

Artículo de Revisión

Calidad del agua del Río Oglán mediante bioindicadores fitoplanctónicos en la Estación Científica Juri Juri Kawsay

Water quality of the Oglán River at the Juri Juri Kawsay Scientific Station using phytoplanktonic bioindicators

Elizabeth Yolanda Pérez Alarcón^{1*}, María Verónica Maila Álvarez¹, Jenny Myreya Morillo Palacio¹, José Ricardo Romero Quinaluisa² y José Bolívar Villarreal Yazán³

¹ Universidad Central del Ecuador, Dirección de Investigación, Quito, Ecuador.

² Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Ciencias Exactas, Sangolquí, Ecuador.

³ Unidad Educativa Antisana, Distrito Educativo 17D08, Píntag, Ecuador.

*eyperez@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.26807/remcb.v41i2.881>

Recibido 19-08-2020; Aceptado 21-10-2020

RESUMEN.- La Estación Científica Juri Juri Kawsay (Pastaza, Ecuador), recibe cada año gran cantidad de visitantes, cuya actividad genera desechos que afectan al entorno natural, constituyéndose el Río Oglán en uno de los agentes de evacuación de los mismos. El presente estudio se desarrolló con el objetivo de evaluar la calidad del agua del Río Oglán en la zona de influencia de la Estación Científica Juri Juri Kawsay a través de bioindicadores fitoplanctónicos. Se analizaron los resultados de los componentes biológico, físico y químico del agua obtenidos durante dos muestreos realizados en la estación científica, que se diferenciaron por el número de visitantes, 20-80 respectivamente. Se describieron las comunidades de fitoplancton y perifiton por estación de muestreo. Además, se analizó la relación temperatura, total de sólidos disueltos, caudal y visitantes frente a fosfatos. Entre los géneros bioindicadores de polución orgánica se registran *Navicula*, *Gomphonema*, *Euglena*, *Anabaena*, *Chlamydomonas* y *Oscillatoria*. Los análisis estadísticos para las características físicas y químicas del agua determinan que la relación entre el número de visitantes y de fosfatos es inversa, en tanto que la relación caudal y temperatura con el número de fosfatos es directa. Los resultados evidencian que el agua del tramo analizado del Río Oglán se encuentra alterado.

Palabras claves: Bioindicación, fitoplancton, limnología, microalgas, Oglán.

ABSTRACT.- The Juri Juri Kawsay Scientific Station (Pastaza, Ecuador), receives a large number of visitors each year whose activity generates waste, affecting the natural environment, with the Oglán River becoming one of its evacuation agents. This study was developed with the objective of evaluating the water quality of the Oglán River in the area of influence of the Juri Juri Kawsay Scientific Station through phytoplankton bioindicators. The results of the biological, physical and chemical components of the water obtained during two samplings carried out at the scientific station were analyzed and differentiated by the number of visitors, 20-80 respectively. Phytoplankton and periphyton communities were described by sampling station. In addition, the relationship among temperature, total dissolved solids, flow rate and visitors was analyzed against phosphates. Among the bioindicator genera of organic pollution are *Navicula*, *Gomphonema*, *Euglena*, *Anabaena*, *Chlamydomonas* and *Oscillatoria*. Statistical analyses for the physical and chemical characteristics of water determine that the relationship between the number of visitors and phosphates is inverse, while the flow and temperature relationship with the number of phosphates is direct. The results show that the water in the analysed section of the Oglán River is altered.

INTRODUCCIÓN

En el año 2001 se creó la Estación Científica “Juri Juri Kawsay” (Pastaza, Ecuador), gracias a un convenio entre la Universidad Central del Ecuador y la Comunidad Etnoecológica Pablo López del Oglán Alto, con el objetivo de realizar acciones para la protección del medio ambiente (Universidad Central del Ecuador 2006).

La cuenca alta del Río Oglán, se ha visto amenazada por la actividad antropogénica creciente en los últimos años. Este fenómeno se produce por la afluencia de grupos humanos integrados hasta por 90 personas que en calidad de investigadores, visitantes, pasantes o estudiantes producen contaminación de los ecosistemas incluyendo paisajes riparios y lacustres. Entre las actividades de impacto realizadas por los visitantes se citan la preparación de alimentos, lavado de vestimentas, uso de jabón de tocador, shampoo, detergentes y generación de aguas grises. Estas actividades ocasionan efectos negativos sobre la condición del río y la composición de las comunidades planctónicas.

Poco se conoce sobre la biodiversidad y la estructura de la comunidad planctónica en la Estación Científica “Juri Juri Kawsay”, pues solo se registran dos trabajos en los cuales se describe parcialmente la comunidad de perifiton y de fitoplancton (Maila et al. 2011) y se analiza la calidad del agua en zonas aledañas a la estación (Vinuesa et al. 2017).

El plancton es uno de los parámetros biológicos que permite determinar la calidad ecológica de un cuerpo de agua y está compuesto por una comunidad de microorganismos que viven en el seno del agua, cuyo tamaño oscila entre unos pocos micrómetros hasta unos pocos milímetros y se caracterizan por su limitada o inexistente capacidad de locomoción, razón por la que son arrastrados por las corrientes de agua. Entre los organismos que conforman la comunidad planctónica de sistemas dulceacuícolas están las microalgas cuya comunidad es conocida como fitoplancton (González 1988).

Esta investigación se centra en el análisis de los organismos fitoplanctónicos como bioindicadores, debido a sus altos niveles de sensibilidad frente a las modificaciones del entorno y su breve período de vida (Quiroz et al. 2004). Su presencia y abundancia, advierten procesos y estados de la calidad del agua (Pinilla 2000). Así también, el fitoplancton constituye la base de la cadena trófica acuática, cumpliendo varias funciones ecológicas

y representando alimento para los organismos de niveles tróficos superiores (Roldán 1992). Características que, permiten advertir de manera temprana cambios en las condiciones ambientales de los ecosistemas.

Entre los factores químicos determinantes de la productividad de los ecosistemas acuáticos se encuentra el fósforo. Este elemento al igual que el nitrógeno tiene el carácter de limitante para la producción primaria (Aubriot et al. 2016). El incremento significativo del fósforo ocasiona el aumento de la biomasa, con la consecuente variación del estado trófico del ecosistema acuático (Schindler et al. 2008), generando el fenómeno denominado eutrofización.

La presente investigación tiene como objetivo determinar la calidad del agua del Río Oglán en su zona de influencia de la Estación Científica “Juri Juri Kawsay”, para lo cual se identificó a nivel de género y familia a los organismos fitoplanctónicos y se determinó la calidad del agua del río con base a parámetros biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio corresponde a un trabajo de investigación de campo, descriptivo y con enfoque cualitativo. Los datos biológicos, físicos y químicos se tomaron de manera directa de las aguas del Río Oglán para el análisis de la composición de las comunidades planctónicas en sus diferentes categorías taxonómicas así como para la determinación de las condiciones físicas y químicas del agua.

Área de estudio.- El área de estudio fue la Estación Científica “Juri Juri Kawsay” ubicada en la Provincia de Pastaza, Ecuador, Cantón Arajuno, Comunidad Etnoecológica Pablo López de Oglán Alto (CEPLOA) en la cuenca alta del Río Oglán.

La superficie analizada comprendió 1 km del trayecto del cuerpo de agua del Río Oglán, cuyos puntos de muestreo estuvieron distribuidos en tres sectores denominados: Estación 1 “Control”, ubicada 500 m aguas arriba del punto de influencia directa de la estación científica. Estación 2 “Zona de influencia”, sector de influencia directa y estación 3 “Después de la zona de influencia”, 500 m aguas abajo del punto de influencia.

Las estaciones fueron georeferenciadas con el empleo de un equipo de posicionamiento global (GPS) marca Garmin eTrex 30. Las coordenadas y

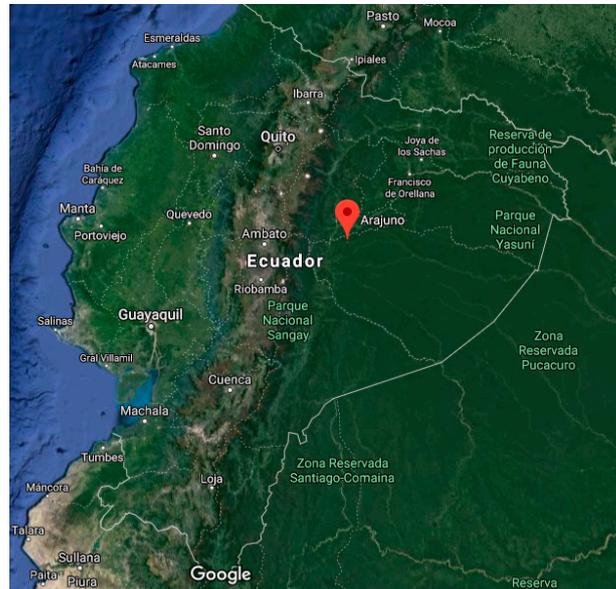


Figura 1. Mapa de Arajuno, Pastaza-Ecuador (Fuente: maps.google.com.ec)

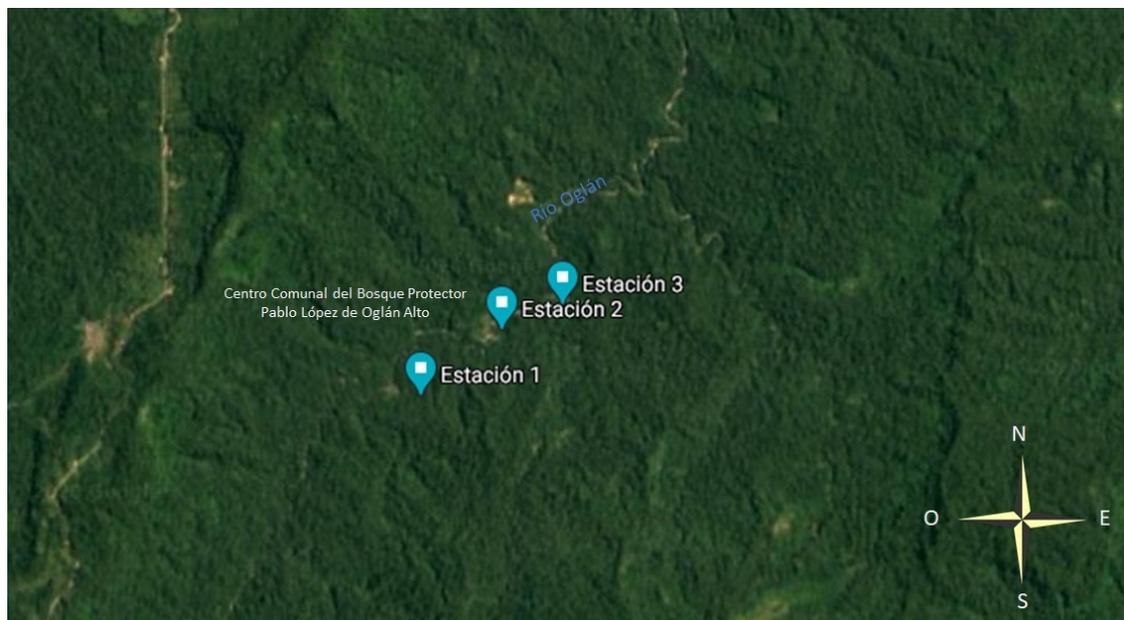


Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo a lo largo del Río Oglán (Fuente: maps.google.com.e. Modificado por Calvopiña G, 2019)

altitudes registradas fueron: Estación 1 “Control” 77° 41’ 34,2” - 01° 19’ 38,5” a 623 m s. n. m. Estación 2 “Zona de influencia” 77° 41’ 18,8” - 01° 19’ 25,0” a 581 m s. n. m. y estación 3 “Después de la zona de influencia” 77° 41’ 06,4” - 01° 19’ 20,3” a 572 m s. n. m.

Muestreo.- El muestreo se realizó en dos temporadas, la primera con afluencia de 20 visitantes (septiembre de 2017) y la segunda con afluencia de 80 visitantes (enero de 2018). En cada estación de muestro se colectaron cuatro muestras de sitios referenciales que presentaron relevancia ecológica del ecosistema. Se colectó una muestra a través de la técnica de filtrado con una red cónica de 30 μm de poro y tres muestras mediante el raspado en piedra. Las muestras fueron aforadas a 100 mL y después divididas en dos frascos colectores por separado en un volumen de 50 mL. Una de las alícuotas de cada muestra fue aforada a 100 mL con el preservante Transeau (6:3:1 agua destilada, alcohol potable y formol), en tanto que los frascos que contenían la muestra en vivo no se aforaron para su posterior análisis directo en el laboratorio.

La identificación de fitoplancton se realizó con las muestras en vivo. De cada frasco colector se extrajo el sedimento aforándolo a 10 mL en un tubo Vacutainer. El recuento de los organismos fitoplanctónicos se realizó a través del microscopio compuesto marca Laboval, siguiendo el método de Recuento Celular Total, realizando un barrido de placa. La diversidad se calculó de acuerdo al índice de Shannon-Wiener.

De manera simultánea a la toma de muestras fitoplanctónicas y mediante el uso de un kit multifactorial marca HANNA, se registraron indicadores físicos in situ como: potencial de hidrógeno (pH), temperatura en grados Celcius ($^{\circ}\text{C}$), total de sólidos disueltos (TDS) en partes por millón (ppm), conductividad en microsiemens (μs). Además, se colectaron 2L de agua en cada punto para el análisis químico en el Laboratorio de Oferta, Servicios y Productos (OCP) de la Universidad Central del Ecuador. Los parámetros analizados fueron demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) medida en miligramos de oxígeno por litro (mgO_2/L), demanda química de oxígeno (DQO) medida en mgO_2/L , fosfatos (mg/L), nitratos (mg/L) y nitritos (mg/L). Para el análisis físico químico del agua se consideró la información de Índices de Calidad y de Contaminación del Agua de Fernández y Solana (2007), Registro Oficial de la República del Ecuador N° 387 (2015) y Maza

(2017) en los cuales se incluyen parámetros para los estudios limnológicos.

Otro factor estudiado in situ fue el caudal del río. Este componente se lo determinó por el método de velocidad superficial que consiste en multiplicar el área (ancho por profundidad) por la velocidad (distancia sobre tiempo). El ancho se midió en metros mediante el uso de una piola extendida de orilla a orilla en tanto que para la medición de la profundidad, se incrustó a cada metro un madero siguiendo el ancho del río. El tiempo se calculó empleando un recipiente plástico vacío de 120 mL que se dejó flotar una distancia de 26 m (Correa 2012).

Con los géneros registrados se determinó la diversidad de organismos plactónicos a través del índice de diversidad de Shannon-Wiener. El procesamiento de los datos físicos y químicos se realizó mediante el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Se aplicó la prueba Kolmogorov-Smirnov (KS) con una significancia del 5 % para determinar si existe una distribución normal de los datos y realizar la correlación de Pearson y su regresión lineal. Para el análisis comparativo entre los datos recolectados en las dos muestreos, se aplicó la prueba ANOVA.

RESULTADOS

Caracterización física y química del agua.- Las características sobresalientes por estación y por muestreo indican que en el primer monitoreo, en la estación 1 “Control” el total de sólidos disueltos (TDS), la conductividad y fosfatos registran un nivel superior al permitido. Los TDS determinan que el cuerpo de agua está ligeramente contaminado y la conductividad pone en evidencia a un cuerpo de agua pobre. En la estación 2 “Zona de influencia” así como en la estación 3 “Después de la zona de influencia” dos parámetros se encuentran fuera de rango, la conductividad y fosfatos que superan el límite permitido.

En el segundo muestreo, en la estación 1 “Control”, la conductividad está fuera del límite permitido. En la estación 2 “Zona de influencia”, la cantidad de fosfatos está en el límite superior permitido. Finalmente, en la estación 3 “Después de la zona de influencia” el parámetro que se ve incrementado es el nivel de fosfatos el mismo que, a diferencia del punto anterior, excede el límite.

Caracterización de la comunidad planctónica.- Con respecto al componente fitoplanctónico, se

registró un total de 227 individuos distribuidos en 32 géneros y 29 familias. Las familias más diversas lo constituyen Oscillatoriaceae con tres géneros (*Lyngbya* C. Agardh ex Gomont, 1892, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, 1892 y *Phormidium* Kützing ex Gomont, 1892) y Amphipleuraceae con dos géneros (*Amphipleura* Kützing, 1844 y *Frustulia* Rabenhorst, 1853). Los géneros con mayor número de individuos corresponden a *Anabaena* Kützing, 1843 con 68, *Leptolyngbya* Anagnostidis & Komárek, 1988 con 34 y *Euglena* Ehrenberg, 1830 con 15 individuos.

En relación al componente de perifiton, el total de individuos asciende a 2403 distribuidos en 42 géneros y 35 familias. La familia más diversa es Oscillatoriaceae con tres géneros (*Lyngbya*, *Oscillatoria* y *Phormidium*). Los géneros con mayor número de individuos pertenecen a *Navicula* Bory, 1822 con 650, *Gomphonema* Ehrenberg, 1832 con 432 y *Achnanthydium* Kützing, 1844 con 288 individuos.

El análisis de diversidad durante el primer muestreo indica que en la estación 1 “Control” se encontraron 28 organismos de fitoplancton agrupados en 10 géneros y una familia en cada género. Los géneros con mayor número de individuos son *Euglena* con

ocho, seguido de *Leptolyngbya* con siete. En la estación 2 “Zona de influencia”, hay un total de 111 individuos de fitoplancton agrupados en 20 géneros y 19 familias. La familia más diversa corresponde a Oscillatoriaceae con dos géneros (*Oscillatoria* y *Phormidium*). El género con mayor número de individuos es *Anabaena* con 68 organismos. En la estación 3 “Después de la zona de influencia” se registran 53 organismos, distribuidos en 17 géneros y 15 familias. Destaca la familia Oscillatoriaceae con los géneros *Lyngbya*, *Oscillatoria* y *Phormidium*. El género más frecuente es *Leptolyngbya* con 20 individuos.

Respecto a la diversidad de perifiton, en la estación 1 “Control” se encontraron 91 organismos, los que se agrupan en 18 géneros y 17 familias. La familia Achnanthidiaceae sobresale por su diversidad con *Achnanthydium* y *Planothidium* Round & L. Bukhtiyarova, 1996.

Los géneros más numerosos corresponden a *Navicula* y *Leptolyngbya* con 16 y 15 organismos respectivamente. En la estación 2 “Zona de influencia” se registran 1927 organismos distribuidos en 29 géneros y 27 familias, de las cuales las familias más diversas son Bacillariaceae con los géneros *Hantzschia* Grunow, 1877 y

Tabla 1. Características físicas y químicas del agua de las estaciones de muestreo

Estación de muestreo	Primer muestreo			Segundo muestreo		
	Control	Zona influencia	Después de la zona influencia	Control	Zona influencia	Después de la zona influencia
¹ pH	7.13	6.65	6.76	7.05	7.34	7.37
² T °C	21.65	22.72	22.43	21.07	21.28	21.2
³ TDS (ppm)	41	20.17	21	19	18.17	18.5
⁴ Conductividad (us)	50.5	40.33	43.17	40.83	36.17	37.67
⁵ DBO5 mgO2/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
⁶ DQO mgO2/L	13.5	11	14	8	<8	8
Fosfatos (P-PO ₄ ³⁻) mg/L	0.45	0.5	0.5	0.1	0.25	0.45
Nitratos (N-NO ₃) mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.45	0.45	0.45
Nitritos (N-NO ₂ -) mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010

¹pH= Potencial de Hidrógeno; ²T= Temperatura en grados centígrados; ³TDS= Total de sólidos disueltos en partes por millón; ⁴us= Conductividad expresada en microsiemens; ⁵DBO5= Demanda bioquímica de oxígeno medida en miligramos de oxígeno por litro; ⁶DQO= Demanda química de oxígeno medida en miligramos de oxígeno por litro.

Tabla 2. Organismos de fitoplancton registrados en el Río Oglán por muestreo y estaciones de muestreo

N°	Fitoplancton				1er muestreo				2do muestreo				Total
	Familia	Género	Especie	Total	E1	E2	E3	Total	E1	E2	E3	Total	
1			<i>Nitzschia</i> sp.1 Hassall, 1845	1				1				1	
2	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia</i> sp.2 Hassall, 1845	4		4		4				4	
3			<i>Nitzschia</i> sp.4 Hassall, 1845	0				0	2			2	
4	Achnanthesiaceae	<i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes</i> sp.1 Kützing, 1844	2				2				2	
5			<i>Achnanthes</i> sp.4 Kützing, 1844	1				1				1	
6			<i>Achnanthes</i> sp.6 Kützing, 1844	1				1				1	
7	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella</i> sp.1 C. Agardh, 1830	1				1				1	
8	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema</i> sp.2 Ehrenberg, 1832	1				1				1	
9			<i>Gomphonema</i> sp.3 Ehrenberg, 1832	2				2				2	
10	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia</i> sp.2 Ehrenberg, 1837	2				2				2	
11	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria</i> sp.1 Lyngbye, 1819	1				1				1	
12			<i>Fragilaria</i> sp.2 Lyngbye, 1819	2				2				2	
13	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i>	<i>Ulnaria</i> sp.1 (Kützing) Compère, 2001	1				1				1	
14			<i>Achnanthes</i> sp.2 Bory, 1822	1				1				1	
15	Achnanthesaceae	<i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes</i> sp.4 Bory, 1822	2				2				2	
16			<i>Achnanthes</i> sp.5 Bory, 1822	0				0	2			2	
17			<i>Achnanthes</i> sp.7 Bory, 1822	1				1				1	
18	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i>	<i>Amphipleura</i> sp.1 Kützing, 1844	1				1				1	
19			<i>Frusulia</i>	1				1				1	
20			<i>Frusulia</i> sp.1 Rabenhorst, 1853	1				1				1	
21			<i>Navicula</i> sp.1 Bory, 1822	2				2				2	
22			<i>Navicula</i> sp.2 Bory, 1822	0				0		1		1	
23	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i> sp.4 Bory, 1822	0				0				0	
24			<i>Navicula</i> sp.5 Bory, 1822	0				0				0	
25			<i>Navicula</i> sp.6 Bory, 1822	6				6				6	
26			<i>Navicula</i> sp.10 Bory, 1822	1				1				1	
27			<i>Navicula</i> sp.11 Bory, 1822	1				1				1	
28			<i>Navicula</i> sp.14 Bory, 1822	0				0				0	
29	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia</i> sp.3 Ehrenberg, 1843	1				1				1	
30			<i>Pinnularia</i> sp.4 Ehrenberg, 1843	1				1	2			3	
31	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>	<i>Rhopalodia</i> sp.1 O.Müller, 1895	1				1				1	
32			<i>Surirella</i> sp.3 Turpin, 1828	1				1				1	
33			<i>Surirella</i> sp.4 Turpin, 1828	1				1				1	
34	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>Surirella</i> sp.5 Turpin, 1828	0				0		1		1	
35			<i>Surirella</i> sp.8 Turpin, 1828	0				0	2			2	
			<i>Surirella</i> sp.9 Turpin, 1828	0				0	1			1	

Continuación Tabla 2. Organismos de fitoplancton registrados en el Río Oglán por muestreo y estaciones de

N°	Fitoplancton		1er muestreo					2do muestreo					Total
	Familia	Género	Especie	E1	E2	E3	Total	E1	E2	E3	Total		
36	Closteriaceae	<i>Closterium</i>	<i>Closterium</i> sp.4 Nitzsch ex Ralfs, 1848				0			1		1	
37			<i>Cosmarium</i> sp.2 Corda ex Ralfs, 1848		1		1					1	
38	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i>	<i>Cosmarium</i> sp.7 Corda ex Ralfs, 1848		2		2					2	
39			<i>Cosmarium</i> sp.8 Corda ex Ralfs, 1848		1		1					1	
40	Zygnemataceae	Aff. <i>Zygnema</i>	Aff. <i>Zygnema</i> sp.1 C. Agardh, 1817				0		1			1	
41	Chlamydomonadaceae	Aff. <i>Chlamydomonas</i>	Aff. <i>Chlamydomonas</i> sp.1 Ehrenberg, 1833			1	1		3			4	
42			<i>Oedogonium</i> sp.1 Link ex Him, 1900	1			1					1	
43	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>Oedogonium</i> sp.2 Link ex Him, 1900	1			1	1				3	
44			<i>Oedogonium</i> sp.3 Link ex Him, 1900			2	2					2	
45	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus</i> sp.1 Meyen, 1829	2			2					2	
46	No determinada	Morpho 3	Morpho 3			2	2					2	
47	No determinada	Morpho 4	Morpho 4		1		1					1	
48	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	<i>Cladophora</i> sp.2		1		1					1	
49	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena</i> sp.1 Kützing, 1843		68		68					68	
50	Scytonemataceae	<i>Scytonema</i>	<i>Scytonema</i> sp.2 C. Agardh ex É. Bornet & C. Flahault, 1886		1	3	4	2				6	
51	Gomontellaceae	Aff. <i>Komvophoron</i>	Aff. <i>Komvophoron</i> sp.2 K. Anagnostidis & J. Komárek, 1988			2	2					2	
52			<i>Lyngbya</i> sp.1 C. Agardh ex Gomont, 1892			1	1					1	
53			<i>Lyngbya</i> sp.2 C. Agardh ex Gomont, 1892				0		1			1	
54			<i>Lyngbya</i> sp.3 C. Agardh ex Gomont, 1892			1	1					1	
55			<i>Oscillatoria</i> sp.1 Vaucher ex Gomont, 1892			1	1					1	
56	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria</i> sp.3 Vaucher ex Gomont, 1892		4		4					4	
57			<i>Oscillatoria</i> sp.4 Vaucher ex Gomont, 1892			1	1					1	
58			<i>Phormidium</i> sp.1 Kützing ex Gomont, 1892		1		1					1	
59			<i>Phormidium</i> sp.2 Kützing ex Gomont, 1892			2	2					2	
60	Leptolyngbyaceae	<i>Leptolyngbya</i>	<i>Leptolyngbya</i> sp.1 Anagnostidis & Komárek, 1988	7	4	20	31		2	1	3	34	
61	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	<i>Euglena</i> sp.1 Ehrenberg, 1830	8			8	7				15	
62	Peranemidae	<i>Peranema</i>	<i>Peranema</i> sp.1 Dujardin, 1841		2		2					2	
63	Vaucheriaceae	Aff. <i>Vaucheria</i>	Aff. <i>Vaucheria</i> sp.1 A.P. de Candolle, 1801			1	1					1	
64	Tetramitidae	Aff. <i>Tetramitus</i>	Aff. <i>Tetramitus</i> sp.1 Perry, 1852		1		1		1			2	
Total	29 familias 2 no determinadas	32 géneros 2 no determinados	62 especies 2 no determinadas	28	111	50	189	14	13	11	38	227	

Tabla 3. Organismos de perifiton registrados en el Río Oglán por muestreo y estaciones de muestreo

Nº	Familia	Género	Especie	1er muestreo			2do muestreo			Total		
				E1	E2	E3	Total	E1	E2		E3	Total
1		<i>Hantzschia</i>	<i>Hantzschia</i> sp.1 Grunow, 1877	1	1	1	3	1	1	1	0	1
2			<i>Nitzschia</i> sp.1 Hassall, 1845			1	1	1	1	1	1	2
3	Bacillariaceae		<i>Nitzschia</i> Hassall, 1845	2	2		4	1	1	1	1	3
4			<i>Nitzschia</i> sp.3 Hassall, 1845	8	8		16				0	8
5			<i>Nitzschia</i> sp.4 Hassall, 1845					4	2	2	6	6
6			<i>Achnanthyidium</i> sp.2 Kützing, 1844	4	83		87	1	1	2	2	89
7			<i>Achnanthyidium</i> sp.3 Kützing, 1844	120	32		152				0	152
8			<i>Achnanthyidium</i> sp.5 Kützing, 1844	4	16		20	1	1	1	1	21
9		<i>Achnanthyidium</i>	<i>Achnanthyidium</i> sp.6 Kützing, 1844	11	11		22	1	4	3	8	19
10	Achnanthaceae		<i>Achnanthyidium</i> sp.7 Kützing, 1844	2	2		4				0	2
11			<i>Achnanthyidium</i> sp.8 Kützing, 1844	5	5		10				0	5
12			<i>Planothidium</i> sp.1 Round & L.Bukhtiyarova, 1996	4	4		8				0	4
13			<i>Planothidium</i> sp.2 Round & L.Bukhtiyarova, 1996	1	1		2	2	2	3	3	3
14			<i>Planothidium</i> sp.3 Round & L.Bukhtiyarova, 1996				0	5	5	5	5	5
15			<i>Rhoicosphenia</i> sp.1 Grunow, 1860			1	1				0	1
16	Bacillariophyceae		<i>Rhoicosphenia</i> sp.2 Grunow, 1860				0	3	3	3	3	3
17			<i>Rhoicosphenia</i> sp.3 Grunow, 1860					3	3	3	3	3
18			<i>Cymbella</i> sp.1 C. Agardh, 1830	1	6	1	8				0	8
19			<i>Gomphonema</i> sp.1 Ehrenberg, 1832	1	1		2				0	1
20			<i>Gomphonema</i> sp.2 Ehrenberg, 1832	2	108	2	112	17	17	17	17	129
21			<i>Gomphonema</i> sp.3 Ehrenberg, 1832		112		112				0	112
22			<i>Gomphonema</i> sp.4 Ehrenberg, 1832		17		17	3	3	3	3	20
23			<i>Gomphonema</i> sp.5 Ehrenberg, 1832		32	1	33				0	33
24	Gomphonemataceae		<i>Gomphonema</i> sp.6 Ehrenberg, 1832		5		5				0	5
25			<i>Gomphonema</i> sp.7 Ehrenberg, 1832	106	3		109				0	109
26			<i>Gomphonema</i> sp.8 Ehrenberg, 1832	6	6		12				0	12
27			<i>Gomphonema</i> sp.9 Ehrenberg, 1832	6	6		12				0	12
28			<i>Gomphonema</i> sp.10 Ehrenberg, 1832	8	8		16				0	16
29			<i>Gomphonema</i> sp.11 Ehrenberg, 1832				0	1	2	3	3	3
30			<i>Eunotia</i> sp.1 Ehrenberg, 1837	155	1		156				0	156
31	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia</i> sp.2 Ehrenberg, 1837	30	30		60	3	3	3	3	33
32			<i>Eunotia</i> sp.3 Ehrenberg, 1837	1	1		2				0	2

Continuación Tabla 3. Organismos de perifiton registrados en el Río Oglán por muestreo y estaciones de

N°	Familia	Género	Especie	1er muestreo			2do muestreo			Total	
				E1	E2	E3	Total	E1	E2		E3
33	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria</i> sp.1 Lyngbye, 1819	90			90			0	90
34	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i>	<i>Ulnaria</i> (Kützting) Compère, 2001	34			34			0	34
35			<i>Achnanthes</i> sp.1 Bory, 1822	7			7			0	7
36			<i>Achnanthes</i> sp.3 Bory, 1822			3	3			0	3
37	Achnanthaceae	<i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes</i> sp.4 Bory, 1822				0	1		1	1
38			<i>Achnanthes</i> sp.5 Bory, 1822				1	1		1	2
39			<i>Achnanthes</i> sp.6 Bory, 1822		1	3	4	1		1	5
40			<i>Achnanthes</i> sp.8 Bory, 1822		2		0	1		1	1
41		<i>Amphipleura</i>	<i>Amphipleura</i> sp.1 Kützing, 1844				2			0	2
42	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i>	<i>Frustulia</i> sp.1 Rabenhorst, 1853			1	1			0	1
43			<i>Frustulia</i> sp.2 Rabenhorst, 1853	4			4	2		2	6
44			<i>Frustulia</i> sp.3 Rabenhorst, 1853				0		1	1	1
45		<i>Gyrosigma</i>	<i>Gyrosigma</i> sp.1 Hassall, 1845				0		1	1	1
46			<i>Navicula</i> sp.1 Bory, 1822	4	22	9	35	22		22	57
47			<i>Navicula</i> sp.2 Bory, 1822		9		9	2		2	11
48			<i>Navicula</i> sp.3 Bory, 1822		43		43			2	45
49			<i>Navicula</i> sp.4 Bory, 1822		165		165	7		2	174
50			<i>Navicula</i> sp.5 Bory, 1822	1	119		120		5	5	125
51			<i>Navicula</i> sp.6 Bory, 1822	7	70	1	78		5	5	83
52	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i> sp.7 Bory, 1822		28		28			0	28
53			<i>Navicula</i> sp.8 Bory, 1822		5		5			0	5
54			<i>Navicula</i> sp.9 Bory, 1822			1	1			0	1
55			<i>Navicula</i> sp.10 Bory, 1822	4	97	9	110			0	110
56			<i>Navicula</i> sp.11 Bory, 1822		2		2			0	2
57			<i>Navicula</i> sp.12 Bory, 1822				0	2		2	2
58			<i>Navicula</i> sp.13 Bory, 1822				0		5	1	6
59			<i>Navicula</i> sp.14 Bory, 1822				0		1	1	1
60			<i>Pinnularia</i> sp.1 Ehrenberg, 1843		1		1			0	1
61			<i>Pinnularia</i> sp.2 Ehrenberg, 1843		25		25			0	25
62			<i>Pinnularia</i> sp.4 Ehrenberg, 1843		22		22			0	22
63	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia</i> sp.5 Ehrenberg, 1843		3		3			0	3
64			<i>Pinnularia</i> sp.6 Ehrenberg, 1843			1	1			0	1
65			<i>Pinnularia</i> sp.7 Ehrenberg, 1843				0		1	1	1
66	Sellaphoraceae	<i>Sellaphora</i>	<i>Sellaphora</i> sp.1 Mereschkowsky, 1902	24			24			0	24

Continuación Tabla 3. Organismos de perifíton registrados en el Río Oglán por muestreo y estaciones de

N°	Familia	Género	Especie	Perifíton			1er muestreo			2do muestreo			Total
				E1	E2	E3	Total	E1	E2	E3	Total		
67	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia</i>	<i>Epithemia</i> sp.1 Kützing, 1844	1			1						1
68			<i>Surirella</i> sp.1 Turpin, 1828		10		10						10
69			<i>Surirella</i> sp.2 Turpin, 1828		1		1						1
70			<i>Surirella</i> sp.3 Turpin, 1828			1							1
71			<i>Surirella</i> sp.4 Turpin, 1828				1						1
72	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>Surirella</i> sp.5 Turpin, 1828		8		8						8
73			<i>Surirella</i> sp.6 Turpin, 1828		6		6						6
74			<i>Surirella</i> sp.7 Turpin, 1828		1		1						1
75			<i>Surirella</i> sp.10 Turpin, 1828				0		1				1
76	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira</i> sp.1 C.Agardh, 1824		13	20	33						33
77			<i>Melosira</i> sp.2 C.Agardh, 1824		5		5						5
78	No determinada	Morpho 2	Morpho 2		1		1						1
79			<i>Closterium</i> sp.1 Nitzsch ex Ralfs, 1848		2		2						2
80			<i>Closterium</i> sp.2 Nitzsch ex Ralfs, 1848		4		4						4
81	Closteriaceae	<i>Closterium</i>	<i>Closterium</i> sp.3 Nitzsch ex Ralfs, 1848		4		4						4
82			<i>Closterium</i> sp.5 Nitzsch ex Ralfs, 1848		1		1						1
83			<i>Actinotaenium</i> sp.1 (Nägeli) Teiling, 1954				0		1				1
84			<i>Cosmarium</i> sp.1 Corda ex Ralfs, 1848		43		43		3				46
85			<i>Cosmarium</i> sp.2 Corda ex Ralfs, 1848		22		22						22
86			<i>Cosmarium</i> sp.3 Corda ex Ralfs, 1848		2		2						2
87	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i>	<i>Cosmarium</i> sp.4 Corda ex Ralfs, 1848		16		16		1				17
88			<i>Cosmarium</i> sp.5 Corda ex Ralfs, 1848		1		1						1
89			<i>Cosmarium</i> sp.6 Corda ex Ralfs, 1848	1			1						1
90			<i>Cosmarium</i> sp.9 Corda ex Ralfs, 1848		36		36		5				41
91	Peniaceae	Aff. <i>Penium</i>	Aff. <i>Penium</i> sp.1 Brébisson ex Ralfs, 1848		5		5						5
92	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>	<i>Mougeotia</i> sp.1 C.Agardh, 1824		3		3						3
93			<i>Mougeotia</i> sp.2 C.Agardh, 1824				0	2					2
94	Chlamydomonadaceae	Aff. <i>Chlamydomonas</i>	Aff. <i>Chlamydomonas</i> sp.1 Ehrenberg, 1833	1	6	2	9	1	1	13	15		24
95			<i>Oedogonium</i> sp.1 Link ex Him, 1900		8		8		1				9
96	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>Oedogonium</i> sp.2 Link ex Him, 1900		4		4		4				8
97			<i>Oedogonium</i> sp.3 Link ex Him, 1900		24		24						24
98			<i>Oedogonium</i> sp.4 Link ex Him, 1900					1					1
99	Microsporaceae	<i>Microspora</i>	<i>Microspora</i> sp.1 Thuret, 1850		4		4						4
100	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus</i> sp.2 Meyen, 1829	1			1						1

Continuación Tabla 3. Organismos de perifiton registrados en el Río Oglán por muestreo y estaciones de

Nº	Familia	Género	Especie	Perifiton			1er muestreo			2do muestreo			Total
				E1	E2	E3	Total	E1	E2	E3	Total		
101	Oocystaceae	Aff. <i>Oocystis</i>	Aff. <i>Oocystis</i> sp.1 Nägeli ex A.Braun, 1855			2	2					0	2
102			<i>Cladophora</i> sp.1 Kützing, 1843		30		30					0	30
103	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	<i>Cladophora</i> sp.2 Kützing, 1843		1		1					0	1
104			<i>Cladophora</i> sp.3 Kützing, 1843				0	1				1	1
105	Scytonemataceae	<i>Scytonema</i>	<i>Scytonema</i> sp.1 C.Agardh ex E.Bornet & C.Flahault, 1886			22	22					0	22
106			Aff. <i>Komvophoron</i> sp.1 K.Agnostidis & J.Komárek, 1988			1	1					0	1
107	Gomontiellaceae	Aff. <i>Komvophoron</i>	Aff. <i>Komvophoron</i> sp.2 K.Agnostidis & J.Komárek, 1988	3	5	4	12					0	12
108			Aff. <i>Komvophoron</i> sp.3 K.Agnostidis & J.Komárek, 1988			2	2					0	2
109			<i>Lyngbya</i> sp.1 C.Agardh ex Gomont, 1892	5	5	2	12					0	12
110		<i>Lyngbya</i>	<i>Lyngbya</i> sp.2 C.Agardh ex Gomont, 1892		1		1					0	1
111			<i>Oscillatoria</i> sp.1 Vaucher ex Gomont, 1892		4	9	13					0	13
112	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria</i> sp.2 Vaucher ex Gomont, 1892		15		15					0	15
113			<i>Oscillatoria</i> sp.3 Vaucher ex Gomont, 1892		1		1					0	1
114			<i>Oscillatoria</i> sp.4 Vaucher ex Gomont, 1892			6	6					0	6
115		<i>Phormidium</i>	<i>Phormidium</i> sp.3 Kützing ex Gomont, 1892			4	4					0	4
116	Leptolyngbyaceae	<i>Leptolyngbya</i>	<i>Leptolyngbya</i> sp.1 Agnostidis & Komárek, 1988	15	6	10	31	1	19	10	30	0	61
117	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena</i> sp.1 Lauterborn, 1915	2			2					0	2
118	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	<i>Euglena</i> sp.1 Ehrenberg, 1830			1	1					0	1
119	No determinada	Morpho 5	Morpho 5				0		2		2	2	2
120	Anisomonemidae	<i>Anisomena</i>	<i>Anisomena</i> sp.1 Dujardin, 1841	12			12			1	1	1	13
121			<i>Anisomena</i> sp.2 Dujardin, 1841				0			1	1	1	1
122	Peranemidae	<i>Peranema</i>	<i>Peranema</i> sp.1 Dujardin, 1841	2	1	3	6					0	6
123	Tetramitidae	Aff. <i>Tetramitus</i>	Aff. <i>Tetramitus</i> sp.1 Perty, 1852	4	25	2	31	15	18	33	64		64
Total	35 Familias 2 no determinadas	42 Géneros 2 no determinados	121 Especies 2 no determinados	91	1927	162	2180	46	122	55	223	2403	

Nitzschia Hassall, 1845 y la familia Oscillatoriaceae con los géneros *Lyngbya* y *Oscillatoria*. Los géneros con mayor representatividad son *Navicula* con 560 individuos, seguido de *Gomphonema* con 400. La estación 3 “Después de la zona de influencia” presenta 162 individuos agrupados en 20 familias. La familia Oscillatoriaceae presenta la mayor diversidad en géneros con *Lyngbya*, *Oscillatoria* y *Phormidium*. Los géneros más notables corresponden a *Achnanthydium* y *Scytonema* C. Agardh ex É. Bornet & C. Flahault, 1886 con 32 y 22 individuos respectivamente.

En el segundo muestreo, la estación 1 “Control” registró 14 organismos de fitoplancton agrupados en cinco géneros y cinco familias, todas representadas con un género. El género con mayor número de individuos es *Euglena* con siete. En la estación 2 “Zona de influencia”, hay un total de 13 individuos de fitoplancton agrupados en seis géneros y seis familias. No destaca ninguna familia en su diversidad por géneros, pues todas constan de un género. El género con mayor número de individuos es *Chlamydomonas* Ehrenberg, 1833 con tres organismos. En la estación 3 “Después de la zona de influencia” se registran 11 organismos, distribuidos en 10 géneros y 10 familias. Al igual que el punto anterior, no sobresale ninguna familia por su diversidad, similar situación ocurre con los géneros que a excepción de *Navicula* que incluye dos individuos, los géneros restantes constan de uno solo.

Respecto a la diversidad de perifiton, en la estación 1 “Control” se encontraron 46 organismos, que se agrupan en 13 géneros y 12 familias. La familia Achnanthydiaceae sobresale por su diversidad con *Achnanthydium* y *Planothidium*. Los géneros más numerosos corresponden a Aff. *Tetramitus* Perty, 1852 y *Navicula* con 15 y 11 organismos

respectivamente. En la estación 2 “Zona de influencia” se registran 122 organismos distribuidos en 17 géneros y 14 familias, de las cuales las familias más diversas son Achnanthydiaceae (*Achnanthydium* y *Planothidium*), Naviculaceae (*Gyrosigma* Hassall, 1845 y *Navicula*) y Desmidiaceae (*Actinotaenium* (Nägeli) Teiling, 1954 y *Cosmarium* Corda ex Ralfs, 1848) con dos géneros cada una. Los géneros con mayor representatividad son *Navicula* con 34 individuos, seguido de *Gomphonema* con 22. En la estación 3 “Después de la zona de influencia” se encontraron 55 individuos agrupados en seis géneros y seis familias. No se registra riqueza en géneros de ninguna de las familias. Los géneros más notables corresponden a Aff. *Tetramitus* seguido de Aff. *Chlamydomonas* con 18 y 13 organismos respectivamente.

La diversidad de Shannon-Wiener para el fitoplancton y perifiton evidencia que no hay variación entre zonas de muestreo y tampoco entre los dos períodos de monitoreo, pues las categorías de diversidad tienen tendencia a mantenerse entre calificación de media y alta.

En cuanto a los géneros dominantes, en el primer muestreo se registran *Navicula*, *Gomphonema*, *Oscillatoria*, *Euglena* y *Anabaena* como géneros bioindicadores de polución orgánica (Ramírez 2000). En el segundo muestreo se reconocen los géneros bioindicadores *Navicula*, *Gomphonema*, *Chlamydomonas* y *Euglena*.

Los géneros bioindicadores de polución orgánica comunes en los dos períodos de muestreo por estación son: “Control”, *Navicula* y *Euglena*, “Zona de influencia” *Navicula*, *Gomphonema*, *Anabaena* y *Chlamydomonas*; y en la zona “Después de la influencia” *Oscillatoria* y *Chlamydomonas*

Tabla 4. Diversidad de plancton según índice Shannon-Wiener

Estación de muestreo	Primer muestreo			Segundo muestreo		
	Perifiton (P)	Fitoplancton (F)	Diversidad P-F	Perifiton (P)	Fitoplancton (F)	Diversidad P/F
Control	4.10	3.03	Alta-Alta	3.43	1.98	Alta-Media
Zona de influencia	5.06	2.60	Alta-Media	4.12	2.87	Alta-Media
Después de la zona de influencia	4.09	3.58	Alta-Alta	2.6	3.46	Media-Alta

Tabla 5. Dominancia de géneros en cada estación de muestreo

Estación de muestreo	Primer muestreo				Segundo muestreo			
	Perifiton	f	Fitoplancton	f	Perifiton	f	Fitoplancton	f
Control	<i>Navicula</i>	16	<i>Euglena</i>	8	Aff. <i>Tetramitus</i>	15	<i>Euglena</i>	7
	<i>Leptolyngbya</i>	15	<i>Leptolyngbya</i>	7	<i>Navicula</i>	11		
	<i>Anisonema</i>	12	<i>Navicula</i>	3	<i>Achnantheidium</i>	5		
Zona de influencia	<i>Navicula</i>	560	<i>Anabaena</i>	68	<i>Navicula</i>	34	<i>Achnanthes</i>	3
	<i>Gomphonema</i>	400	<i>Navicula</i>	7	<i>Gomphonema</i>	22	Aff. <i>Chlamydomonas</i>	3
	<i>Achnantheidium</i>	237			<i>Leptolyngbya</i>	19	<i>Surirella</i>	3
Después de la zona de influencia	<i>Achnantheidium</i>	32	<i>Leptolyngbya</i>	20	Aff. <i>Tetramitus</i>	18		
	<i>Scytonema</i>	22			Aff. <i>Chlamydomonas</i>	13		
	<i>Oscillatoria</i>	15			<i>Leptolyngbya</i>	10		

f: frecuencia

Análisis de la calidad del agua. - Mediante la correlación de Pearson se obtuvo dos correlaciones directamente proporcionales formadas por el caudal-fosfatos y temperatura-fosfatos con un 84,5 % de correlación determinando una correlación fuerte. Mientras que la correlación entre los habitantes-fosfatos es inversamente proporcional, es decir que a medida que aumentan el número de habitantes disminuye el número de fosfatos con un 84,5 % de correlación. El análisis de la significancia se mantiene con el 0,155 para todas las correlaciones, lo cual indica que existe un 15,5 % de error al realizar una correlación entre las variables, esto es normal dentro del estudio debido a la limitada cantidad de datos obtenidos.

Los modelos de regresión lineal que se generaron en base a las correlaciones fueron: 1) Fosfatos = $0,583 - 0,004 \cdot$ número de habitantes. Esto significa que la pendiente de la recta disminuye en 0,4 % es decir que mientras la población aumenta, el número de fosfatos disminuye, con un 71 % de pronóstico, lo que indica que es un modelo cuyas estimaciones se ajustan bastante bien a la variable real. 2) Fosfatos = $-1,002 + 0,485 \cdot$ cantidad de caudal. Esto significa que la pendiente de la recta aumenta en 48,5 % es decir que mientras el caudal aumenta, el número de fosfatos aumenta también, con un 71,4 % de pronóstico, lo que indica que es un modelo cuyas estimaciones se ajustan bastante bien a la variable real. 3) Fosfatos = $-3,371 + 0,170 \cdot$ temperatura. Esto significa que la pendiente de la recta aumenta en un 17 % es decir que mientras la temperatura aumenta, el número de fosfatos aumenta también, con un 71,4 % de pronóstico, es decir que es un modelo cuyas estimaciones se ajustan bastante bien a la variable real.

El análisis comparativo que emite la prueba ANOVA de un factor, generó los siguientes resultados: A medida que aumenta el número de habitantes la media del número de fosfatos disminuye. A medida que aumenta el caudal la media del número de fosfatos aumenta y a medida que aumenta la temperatura la media del número de fosfatos aumenta. El valor de F es 5,00 con una significancia del 0,155 que es mayor de 0,05 de significancia de acuerdo a la prueba de ANOVA. Esto demuestra que las diferencias de media de los fosfatos con respecto a las medias de habitante, caudal y temperatura no son estadísticamente significativas entre los dos muestreos.

DISCUSIÓN

De los 12 géneros registrados como dominantes, siete son bioindicadores de contaminación orgánica. De acuerdo a la escala del Índice de Polución Orgánica de Palmer, donde uno (1) indica menor contaminación y cinco (5) mayor contaminación orgánica, *Gomphonema* y *Phormidium* tienen el valor de 1, *Navicula* un valor de 3, *Chlamydomonas* el valor de 4, *Oscillatoria* y *Euglena* un valor de 5 (Ramírez 2000).

Escobar et al. (2013) corroboran la bioindicación antes citada al describir a *Euglena* como habitante propio de los canales de drenaje agrícolas, *Gomphonema* como bioindicador de contaminación orgánica y zonas donde hay presencia de nitratos, *Navicula* bioindicador de aguas ligeramente contaminadas y a *Oscillatoria* como parte de aguas con contaminación orgánica. Se cita también a *Anabaena* como bioindicador de toxicidad por metales pesados.

Resalta la “Zona de influencia”, pues además de las microalgas bioindicadoras de polución orgánica, registra un mayor número de agentes bacterianos y sarcodarios (de manera exclusiva amebas desnudas). La presencia de bacterias de vida libre evidencian un sistema sobrecargado orgánicamente y un ambiente extremadamente contaminado (Guillén et al. 2012). Similar bioindicación presentan las amebas e incluso su dominancia se asocia con situaciones de una elevada concentración de la materia orgánica (Isac et al. 1994). Esta condición particular de la zona de muestreo se explicaría por las descargas de aguas grises que sin previo tratamiento se vierten de manera directa en el cuerpo de agua.

Otro aspecto que demuestra la alteración del segmento de agua estudiado es el incremento de los niveles de fosfatos, cuyos límites establecidos se encuentran excedidos en todas las zonas de monitoreo y durante los dos muestreos. La producción de los compuestos fosfatados puede estar relacionado con la actividad antrópica, pues el uso de detergentes que contienen fosfatos inorgánicos en su composición como alcalinizadores es una de las fuentes de dichos compuestos (Guarín 2011).

Al comparar los resultados de la investigación con estudios realizados a nivel de fitoplancton y macroinvertebrados en la determinación de la calidad del agua del Río Oglán, se evidencia que los resultados se contradicen. El estudio sobre la composición fitoplanctónica realizado en cuatro microcuencas que confluyen en el Río Oglán, determina que los cuatro ríos tributarios muestreados se encuentran en estados oligotróficos (Vinueza et al. 2017), lo que se interpreta como condición de sanidad del río. La descripción citada es corroborada por Carranco (citado en Cerón et al. 2007) quien a través del estudio de macroinvertebrados señala que el agua del río de la Estación Científica es de buena calidad.

Las razones por las que se tienen distintos resultados podrían estar relacionadas con el tipo de indicador biológico, diferente micro ecosistema, época y año en que se realizaron las investigaciones y otros parámetros como calidad trófica y polución orgánica, considerados en cada estudio. Además, la evolución de la calidad del agua del Río Oglán en la zona de influencia podría deberse no solo a la intervención directa de los visitantes, sino a la actividad de los pobladores cuyos asentamientos rebasan los límites de la extensión de la zona de estudio (Universidad Central del Ecuador 2006)

La determinación de la calidad del agua a través de organismos fitoplanctónicos también ha sido considerada en la evaluación de las aguas del Río Topo y Pilaló. Los resultados son similares a los hallados en el Río Olgán, pues en los tres sistemas lóticos se determina el deterioro de la calidad de agua por la presencia de materia orgánica. Situación que es evidenciada por la presencia de algas comunes a los tres cuerpos de agua analizados como *Navicula*, *Oscillatoria*, *Phormidium* y *Euglena*. (Maila y Pérez 2016; Maila et al. 2017). La similitud en la alteración de la calidad del agua se atribuye a la presencia de asentamientos humanos en el transcurso del cauce de los ríos.

La relación inversamente proporcional entre las variables cantidad de fosfatos y número de personas, es un fenómeno que no se ajusta a la condición esperada, pues el fósforo al igual que el nitrógeno, en condiciones naturales se encuentran en menor concentración en el agua, constituyéndose en nutrientes que limitan el crecimiento de los organismos (Aubriot et al. 2016). La disminución de fosfatos en relación al mayor número de visitantes, se explicaría por el incremento del caudal generado por la precipitación al momento de la colecta de muestras. Al ser la precipitación uno de los factores climáticos que no puede ser controlado surge influencia determinante en los resultados, razón por la cual la cantidad de fosfatos, en relación al primer monitoreo, no aumentó pese al incremento de personas en el lugar de estudio.

Los resultados obtenidos permiten deducir un deterioro del cuerpo de agua en las zonas analizadas, no obstante, es necesario realizar un mayor número de monitoreos y en diferentes periodos hidrológicos, a fin de tener una visión más objetiva sobre los factores que están afectando la calidad del agua del Río Oglán, pues a más de la influencia antrópica, la abundancia, composición y distribución del fitoplancton pueden ser alteradas principalmente por el factor hidrológico en un mismo sector cada año (Reynolds 1997).

La difusión de los resultados obtenidos permitirá a la comunidad Pablo López de Oglán Alto, tomar medidas de conservación y/o mitigación para resguardar el recurso hídrico de la Estación Científica “Juri Juri Kawsay”. Así también, conservar la actividad turística propiciando un vínculo de desarrollo sustentable con el ambiente. Ignorar la situación de desmejoramiento del Río Oglán, lo pone en riesgo de mayor deterioro, dado que el aumento del nivel de fosfatos incide en el

incremento de la población algal al constituirse en su principal fuente de nutrientes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente estudio dejan constancia de su gratitud a la Comunidad Etnoecológica Pablo López de Oglán Alto, por la confianza depositada en los trabajos de investigación que emprende la Universidad Central del Ecuador.

A la Dirección de Investigación de la Universidad Central, por la orientación técnica, administrativa y el financiamiento para la ejecución del proyecto.

A la doctora Miriam Steinitz Kannan Ph.D., Northern Kentucky University. Department of Biological Sciences, por el asesoramiento en la identificación de los microorganismos colectados en el Río Oglán.

Finalmente, a la Dirección de la Estación Científica Juri Juri Kawsay, en las personas del doctor Marco Altamirano Ph.D, ex director de la estación y al licenciado Fernando Pico, ex coordinador general, por el apoyo en la gestión de vinculación con la Comunidad Pablo López, así como por la apertura que brindaron para el desarrollo de trabajos de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aubriot L, Conde D, Chalar G. & Gorga J. 2016. Nutrientes. En: Arocena R, editor. Principios y métodos de limnología: ejemplos de Uruguay. Montevideo: Dirac. p. 95-116.

Cerón CE, Reyes CI, Montalvo C & Vargas M. 2007. La cuenca alta del río Oglán, Pastaza-Ecuador: diversidad, ecología y flora. Quito: Editorial Universitaria. 184 p.

Correa-Díaz, W. 2012. Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la cuenca alta del río Moche, La Libertad. Trujillo: Tesis de Biólogo. Universidad Nacional de Trujillo.

Escobar MJ, Terneus E & Yáñez P. 2013. El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas: Análisis de caso. *Qualitas*. 5: 17-37.

Fernández N & Solana F. 2007. Índices de calidad (ICAS) y de contaminación (ICOS) del agua de importancia mundial. En: Índices de calidad y de contaminación del agua. Colombia: Universidad de

Pamplona. p. 43-113.

González A. 1988. Plancton de las aguas continentales. Caracas: Universidad Central de Venezuela. 130 p.

Guarín-Meza, L. 2011. Estandarización de las técnicas de fosfatos y cloruros en aguas crudas y tratadas para el laboratorio de la asociación municipal de acueductos comunitarios (amac) en el Municipio de Dosquebradas. Colombia: Tesis de licenciatura. Universidad Tecnológica de Pereira.

Guillén V, Teck H, Kohlmann B, & Yeomans J. 2012. Microorganismos como bioindicadores de la calidad del agua. *Tierra tropical: Sostenibilidad, ambiente y sociedad*. 8(1): 65-93.

Isac L, Rodríguez E, Salas MD, Fernández N. 1994. Protozoos en el fango activo. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. 68 p..

Maila V, Pérez E, Apolo B, Alvarado E y García N. 2011. Estudio preliminar cualitativo de perifiton en el Río Oglán-Arajuno. Informe técnico. Quito: Dirección de la Estación Científica Juri Juri Kawsay. Universidad Central del Ecuador.

Maila MV & Pérez EY. 2016. Estudio preliminar del componente biológico planctónico de pasivos mineros en la micro-cuenca del Río Pilaló, Pujilí-Cotopaxi. *Cinchonia*. 14(1): 151-170.

Maila MV, Pérez EY & Romero JR. 2017. Comunidad fitoplanctónica del Río Topo, Tungurahua-Ecuador. *Cinchonia*. 15(1): 127-140.

Maza-Lema, J. 2017. Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador. Cuenca: Trabajo en ingeniería. Universidad Politécnica Salesiana.

Pinilla G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica. [Internet]. Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano; [citado 2019 Ene 14]. Disponible de: <https://bit.ly/2BjdaEz>

Quiroz H, Solís O, Mora ML, Molina AI & García RJ. 2004. Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el Lago de Chapala Jalisco México. *Acta Universitaria*. 14(1): 1-25.

Ramírez JJ. 2000. Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias. Antioquia: Universidad de Antioquia. 207 p.

Registro Oficial de la República del Ecuador: Edición Especial N° 387. [Internet]. 2015. Ecuador: Registro Oficial de la República del Ecuador. [Bajado 2019 Jul 23]. Disponible de: Internet: <https://bit.ly/2qJVY6m>. Consultada 23-julio-2019.

Reynolds CS. 1997. Vegetation processes in the pelagica: model for ecosystem theory. Germany: Ecology Institute. 371p.

Roldán G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia. 529 p.

Schindler DW, Hecky RE, Findlay DL, Staiton MP, Parker BR, Paterson MJ, Beaty KG, Lyng M & Kasian SE. 2008. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: results of a 37-year whole-ecosystem experiment. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 105(32): 11254-11258.

Vinueza R, Vargas C, Aguirre J & Yáñez J. 2017. Estudio comparativo de cuatro microcuencas del Río Oglán en función a la estructura y composición fitoplanctónica. CienciAmérica. [Internet]. [citado 2019 Jun 15]; 6(2): 1-9. Disponible de: <https://bit.ly/35PDeBs>

Universidad Central del Ecuador. 2006. Plan de manejo para el Bosque Protector de Oglán Alto-Arajuno. Informe técnico. Quito: Dirección de la Estación Científica Juri Juri Kawsay. Universidad Central del Ecuador.