas de montañas neotropicales con altitudes de 1500-2500 msnm, el rango de temperatura regular es de 18 a 20°C (Roldán y Ramírez, 2008); la Parroquia de Puéllaro (2000-2200 msnm) tiene por tanto, vertientes con temperaturas de agua dentro de dicho rango. Igualmente, tales temperaturas se encuentran dentro de los rangos permisibles del TULAS (2002); por tanto, no se detecta contaminación térmica en ellas.

Por otra parte, considerando los valores de pH, existe una relación entre la alcalinidad y la presencia de carbonatos y bicarbonatos; según Roldán y Ramírez (2008), desde el punto de vista biológico, las aguas con altos valores de alcalinidad (carbonatos y bicarbonatos) son las más productivas y adecuadas para programas de acuicultura. Aguas con pH por debajo de 6,0 poseen pocos carbonatos y son pobres desde el punto de vista biológico y viceversa. Por lo tanto, con los resultados del presente estudio (pH entre 7,22 a 8,05) se puede enunciar que los cuerpos de agua analizados están en el rango correcto de alcalinidad, lo que hace que sea un agua apta biológicamente hablando.

Con respecto a los nutrientes, se pudo observar que cada vez que el agua tiene una acción antrópica (como por ejemplo, una descarga orgánica eventual), éstos aumentan y producen un aumento en la carga orgánica global del agua.

Índice de Calidad del Agua (ICA)

En la Tabla 3, se puede observar las medias de los cuatro muestreos efectuados con respecto a los factores físico-químicos y los resultados del ICA de cada punto de muestreo, los tres puntos finales o inferiores de cada vertiente (V1.3, V2.3, V3.3) ya muestran una contaminación regular; mientras que los otros seis puntos aún presentan agua de buena calidad: nótese como los valores del ICA disminuyen gradualmente desde los cursos superiores de cada vertiente (V1.1, V2.1, V3.1) hacia los inferiores.

Tabla 3. Promedios de los 4 muestreos (agosto a diciembre 2011) de valores abióticos en los tres puntos de las tres vertientes (V1, V2, V3), mostrando el ICA como resultado final.

Puntos de muestreo	V1.1	V1.2	V1.3	V2.1	V2.2	V2.3	V3.1	V3.2	V3.3
Oxígeno (ppm)	4,84	6,30	7,03	5,07	6,40	6,33	6,38	6,98	6,07
Oxígeno (%)	76,43	98,55	126,28	78,7	100,15	100,85	98,2	107,1	96,7
pH	7,33	7,93	7,96	7,22	8,05	8,01	7,69	7,95	7,96
Conductividad (us)	340	559	401,5	282,5	298,75	284	213	263	205,8
Sólidos Totales Suspendedos (ppm)	170,75	347,25	198,75	140,75	147	140	106,8	137,5	103
Temperatura °C	18,47°C	18°C	17,9°C	17,27°C	18,67°C	19°C	16,4° C	19,2° C	17,7° C
Silicio (mg/l)	32	28	34	32	28	34	32	28	34
Fósforo (mg/l)	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5
Carbonatos (mg/l)	NO DETECTABLE	5	15	NO DETECTABLE	5	15	NO DETECTABLE	5	15
Bicarbonatos (mg/l)	135	81	160	135	81	160	135	81	160
Nitrógeno (mg/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ICA	8,19	7,24	6,75	8,14	7,38	6,78	8,0	7,33	7,0

NOTA: Rangos referenciales del ICA (según Sierra, 2011).

Según Sierra (2011), se debe considerar que los valores referenciales son:

Valor ICA	Convención	Significado
9,1 – 10,0	AZUL	Recurso hídrico en estado natural. Agua de muy buena calidad.
7,1 – 9,0	VERDE	Recurso hídrico levemente contaminado. Agua de buena calidad.
5,1 – 7,0	AMARILLO	Recurso hídrico regularmente contaminado. Agua regularmente contaminada.
2,6 – 5,0	NARANJA	Recurso hídrico contaminado. Agua altamente contaminada.
0 – 2,5	ROJO	Recurso hídrico muerto. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso.

Atendiendo a los valores del ICA, se puede mencionar que el estado de salud ecológica del agua es de buena calidad para la actividad agrícola de la zona, pero ésta no es una característica permanente ni sucede en todos los puntos de muestreo, ya que cada vez que las vertientes tienen alguna intervención antrópica, la calidad del agua disminuye. Esto se pudo notar mucho mejor en los puntos finales (altitudes menores) del estudio (V1.3, V2.3, V3.3), en los cuales se observa que la calidad del agua ya presenta una contaminación, provocada por diferentes elementos como desperdicios orgánicos y residuos sólidos, estos elementos producen una alteración de la calidad de los factores abióticos en el agua, la cual está en función del tipo de contaminante que se descarte en la vertiente y la altura a la que se lo realice.

Índice de Polución Orgánica de Palmer como Índice Biológico de la Calidad del Agua

En todo el estudio se encontraron 8 de los 20 géneros de plancton indicados por Palmer (Taylor *et al.* 1979) (Figuras 1a-1b, Tabla 2). En la vertiente uno, obteniendo una media de los tres puntos, el OPI fue de 12; en la vertiente dos, de 13; en la vertiente tres, de 15, siendo esta última la

vertiente con más afectación por contaminación orgánica, especialmente en su punto dos (cerca al reservorio, después de pasar la florícola), el más contaminado de los nueve muestreados con un OPI de 21 (Tabla 2).

La contaminación orgánica reportada en la vertiente 3, especialmente en su punto dos (OPI= 21), se evidencia por la presencia de ocho géneros de plancton indicadores de este evento (Figuras 1a-1b): *Closterium* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Oscillatoria* sp., *Euglena* sp., *Gomphonema* sp., *Melosira* sp. y *Synedra* sp.) de los 20 descritos por Palmer (1969, citado por Taylor *et al.* 1979). En el resto de puntos, nunca se encontraron estos ocho géneros de plancton juntos, por lo que su Índice OPI fue más bajo, a lo sumo en ellas solo se encontraron 3-4 de estos géneros al mismo tiempo.

La existencia de vertientes o secciones de ellas con más desechos orgánicos, genera mayor disponibilidad de nutrientes para especies planctónicas, por lo cual existe una tendencia a observar mayor abundancia y diversidad de especies de plancton en estos cuerpos de agua.

4. Conclusiones y recomendaciones

Seis de los nueve puntos de muestreo indican tener una buena calidad de agua (índices ICA) para ser utilizada en riego. Por tanto, el agua de vertientes y riachuelos de esta parroquia, en su mayoría, es apta para actividades agrícolas, pero no para otros usos como el de consumo humano directo.

Se detectaron algunos géneros de plancton con características de indicadores de aguas con alta carga orgánica (*Closterium*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Oscillatoria*, *Euglena*, *Gomphonema*, *Melosira* y *Synedra*).

El resto de géneros (*Amphora*, *Anabaena*, *Cosmarium*, *Cymbella*, *Lyngbya*, *Oedogonium*, *Pinnularia*, *Spirogyra*, *Surirella*, *Trachelomona*, *Habrotrocha*,

Otostephanus, *Brachionus* y *Epiphanes*) son indicadores de buena calidad de agua.

Complementando los datos de factores abióticos y bióticos (plancton) en los cuerpos de agua estudiados, y considerando que esta agua no es de buena calidad para el consumo humano, se recomienda a entidades locales tomar medidas correctivas en favor del mantenimiento de una mejor calidad del agua local, tales como la implementación de prácticas agrícolas más amigables con el ambiente (ej.: policultivos, cultivos rotativos, agricultura orgánica, entre otras), tal como lo enuncian Altieri (2004) y Remmers (2010), entre otros.

Aunque la contaminación evidenciada en los tres puntos finales o inferiores de cada vertiente no fue tan alta, se deben tomar medidas precautelatorias, tales como: una correcta manipulación y disposición final de desechos (aceites, detergentes, residuos orgánicos) en la zona, ya que el recurso más afectado con una incorrecta mala disposición final de estos elementos suele ser el agua; una de las medidas correctivas que se podrían tomar sería la de colocar dispositivos colectores de residuos o efluentes diferenciados para este tipo de desechos, para que no sean arrojados en los canales de riego, quebradas o ríos de esta parroquia andina.

5. Literatura citada

- Acosta-Solís, M. 1966. Las divisiones fitogeográficas y las formaciones geobotánicas del Ecuador. *Rev. Acad. Colombiana* 12: 401-447.
- Altieri, M. 2004. La agricultura moderna: Impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. Department of Environmental Science, Policy and Management. University of California, Berkeley.
- Anagnostidis, K. y J. Komárek. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes: 3. Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 80(1-4): 80-90.
- Anton, A y H. Duthie. 1981. Use of cluster analysis in the systematics of the algal genus *Cryptomonas*. *Can. J. Bot.* 59: 992- 1002.

- Bourelly, P. 1990. Les algues d'eau douce: Initiation á la systématique. Tome I. Les algues vertes. Paris – France. *Bulletin de Société Zoologie France* 120:191–208.
- Carter, J. y A.E. Bailey-Watts. 1981. A taxonomic study of diatoms from standing freshwaters in Shetland. *Nova Hedwigia* 33: 513-629.
- Coesel, P. 1979. Desmids of the broads area of N.W.Overijssel (The Netherlands) I. *Acta Bot. Neerl.* 28(6): 385-423.
- Ferdous, Z. y A. Muktadir. 2009. A Review: Potentiality of Zooplankton as Bioindicator. *Am. J. Applied Sci.* 6(10): 1815-1819.
- Huber-Pestalozzi, G. 1955. Euglenophyceen. En: Huber-Pestalozzi, G. (Ed.): Das Phytoplankton des Subwassers. *Systematik und Biologie* 96: 85. 82.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes 4-Nostocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 82 (3): 247-345.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991. Baciliariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropas*, 2/3, 576 s., 166 Taf. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador) y ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral). 2004. Inventario de Plaguicidas COPs en el Ecuador. MAE, Quito.
- Quizhpilema, E. 2009. Factibilidad de un centro de acopio de productos agrícolas de la parroquia de Puéllaro. Universidad Autónoma de Quito – UNAQ. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Quito – Ecuador. 108pp.
- Remmers, G. 2010. Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos. Universidad de Córdoba. España. pp 158.
- Roldán, G. 1996. Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad del Agua. Universidad de Antioquia. Posgrado de Biología. Medellín – Colombia.
- Roldán, G. y J. Ramírez. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical (2a. ed.). Antioquia, Colombia. Ed. Universidad de Antioquia.
- Schmidt-Rhaesa, A. 2008. Meiofauna Marina: Biodiversity, morphology and ecology of small benthic organisms. *Volume 16*. München – Germany. pp. 109-116.

- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación vegetal para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito.
- Sierra, C. 2011. Calidad de Agua: Evaluación y Diagnóstico. Ed. Universidad de Medellín. Colombia.
- Taylor, W., L. Williams, S. Hern, V. Lambou. 1979. Phytoplankton water quality relationships in U.S. Lakes. Las Vegas, USA: EPA.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria de Ecuador - TULAS 2002. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Presidencia de la República. Quito, Ecuador.
- Wu, J. 1984. Phytoplankton as Bioindicator for Water Quality in Taipei. *Bot. Bull. Academia Sinica* 25: 205-214.
- Sitios web:
<http://nuestrosrecursosnaturales.wordpress.com/tag/recursos-naturales>;
Revisado: octubre 2012.