

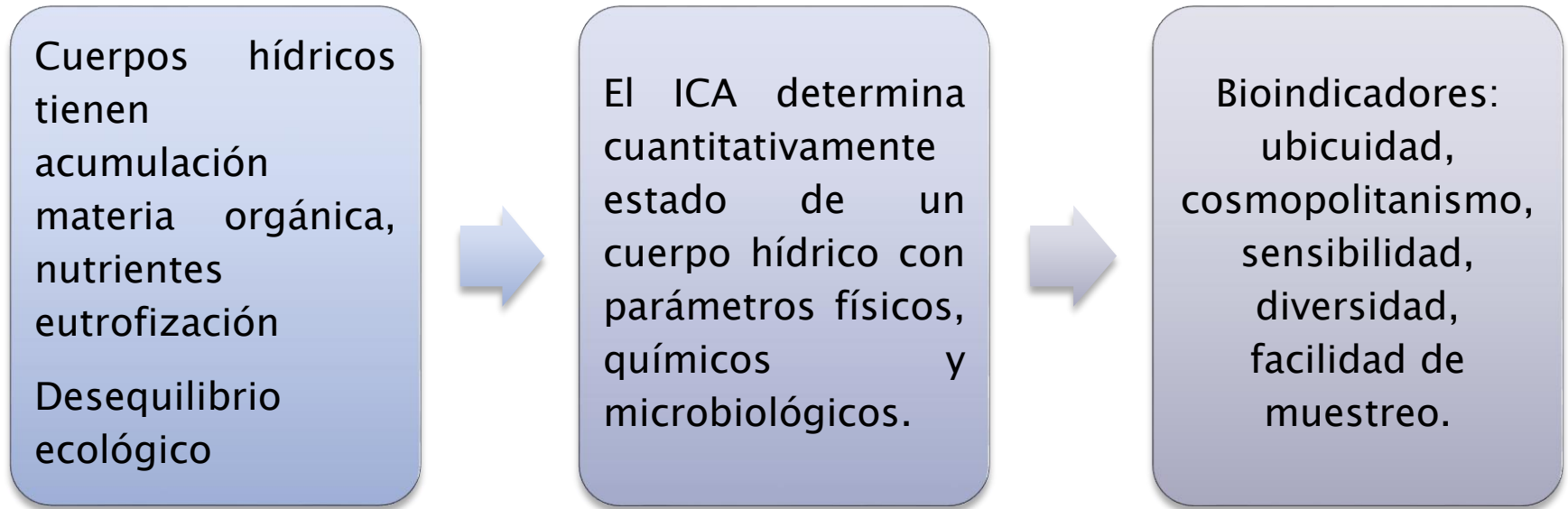


TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Joffre Ivan Molina Espinoza

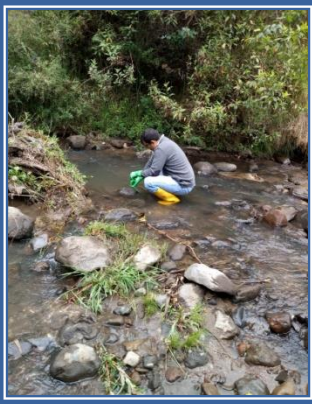
INTRODUCCIÓN



OBJETIVOS

- Determinar ICA: parámetros físicos, químicos, biológicos
- Establecer diversidad, riqueza y equidad
- Identificar especies diatomeas en río Carihuaycu
- Determinar ITCA : especies diatomeas bioindicadoras

METODOLOGÍA: Campo y Laboratorio



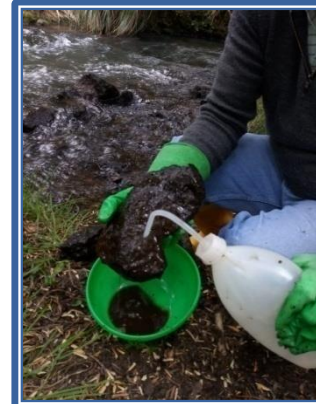
Recolección de
muestras



Medición
parámetros *in situ*



Almacenamiento
de muestra



Recolección de
diatomeas



Almacenamiento
de diatomeas



Análisis
parámetros *ex situ*



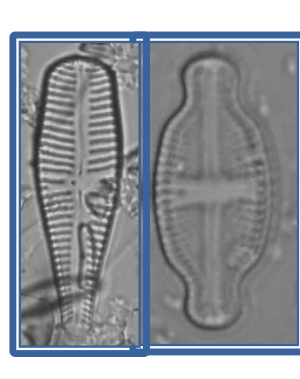
Preparación de
diatomeas



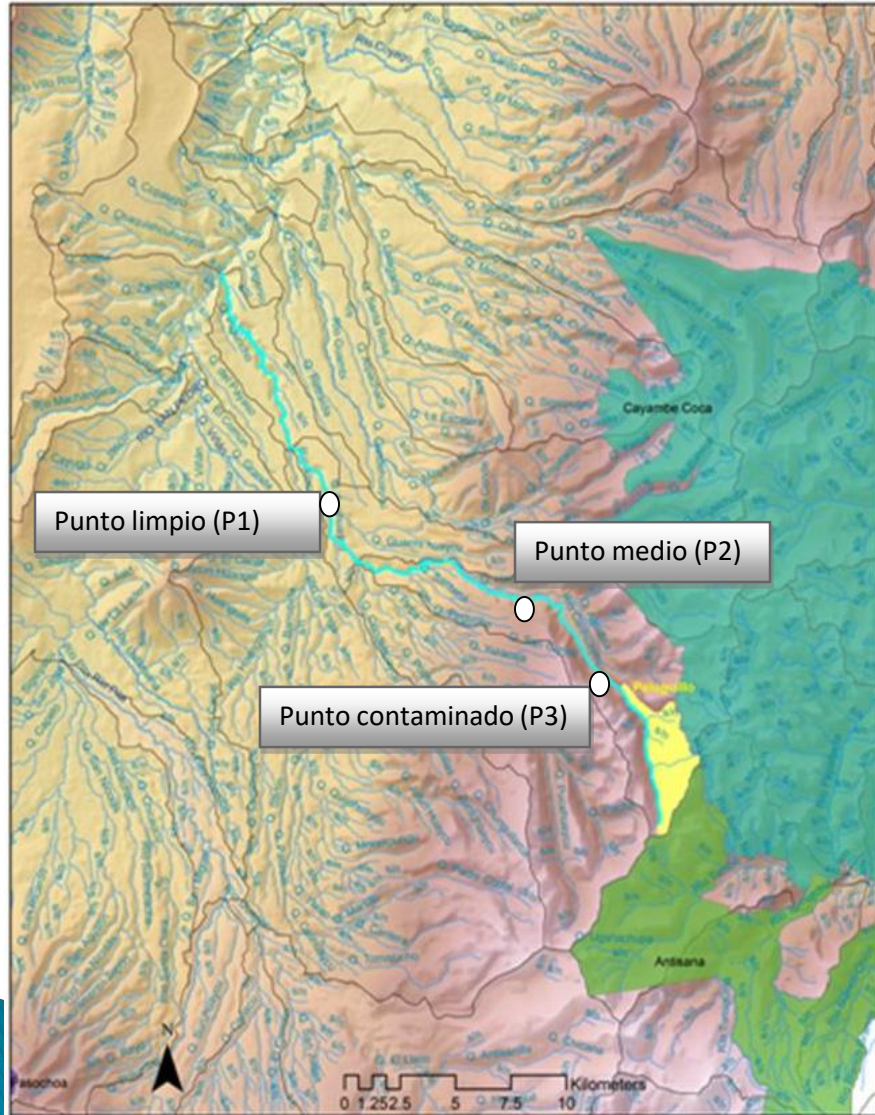
Montaje de placas



Identificación y conteo
de diatomeas



ÁREA DE ESTUDIO: RÍO CARIHUAYCU



Nombre	Punto de muestreo	Ubicación		Altitud	Observación
		Latitud	Longitud		
Sierra Virgen	Punto 1	17M 0807256	9966399	3648 m	Punto limpio
Mulauco	Punto 2	17M 0798984	9971729	2794 m	Punto medio
Palugo	Punto 3	17M 0796398	9972516	2585 m	Punto contaminado



RESULTADOS: Físico, químico, microbiológico

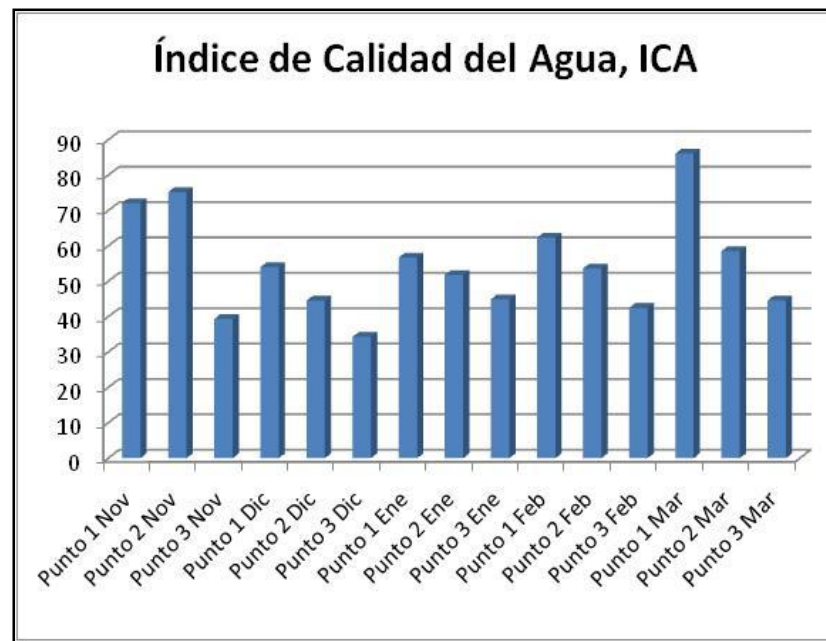
MES	PUNTOS	$\Delta T (^{\circ}C)$	pH	CE (uS/cm)	OXIGENO DISUELTO (mg/L)	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/L)	DBO (mg/L)	TURBIDEZ (NTU)	FOSFATOS (mg/L)	NITRATOS (mg/L)	COLIFORMES (NMP/100 mL)
NOV	P1	12,9	7,17	14,7	7,16	28	2,43	2	0,74	0,16	1000
	P2	13,2	7,19	107	7,48	35	4,52	2,2	0,88	0,07	1000
	P3	14,6	7,2	121,9	7,14	168	7,48	6,5	1,63	0,11	12000
DIC	P1	11,6	7,23	32	6,61	170	3,36	5,4	0,42	0,05	2000
	P2	12,9	7,44	51,4	7,62	140	4,21	5,8	1,5	0,12	5000
	P3	15,4	7,31	54,6	7,01	164	5,14	7,2	3,2	0,16	13000
ENE	P1	8,6	7,7	43,8	7,18	36	4,8	7,8	0,37	0,02	1000
	P2	11,6	7,9	51,9	8,07	43	5,62	27	0,55	0,04	1000
	P3	12,4	7,8	71,7	8,01	41	6,48	30	0,86	0,05	3000
FEB	P1	11,1	7,89	85,6	6,92	78	4,95	2,3	0,124	0,05	2000
	P2	12,8	8,21	96,5	8,01	78	8,5	2,05	0,055	0,09	15000
	P3	17,2	7,96	122,2	7,96	115	8,63	9,78	0,479	0,28	28000
MAR	P1	10,1	7,19	134,6	6,53	11	6,78	3,53	0,264	0,09	1000
	P2	12,3	7,7	112,8	6,84	33	5,58	2,71	0,283	0,11	2000
	P3	13,8	7,72	135,2	7,07	122	9,78	4,07	0,551	0,25	18000

Parámetros físicos-químicos obtenidos *in situ* y *ex situ*

RESULTADOS: Índice Calidad del Agua

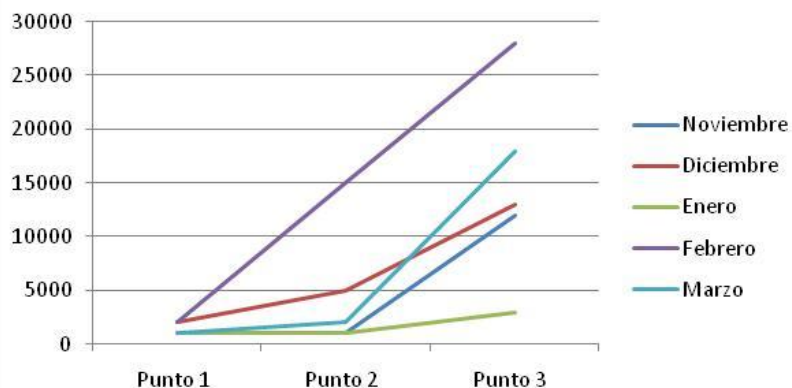
Punto	ICA	Clasificación
Punto 1	55,98	Regular
Punto 2	47,34	Mala
Punto 3	38,52	Mala

Evaluación de puntos
de muestreo IQAData

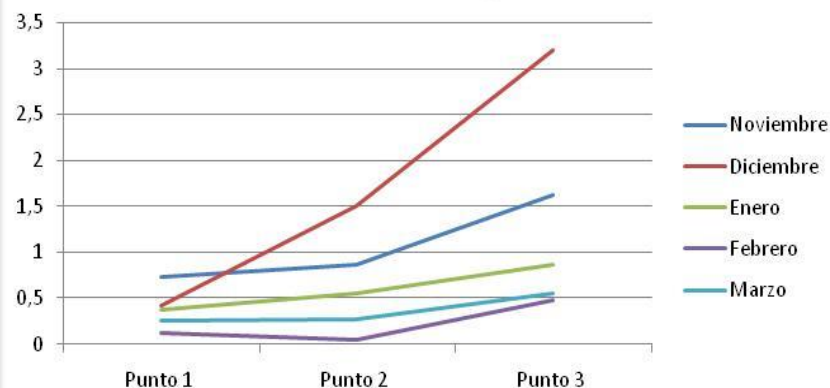


RESULTADOS: ICA

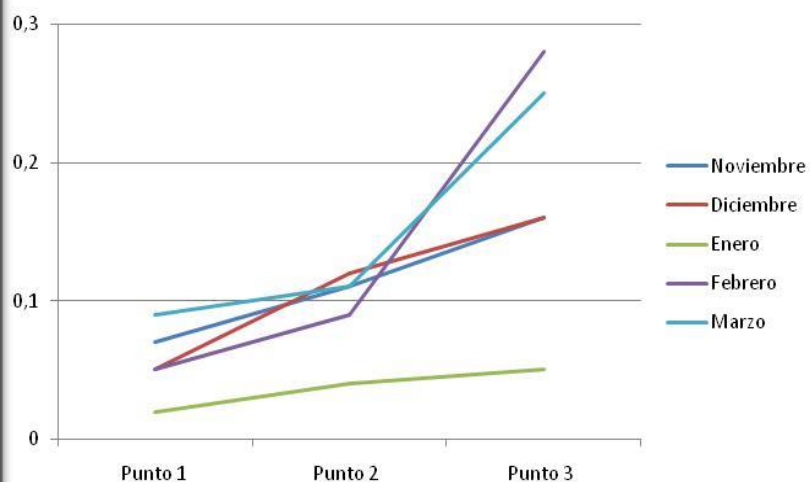
Coliformes fecales, NMP/100mL



Fosfatos, mg/L



Nitratos, mg/L



Coliformes fecales, fosfatos, y, nitratos entre los parámetros más relevantes para el Índice de Calidad del Agua.

RESULTADOS: Especies bioindicadoras

Especie	Total	Valor trófico (VT)	Abundancia relativa (%)	$\Sigma(VT \times H)$
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	86	5	6,32	31,59
<i>Achnantheidium rivulare</i> Potapova & Ponader	65	4	4,78	19,10
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	90	1	6,61	6,61
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	81	1	5,95	5,95
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	66	1	4,85	4,85
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	141	3,4	10,36	35,22
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	255	3,8	18,74	71,20
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	149	2,8	10,95	30,65
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	428	4	31,45	125,79
	1361		100,00	316,65

54 especies en total: 3 especies abundantes en punto 1

55 especies en total: 6 especies abundantes en punto 2

Especie	Total	Valor trófico (VT)	Abundancia relativa (%)	$\Sigma(VT \times H)$
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	189	3,6	11,70	42,10
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	87	1	5,38	5,38
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	41	1	2,54	2,54
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	45	3,4	2,78	9,47
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	47	4	2,91	11,63
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	315	3,4	19,49	66,27
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	276	3,8	17,08	64,90
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	99	2,8	6,13	17,15
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	517	4	31,99	127,97
	1616		100,00	347,43

RESULTADOS: Especies bioindicadoras

Especie	Total	Valor trófico (VT)	Abundancia relativa (%)	$\Sigma(VT \times H)$
<i>Cocconeiseuglypta</i> Ehrenberg	68	3,6	4,32	15,56
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	139	1	8,84	8,84
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	399	3,4	25,37	86,24
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	215	3,8	13,67	51,94
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	127	2,8	8,07	22,61
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) La	78	4,6	4,96	22,81
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	547	4	34,77	139,10
	1573		100,00	347,09

49 especies
en total: 9
especies
abundantes
en punto 3



OMNIDIA 6.0b8
Database version: 03 avr. 2016

Description

Name	Inventory example 2	Date	01/01/2016
Basin	ADOUR-GARONNE	D/S (km)	342,00
River	GARONNE	Temperature	16,00
Site	AGEN	Hydro. code	756
Slibe nb.	22	Lat. 44,20500	Long. 0,60600

Statistics

Species	38	Evenness	0,61
Population	539	Genera	19
Diversity	3,21		

Sample

Sample	Epidendrophyton
Substrate type	Blocs or stones
Special	Temporary habitats
Facies	No current

Sampler : J.M. Smith

Indices:

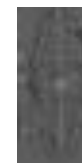
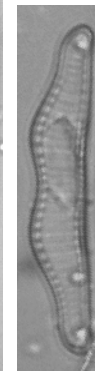
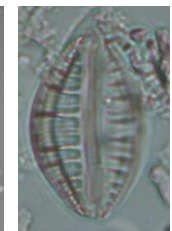
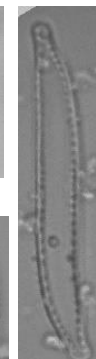
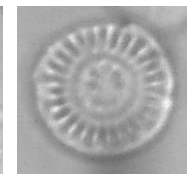
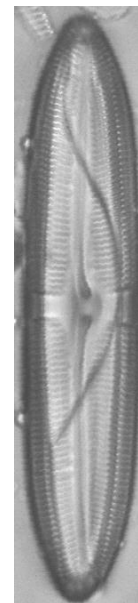
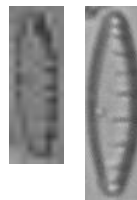
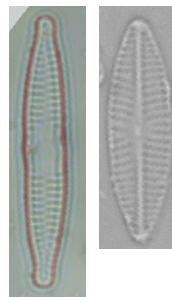
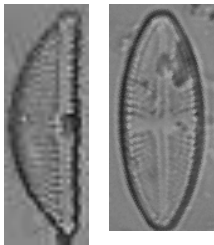
Index	Value	Species used		Effective abd.	
		%	Count	%	Count
CEE	17.0	71.1%	27	34.5%	186
Descy	17.7	50%	19	23.6%	127
EPI-D	17.4	73.7%	28	34.3%	185
Hurl.	18.2	76.3%	29	34.5%	186
IBD	18.9	94.7%	36	94.8%	511
IBD 2014	18.9	94.7%	36	94.8%	511

Index	Value	Species used		Effective abd.	
		%	Count	%	Count
IPS	17.0	94.7%	36	94.8%	511
Lobo	8.0	36.8%	14	11.7%	63
Rott TI	16.7	76.3%	29	80.1%	432
Rott SI	19.3	76.3%	29	87.2%	470
SHE	15.1	65.8%	25	32.8%	177
Sla.	15.7	68.4%	26	25.6%	138

Ejemplo de
OMNIDIA.
Valor
trófico es
sustituido
por IPS

RESULTADOS: Especies bioindicadoras

Punto 1	Punto 2	Punto 3
<i>Encyonema minutum</i>	<i>Cocconeis euglypta</i>	<i>Nitzschia clausii</i>
<i>Encyonema silesiacum</i>	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	<i>Planothidium lanceolatum</i>
<i>Luticola goeppertiana</i>	<i>Navicula cryptotenella</i>	<i>Nitzschia palea</i>
	<i>Nitzschia inconspicua</i>	<i>Caloneis silícula</i>
	<i>Grunowia solgensis</i>	<i>Discotella pseudostelligera</i>
	<i>Cymbella tumida</i>	<i>Rophalodia gibberula</i>
		<i>Surirella angusta</i>
		<i>Planothidium haynaldii</i>
		<i>Eunotia elucens</i>



RESULTADOS: Índice Trófico Calidad Agua

$$ITCA = \frac{\sum(VT \times H)}{\sum H}$$

ITCA	Niveles de contaminación
1,0 - 1,5	Oligotrófico (contaminación despreciable)
1,5 - 2,5	β - mesotrófico (contaminación moderada)
2,5 - 3,5	α - mesotrófico (contaminación fuerte)
3,5 - 4,0	Eutrófico (contaminación excesiva)

Punto muestreo	ITCA	Nivel de contaminación
Punto 1	3,2	α -mesotrófico
Punto 2	3,5	eutrófico
Punto 3	3,5	eutrófico

Punto 1: contaminación fuerte
Punto 2: contaminación excesiva
Punto 3: contaminación excesiva

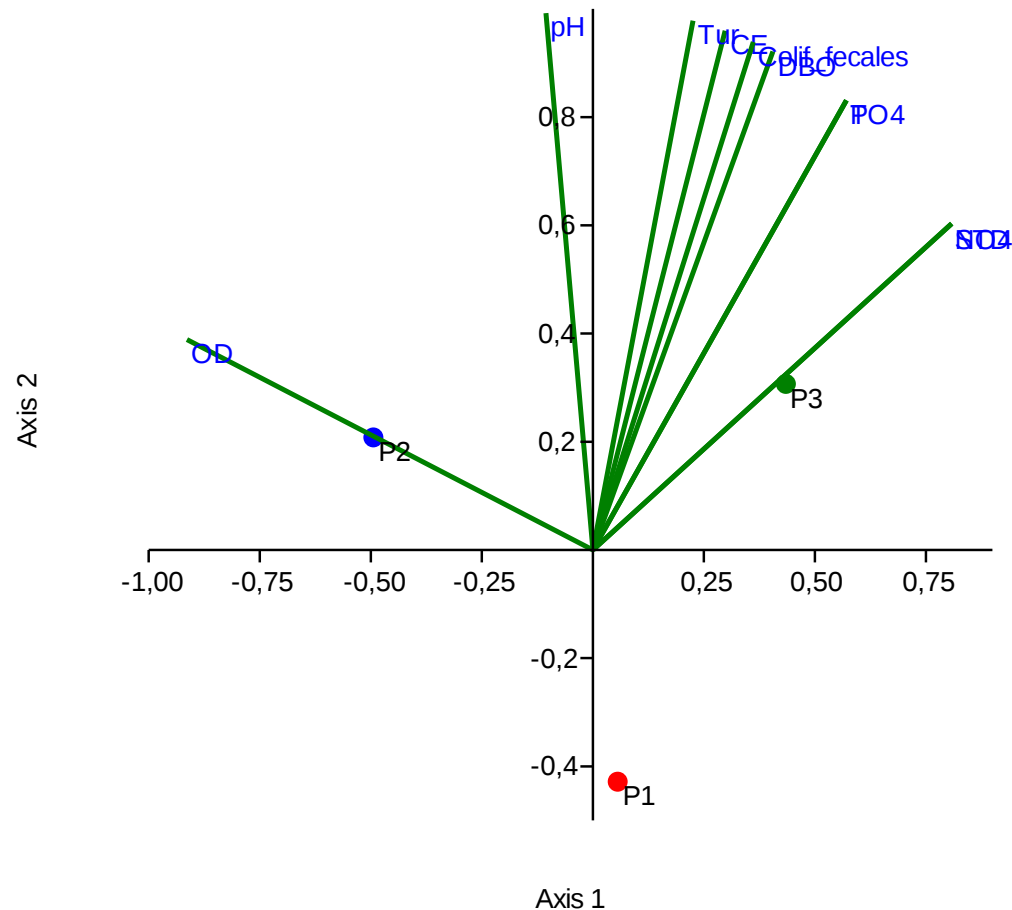
RESULTADOS: Diversidad, riqueza y equidad

Punto muestreo	Riqueza específica	Índice Shannon	Equidad Shannon	Equidad Hill
Punto 1 (limpio)	54	3,02	0,76	0,66
Punto 2 (medio)	55	2,6	0,65	0,57
Punto 3 (contaminado)	49	2,53	0,65	0,56

Punto 1 tiene mayor diversidad, es decir, comunidad diatomeas más heterogénea; mayor equidad, es decir, menor cantidad de especies dominantes.

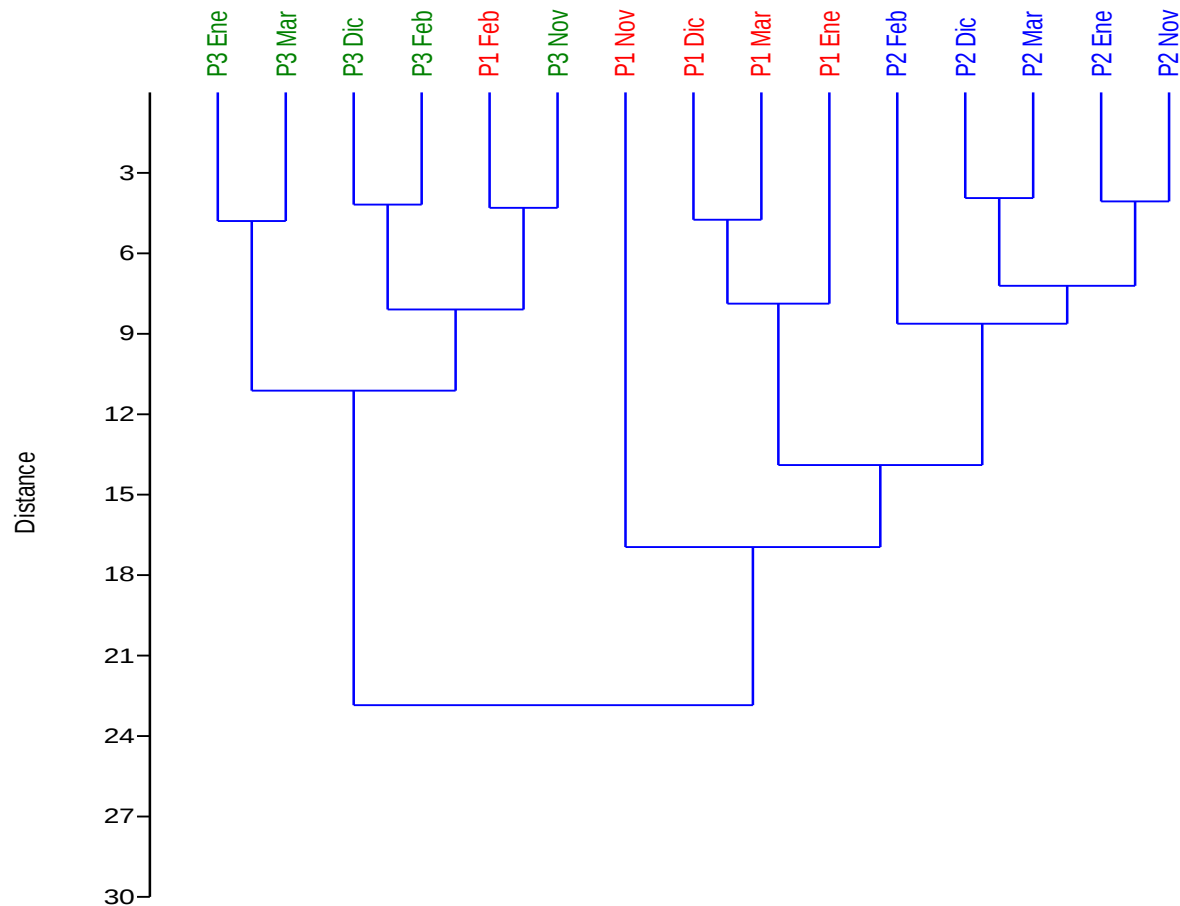
Punto 2 tiene mayor riqueza de especies

RESULTADOS: Análisis canónico de correspondencia



El Punto 3 se encuentra en aguas contaminadas caracterizadas por altos valores de CE, DBO, fosfatos, nitratos, turbidez y coliformes fecales, el Punto 2, caracterizado por alta concentración de oxígenos disueltos. Se observa grado de eutrofización en puntos muestreados.

RESULTADOS: Análisis de agrupamiento



Se observan 4 clusters: similitud entre los muestreos del Punto 2 y del Punto 3. El Punto 1, en el muestreo de febrero presenta similitud con muestreos de Punto 3; y, el Punto 1 en muestreo de noviembre presenta poca similitud con los demás muestreos de Punto 1.

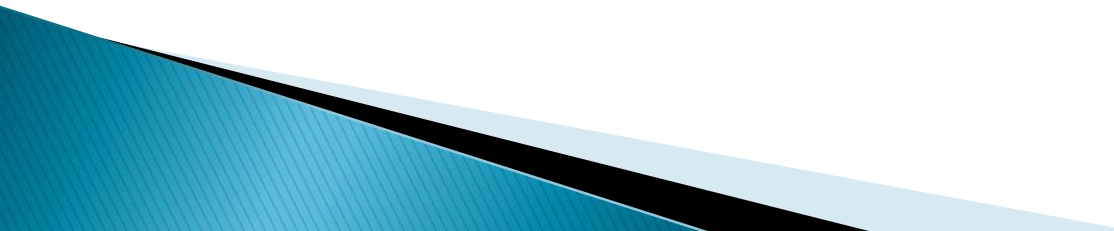
CONCLUSIONES

- ▶ Según el ICA los puntos P1, P2 y P3 se consideran como regular, mala y mala calidad.
- ▶ Según bioindicadores el punto P1 se considera como α -mesotrófico, y los puntos P2 y P3 se consideran como eutrófico.
- ▶ Se identificaron 71 especies en los tres puntos.
- ▶ Las especies *Roichosphenia abbreviatta*, *Navícula lanceolata*, *Navícula gregaria*, son especies plásticas.
- ▶ Se encontró mayor heterogeneidad de especies en el punto P1, además de mayor equidad. Punto 2 presentó mayor riqueza.

CONCLUSIONES

- ▶ Especies raras. En el punto 1: *Achnantheidium exiguum*,. *Cymbella tumida*, *Diatoma mesodon*, *Eunotia minor*, *Eunotia elucens*, *Fragilaria rumpens*, *Luticola nivalis*, *Gomphonema capitatum*, *Gomphonema laticollum*. En el punto 2 se encontraron: *Diploneis subovalis*, *Fragilaria gracilis*, *Grunowia solgensis*, *Luticola peguana*, *Melosira varians*, *Planothidium haynaldii*. En el punto 3 se encontraron: *Caloneis silícula*, *Nitzschia liebethruth*,, *Discotella pseudostelligera*, *Rophalodia gibberula*, *Surirella angusta*, *Cyclotella meneghiniana*, *Halamphora montana*.
- ▶ Se encontró diferencia en el valor trófico asignado en bibliografía (Lobo *et al*, 2016), (Lobo & Heinrich, 2016) y valores de IPS (OMNIDIA, 2017) debido a condiciones propias de ríos ecuatorianos.
- ▶ Las especies identificadas y su valor trófico pueden aportar para considerar un índice biológico de calidad de aguas para el Ecuador.
- ▶ Se evidenció condiciones teratológicas (Olenici *et al.*, 2016) en especies como *fragilaria arcus*, ciertas deformaciones en el frústulo que pueden considerarse por presencia de metales pesados.

RECOMENDACIONES

- ▶ Para obtener información más fiable de acuerdo a las condiciones particulares de nuestros ríos en Ecuador en cuanto a ICA, se debería replantear nuevas ponderaciones de los parámetros físicos-químicos.
 - ▶ Una limitante importante en taxonomía es la poca información existente en bibliografía referente a vistas pleurales para identificar especies.
 - ▶ Considerar en posteriores estudios particularidades existentes en morfologías de taxones identificados, por ejemplo cambios en el contorno de una *fragilaria arcus* o *Roichosphenia abbreviata* que pueden basarse en condiciones teratológicas.
- 

REFERENCIAS

- ▶ American Public Health Association. APHA. (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21a Ed. 9222B Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure.
- ▶ Baird, C., (2004). Química Ambiental. University of Western Ontario. Editorial Reverté. S.A. Barcelona. España.
- ▶ Benito, X., Feitl, M., Fritz, S., Mosquera, P., Schneider, T., Hampel, H., Quevedo, L., Steinitz-Kannan, M. (2019). Identifying temporal and spatial patterns of diatom community change in the tropical Andes over the last c. 150 years. <https://doi.org/10.1111/jbi.13561>
- ▶ Blanco, S., (2010). Generador de números aleatorios para recuentos en microscopía óptica. León. España.
- ▶ Blanco, S., Blanco, I., Cejudo-Figueiras, C., Bécares, E. (2010). Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero. Valladolid. España.
- ▶ Battarbee, R. (1986). Diatoms analysis. Berglund. Handbook of Holocene Paleohydrology. New York.
- ▶ Castro, D., (2009). Desarrollo de un índice de diatomeas perifíticas para evaluar el estado de los humedales de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ Coral, K., (2013). Evaluación y control de la contaminación de aguas residuales. UISEK .
- ▶ De La Torre, E., (2009). Contaminación hídrica y su control.
- ▶ García, Q., (2012). Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile.
- ▶ Granizo, F., (2011). El Estado Trófico de la Laguna de Limoncocha en el periodo (febrero 2010 - enero 2011). Quito. UISEK.
- ▶ Hernández, S., (2012). Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del río Viejo, utilizando fitobentos (diatomeas). Revista Universidad y Ciencia.
- ▶ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. INVEMAR. (2003). Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de parámetros físicoquímicos y contaminantes marinos. Santa Martha. Colombia.
- ▶ Lobo, E.A., Wetzel, C.E., Schuch, M., Ector, L., (2014). Diatomáceas Epilíticas como indicadores da qualidade da água em sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. Santa Cruz do Soul. EDUNISC.
- ▶ Lobo, E.A., Schuch, M., Heinrich, C.E., Da Costa, A., Düpont, A., Wetzel, C.E., Ector, L., (2015). Development of The Trophic Water Quality Index (TWQI) for Subtropical

REFERENCIAS

- ▶ Lobo, E.A., Heinrich, C.E., Schuch, M., Wetzel, C.E., Düpont, A., Da Costa, A., Ector, L., (2016). Índice Trófico de qualidade da água: Guia Ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. EDUNISC.
- ▶ Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H. (1998). Tropical diatoms of South America, about 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. Königstein: Koeltz Scientific Books.
- ▶ Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H., & García-Rodríguez, F. (2005). Diatoms of Uruguay. Compared with of othertaxa from South america and elsewhere. Iconographia Diatomologica. Ruggsell. Uruguay.
- ▶ Moretto, D., L., Panta, R., E., Da Costa, A., B., Lobo, E., A. (2012). Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution No. 357/2005 of the Environmental National Council (CONAMA).
- ▶ Necchi, JR., O., (2016). River Algae. Sao Paulo. Brasil.
- ▶ Olenici, A., Borrego-Ramos, M., Blanco, S., Momeu, L., Baciú, C. (2017). Evaluación del efecto de los metales pesados sobre las diatomeas bentónicas en Rosia Montana (Rumanaia) mediante geometría morfométrica.
- ▶ OMNIDIA, Omnidia software for taxonomy, calculation of diatom índices and inventories management. V.6.0.2. 2017 <http://www.omnidia.fr>
- ▶ Posselt, E., Da Costa, A., Lobo, E. (2011). Software IQADData. UNISC. Santa Cruz do Sul. Brasil.
- ▶ Rosero, K., (2106). Establecimiento de un índice biótico para determinar la calidad de aguas de los ríos andinos presentes en el Ecuador basado en poblaciones de diatomeas epilíticas. Quito. Ecuador.
- ▶ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Semarnat (2007). Índice de Calidad del Agua General "ICA".
- ▶ Stigliani, T.S., (2004). Química Medioambiental (2da Ed.). España. Pearson Educación S.A.
- ▶ Wright, B.N., (1999). Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sostenible. México. Prentice Hall.
- ▶ Tucci, C., (2009). Plan de manejo integrado de los recursos hídricos en la cuenca alta del río Guayllabamba. BID. FONAG.
- ▶ Tundisi, J., G., (2014). Recursos hídricos no Brasil, problemas, desafíos e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro.
- ▶ Uvillús, S., (2017). Caracterización de la composición florística de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización en el río "La Compañía" del cantón Mejía. Universidad SEK.

GRACIAS POR LA ATENCIÓN

