PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE EN ESMERALDAS



ESCUELA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TEMA:

CARACTERIZACIÓN DE DIATOMEAS COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TEAONE

AUTORA

MÉRIDA ELIZABETH ORTIZ CASTRO

ASESORA

Ph.D. OLGA CARNICER CASTAÑO

ESMERALDAS, 2015

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Presidente Tribunal de Graduación

Lector 1

Lector 2

Mgt. Carlos Torres Alvarado

Director de la Escuela de Gestión Ambiental

Ph.D. Olga Carnicer Castaño

Directora de Tesis

Esmeraldas, ……. de ……. de 2015

AUTOR

Yo, Mérida Elizabeth Ortiz Castro, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de ésta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCESE.

Mérida Elizabeth Ortiz Castro

C.I. 0803468107

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de País Vasco que ha posibilitado una investigación conjunta entre ambas universidades y ha brindado una oportunidad para realizar pasantías en sus instalaciones.

A la Doctora Liliana Gómez, quien me ha ayudado en la identificación de géneros y especies en este proyecto.

A los docentes que me han apoyado en toda la carrera universitaria, especialmente a mi asesora Olga Carnicer, a Eduardo Rebolledo y Jon Molinero, que en esta etapa final han sido mi sustento y apoyo en la elaboración de este proyecto de investigación.

DEDICATORIA

A mi madre que a lo largo de los años me ha apoyado, a mi pequeño hermano para que en un futuro supere mis logros.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTOR ii
AGRADECIMIENTOS iii
DEDICATORIA iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS v
LISTA DE TABLAS vii
LISTA DE FIGURAS viii
RESUMEN ix
ABSTRACT x
1. INTRODUCCIÓN 1
2. MATERIAL Y MÉTODOS 5
2.1. Área de Estudio 5
2.2. Caracterización física de la cuenca y determinación de estaciones 6
2.3. Estimación de la abundancia de diatomeas bentónicas. 9
2.3.1. Toma de muestras en ríos. 9
2.3.2. Recuento de células en el microscopio 10
2.4. Análisis de parámetros Físico – Químicos 11
2.5. Análisis de Datos 12
3. RESULTADOS 13
3.1 Anchura y Angulo de apertura del cauce 13
3.2 Análisis físico-químicos 13
3.3 Abundancia de diatomeas 15
4. DISCUSIÓN 28
5. CONCLUSIONES 33

6. RECOMENDACIONES. 34
7. BIBLIOGRAFIA. 35
8. ANEXOS 39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos Estación Meteorológica Esmeraldas INOCAR 6
Tabla 2 Estaciones de muestreo 7
Tabla 3 Resultados de los parámetros físicos. 14
Tabla 4 Resultados parámetros químicos 15
Tabla 5 Distribución de géneros en las estaciones. (X indica presencia del género en el punto de muestreo 17
Tabla 6 HSD de Tukey Comparaciones Múltip 22
Tabla 7 Correlación de Peason abundancia de géneros con los Factores físico- químicos 24
Tabla 8 .Resultados del análisis de correspondencias canónicas de la abundancia de diatomeas 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Puntos de Muestreo..... 8
Figura 2Cuadrante y superficie raspada de rocas muestreadas. 10
Figura 3Cámara Sedgewick – Rafter..... 11
Figura 4.-Anchura del cauce (a, media ± desviación estándar) y ángulo de apertura (b) en las estaciones de muestreo. CC: Carlos concha; TA: Tabiazo; VL: Vuelta Larga 13
Figura5Géneros más abundantes..... 18
Figura6Taxones más abundantes en relación a la distancia en el campo entre las diferentes estaciones 19
Figura 7.- Abundanciarelativa de los géneros de diatomeas en las diferentes estaciones. Las barras de error representan la desviación estándar entre réplicas..... 20
Figura8Análisis de correspondencias canónicas enfocados a las estaciones 26
Figura 9.- Análisis de correspondencia canónicas enfocado a los taxones..... 27

RESUMEN

Las diatomeas bentónicas son usadas extensamente para el monitoreo de la contaminaciónen los ríos, debido a que son sensibles a los cambios en la química del agua. Este estudio se realizó en el ríoTeaone, provincia de Esmeraldas, Ecuador, desde el tramo alto hasta el tramo bajo, con el objetivo de relacionar las actividades antrópicas con la posible contaminación del río, usando las diatomeas como bioindicadores de la calidad del agua.Se realizó un muestreo durante el mes de agosto 2015, en 7 estaciones de muestreo en el río Teaone, tomando muestras debiofilmen piedras del lecho fluvial.Un total de 25 géneros distribuidos en 7 estaciones de muestreo, de los cuales los géneros, *Coconeis, Ephitemia yLemnicola* resultaron ser géneros poco tolerantes a la contaminación, y los géneros *Synedra, Encyonema, Cymbella* y *Navicula* géneros más tolerantes a la contaminación.Desde el Punto Control P1 hasta el Punto P4, la calidad del agua es buena, y en los puntos P5 y P7 la calidad del agua es relativamente mala.Los resultados sugieren que algunosgéneros de diatomeas podrían ser considerados como indicadores biológicos de condiciones ambientales en el río, evidenciandouna vez más la importancia de incluir las diatomeas perifíticas en estudios de monitoreoambiental.

ABSTRACT

Benthic diatoms are widely used to monitor pollution in rivers, because they are sensitive to changes in water chemistry. This study was conducted in the Teaone River (Esmeraldas, Ecuador) from the headwaters to the lower reaches to link human activities with the possible contamination of the river by using diatoms as bio-indicators of water quality. Biofilm samples were collected from river stones at 7 sampling stations in the Teaone River in August 2015.A total of 25 genera were distributed in the 7 sampling stations, among which,*Coconeis*, *Ephitemia* and *Lemnicola* are intolerant to pollution and *Synedra*, *Encyonema*, *Cymbella* and *Navicula* are more tolerant. From the Control Station to P4, water quality is good, and the Stations P5 and P7 water quality is relatively poor.The results support that some diatoms genera are good biological indicators of environmental conditions in the river, showing once again the importance of including periphytic diatoms in environmental monitoring studies.

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos son sistemas complejos, donde se dan una serie de procesos ecológicos y dinámicas poblacionales únicas en el sistema, y además de agua, se transportan sedimentos, sales y organismos (Sabater *et al.*,2009). El carácter unidireccional de la corriente implica que toda perturbación o daño en los tramos altos afectará también alos tramos medio y bajo.

Los ecosistemas fluviales se ven afectados por diversas perturbaciones que, en la mayoría de los casos, son acciones antrópicas que alteran el dinamismo fluvial.Según Elosegui & Sabater (2009), estas alteraciones pueden ser producidas por cambios en la morfología e hidrología del cauce, alterando así la química de las aguas, o por la eliminación total o parcial de bosques de ribera.

Debido a las diversas perturbaciones que sufren los ecosistemas fluviales, es necesario el estudio de los cauces para caracterizar el estado de degradación en el que se encuentran. La aplicación de parámetros físico-químicos tales como DBO, DQO, turbidez, conductividad y Oxígeno disuelto ha sido uno de los métodos más utilizados a nivel global para la determinación de la calidad del agua. Actualmente existen métodos complementarios a éste, que se basan en criterios ecológicos como el uso de bioindicadores, los cuales permiten una visión más amplia del estado de los recursos hídricos (Martínez, 2012).

Lobioindicadores son organismos vivos capaces de indicar el estado de calidad del agua, ya que algunas familias o géneros son susceptibles a los cambios presentes en el recurso hídrico. Estos integran las respuestas a cambios medioambientales tanto a corto como a largo plazopuesto que deben completar su ciclo vital en el ambiente que habitan. Estas especies son sensibles a cambios finos del medioambiente e idealmente deberían tener rangos de tolerancia y preferenciasambientales conocidos.Un cambio en la calidad ambiental del agua puede verse reflejado en un cambio en la distribución y dinámica de las especiesindicadoras (Calizaya, 2007).

Para Martínez-Sanz *et al.*(2013), el uso de bioindicadores para evaluar la calidad ecológica de los ríos está cada vez más extendido en estudios cientificos. Entre los principales bioindicadores tenemos macrófitos, macroinvertebradosyfitobentos. El fitobentos está compuesto por organismos autótrofos que viven asociados a cualquier sustrato del fondo en los ecosistemas acuáticos, incluyen cianobacterias, microalgas, macroalgas y macrófitos. Su abundancia y composición está regulada por factores hidrológicos, físicos y químicos, y además lapresencia de algas es dependiente del tamaño y estabilidad del sustrato béntico (Peterson, 1996).

Dentro de las microalgas, las diatomeas (Bacillariophyceae) destacan por ser un grupo ecológicamente muy conocido y usado como bioindicador de la calidad de agua porque son el grupo más diverso de microalgas bentónicas. Suelen constituir del 80% al 90% de la comunidad del perifiton y son especies cosmopolitas. El perifiton hace referencia a la comunidad microbiótica que vive sobre diferentes tipos de sustrato sumergidos. Los factores más relevantes que pueden afectar a la composición y abundancia de las diatomeas son la luz, la temperatura, el pH, la velocidad de la corriente y la naturaleza del sustrato (Directiva Marco del Agua, 2005).

Los principales caracteres para la identificación y clasificación de las diatomeas, son su morfología y ornamentación del frústulo. El frústulo es una cubierta silícea formada por dos tecas que envuelven a la célula. De acuerdo a su simetría se pueden diferenciar en dos Ordenes: 1) Centrales con simetría axial, circulares, carecen de rafe, son inmóviles y se reproducen sexualmente por oogamia, y 2)Pennales, poseen simetría bilateral, valvas alargadas, son móviles (Montoya-Morena *et al.*, 2013).

Según AENOR(2005), las diatomeas son microalgas muy sensibles a la contaminación, especialmente a la causada por exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo o eutrofización,vinculadaprincipalmente a actividades agrícolas y ganaderas. Las relaciones entre las diatomeas y las condiciones de su hábitat pueden ser utilizadas para caracterizar ambientes acuáticos presentes y pasados, por tal motivo son útiles como indicadores de la productividad y para detectar eutrofización, acidificación, contaminación con metales pesados y cambios en la dinámica de un cuerpo de agua (Montoya-Morena *et al.*, 2013). El uso de las

diatomeas en la evaluación de la calidad del agua se sustenta en las siguientesventajas(Licursi& Gómez, 2003).

- Presencia universal de las diatomeas en los ecosistemas acuáticos.
- Muestreo rápido y fácil.
- Son sensibles a los cambios en la calidad del agua.
- Sus ciclos de vida son rápidos siendo capacesde colonizar sustratos rápidamente y reaccionar con celeridad a las perturbaciones ambientales.
- Los requerimientos ecológicos de las diatomeas son en algunos casos mejor conocidosque los de otros grupos de organismosque habitan los ríos.

Los índices comúnmente utilizados para evaluar la calidad del agua con diatomeas son el Índice Biológico Global Normalizado (AFNOR, 1992), el Índice Diatómico General o I.D.G. y el Índice Biológico de diatomeas (AFNOR, 2000).

A nivel internacional,se han realizado muchos estudios utilizando diatomeas como bioindicadores, que sirven como referencia para el seguimiento de la metodología. Algunos ejemplos más destacados de estos trabajos se han realizado en España, en la cuenca del Ebro Oscoz*et al.*,(2007) o el Macizo Central Gallego Penalta&López, (2007). En Latinoamérica tenemos algunos estudios también como los realizados en El Salvador por Eivas *et al.* (2010)yLicursi& Gómez(2003).En Ecuador ya hay constancia de estudios sobre la evaluación de calidad del agua, considerando parámetros biológicos. Sin embargo, en la provincia de Esmeraldas, son pocos los análisis que se han realizado en ríos.La mayoría de éstos tratan sobre la contaminación y verifican si los agentes contaminantes sobrepasan o no los límites permisibles exigidos por la normativa.Aun así son pocos los registros que existen del uso de diatomeas como bioindicadores para evaluar la calidad ecológica de un río aunque ya se han empezado a realizar investigaciones científicas que han contribuidoen esta área (Layana, 2013).

En la provincia de Esmeraldas los estudios de calidad del agua usando bioindicadores se han centrado en el estudio de comunidades de macroinvertebrados (Martínez-Sanz,

2013).Concretamente, en nuestra área de estudio, el río Teaone,se destacan los estudios de Sánchez, (2014) y Prado, (2015).

En la cuenca del río Teaone se encuentran asentadas varias comunidades que dan uso a los diferentes bienes y servicios que les proporciona el río.Además, aligual que ocurre en otros ríos, está sufriendo cambios en la calidad del agua, en la morfometría y en la hidrología ya sean por agentes naturales o antrópicos. Entre los principales problemas de la cuenca estarían la deforestación masiva de los bosques de ribera, la desviación del cauce para usos de riego, la presencia de actividades agrícolas y ganaderas, la destrucción de los márgenes de la ribera con estructuras para evitar inundaciones, y los posibles cambios en la calidad del agua.

El presente trabajo consisteenel estudio de la calidad de agua del río Teaonemediante la caracterización de la abundancia de diatomeas en diferentes tramos del curso de agua.Los resultados obtenidos contribuirán a ampliar los conocimientos en cuanto a su ecología y ayudarán a entender mejor el dinamismo fluvial del mismo, generando información sobre el estado reciente del río y aumentando los registroshasta ahora muy escasos.

Para la realización del presente estudio se estableció como objetivo general el caracterizar la comunidad de diatomeas bentónicas como herramienta para describir la calidad del río Teaone, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Identificar principales familias de diatomeas, su composición y abundancia presentes en el río Teaone.
- Determinar los géneros de diatomeas bentónicas que puedan ser utilizados como bioindicadores de calidad de agua
- Investigar las principales actividades que se realizan en el ríoTeaoney relacionarlas con los posibles impactos que estas tendrían sobre la calidad de agua.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

El área de estudio parte del tramo alto del río Teaone que nace en la reserva Mache-Chindul, hasta su desembocadura en el río Esmeraldas. Comprende las parroquias Coronel Carlos Concha Torres, Tabiazo y Vuelta Larga del cantón Esmeraldas, Provincia de Esmeraldas, Ecuador. De acuerdo a la clasificación bioclimática de Holdridge pertenece a una región seca tropical.

Las parroquias Carlos Concha y Tabiazo pertenecen a la zona rural del cantón Esmeraldas, donde las principales actividades económicas son la ganadería (ganado vacuno y porcino) y la agricultura que muchas veces se encuentran establecidas en la ribera del río Teaone. Los principales cultivos son los cítricos y frutales como naranja, guanábanas, maíz, frejol, cacao y plátanos. En algunos sectores se están introduciendo también árboles de teca como monocultivo para posterior explotación de madera. En los últimos años estas parroquias han explotado su potencial turístico, y sus aguas son de uso recreativo por los habitantes del cantón Esmeraldas.

Al no disponer de un acceso al agua potable, los pobladores toman agua directamente del río para su consumo y/o uso doméstico. Vuelta Larga es una parroquia mucho más poblada dónde el río se encuentra parcialmente intervenido. Se considera una zona residencial y a la vez comercial, donde existen varios establecimientos comerciales.A lo largo de todo el cauce, al no existir un sistema de tratamientos de aguas residuales, se vierten aguas domesticas directamente al río.

En los últimos años estas parroquias han explotado su potencial turístico, y sus aguas son de uso recreativo por los habitantes del cantón Esmeraldas.El último punto situado en la zona de Vuelta Larga es una parroquia mucho más poblada dónde el río se encuentra parcialmente intervenido. Se considera una zona residencial y a la vez comercial, donde existen varios establecimientos comerciales.

Con respecto a las características climatológicas de la zonaen la Tabla 1 se muestran los valores medios anuales de diferentes parámetros meteorológicos recogidos en la Estación Meteorológica de Esmeraldas (INOCAR).

Tabla 1 Datos Estación Meteorológica Esmeraldas INOCAR

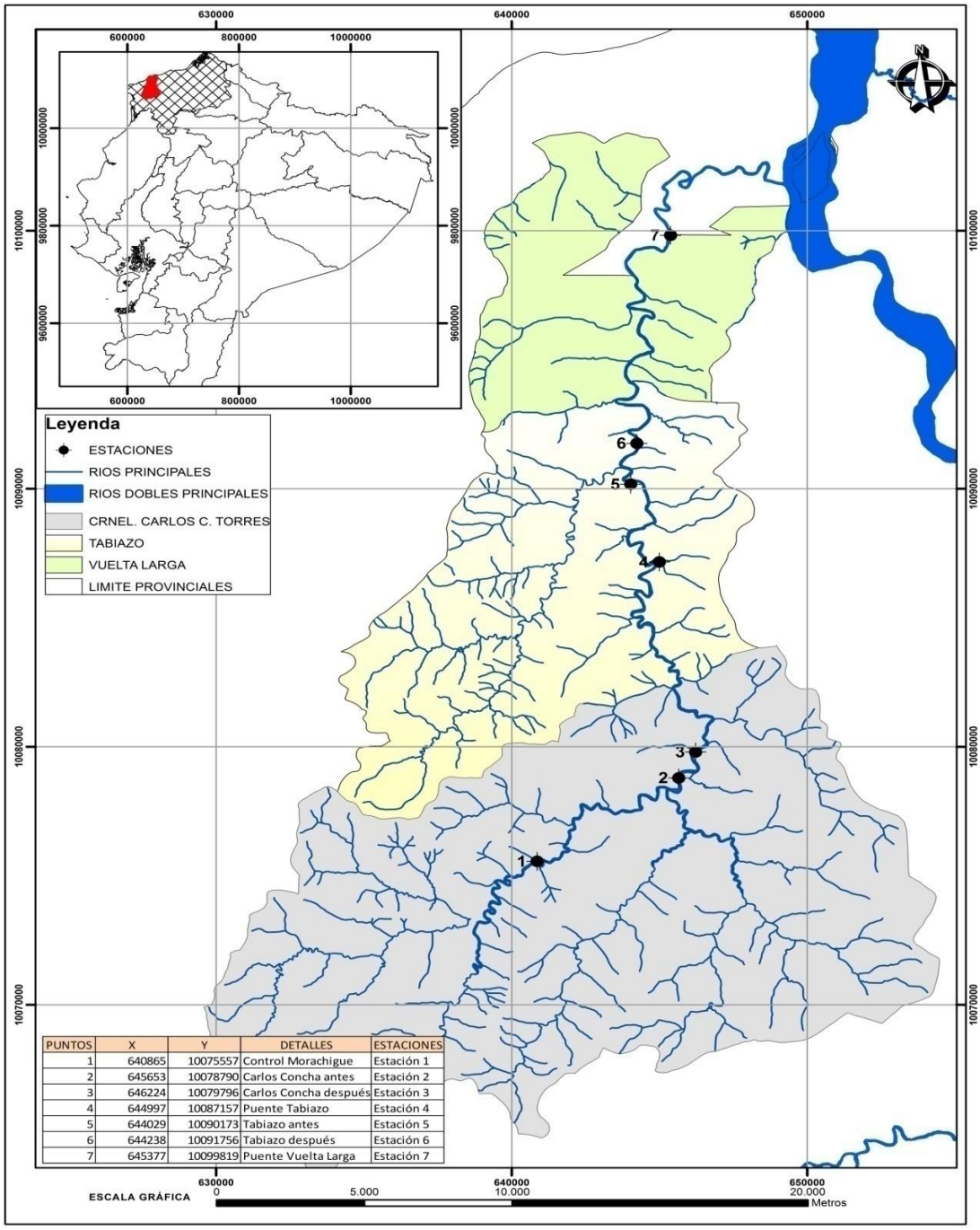
DATOS METEOROLÓGICO				
Años	**TEMP. MÁXIMA °C**	**TEMP. MINIMA °C**	**TEMP. AMBIENTAL °C**	**PRECIPITACIÓN mm^3.**
2007	32,06	21,475	26,18	66,98
2008	32,57	21,92	26,33	47,4
2009	33,5	22,6	26,8	66,8
2010	29,83	22,4	26,93	75,31
2011	32,14	22,14	27	24,68
2012	32,57	21,52	26,82	61,69
2013	29,96	19,66	24,45	44,12
2014	27,53	17,90	22,38	56,57
2015	33,04	22	27,48	54,7

2.2. Caracterización física de la cuenca y determinación de estaciones

El área de estudio comprende 3 parroquias: Coronel Carlos Concha, Tabiazo y Vuelta Larga. A lo largo del cauce se seleccionaron 7 puntos de muestreo (Tabla 2). Un punto control en el Recinto Morachigue, un punto antes y después de los centros poblados de Carlos Concha y Tabiazo, y el último en el puente de Vuelta Larga (Figura 1). En el estudio tambiénse consideraron los 3 principales afluentes del río Teaone (ríos Moncaune, Tabiazo y Huele) para medir los parámetros físico-químicos.

Tabla 2 Coordenadas de las estaciones de muestreo

Estaciones	Nombre	Coordenadas
P1	Punto Control	17N 0640947 0075365
P2	Carlos Concha antes	17N 0645653 0078790
P3	Carlos Concha después	17N 0646224 0079796
P4	Puente Tabiazo	17N 0644997 0087157
P5	Tabiazo antes	17N 0644029 0090173
P6	Tabiazo después	17N 0644232 0091756
P7	Puente Vuelta Larga	17N 0645319 0099967
A1	Río Huele	17N 0645301 0078193
A2	Río Moncaune	17N 0646954 0081130
A3	Río Tabiazo	17N 0643687 0090827



PUNTOS	X	Y	DETALLES	ESTACIONES
1	640865	10075557	Control Morachigue	Estación 1
2	645653	10078790	Carlos Concha antes	Estación 2
3	646224	10079796	Carlos Concha después	Estación 3
4	644997	10087157	Puente Tabiazo	Estación 4
5	644029	10090173	Tabiazo antes	Estación 5
6	644238	10091756	Tabiazo después	Estación 6
7	645377	10099819	Puente Vuelta Larga	Estación 7

Figura 1 Puntos de Muestreo

Previo a la realización del muestreo se realizóunacaracterización del área de estudio para establecerlas estaciones de muestreo, representativas de los diferentes tramos del río. En las

estaciones de muestreo determinadas,se midieron la anchura del cauce y el ángulo de apertura que se usa como indicador de la cantidad de luz que llega al cauce.
Todas las características mencionadas anteriormente fueron anotadas en hojas de campo, junto a las características del entorno y datos generales como fecha, hora y coordenadas geográficas.

2.3. Estimación de la abundancia de diatomeas bentónicas.

El protocolo que se utilizó en el presente proyecto de investigación está basado en el Protocolo de la Agencia Catalana del Agua para la evaluación de la calidad biológica de los ríos mediante diatomeas (2003).

2.3.1. Toma de muestras en ríos.

En cada punto de muestreo se seleccionaron4piedrassumergidas en el lecho fluvial ubicadas en el punto medio del río o en la zona de corriente. Las cuatro piedras en su conjunto son consideradas una sola muestra.Como criterio general se evitaron zonas que estén muy sombreadas o sustratos de zonas emergidas.Para cada piedra extraída, se procedióacepillar o raspar con navaja la superficie superior de los sustratos, limpiando una zona de 25cm^2 por piedra, utilizando un cuadrante con esas medidas (Figura 2).

La superficie total por cada muestra fue de 100 cm^2.El contenido obtenido después del raspado de las 4 piedras se introdujo en un mismobote de plástico quecontenía 50 ml de agua. Para asegurar la transferencia de las diatomeas, se agitó vigorosamente el cepillo para permitir su disolución.



Figura 2 Cuadrante y superficie raspada de rocas muestreadas.

En cada punto de muestreo se recolectaron3 muestras.Un total de 12 piedras por punto fueron analizadas, 4 por cada muestra. Inmediatamente después de su recolección se añadieron 3 gotas de lugol al 3% a los 50 ml de agua y se guardaron en neveras para su transporte al laboratorio.Las muestras se mantuvieron en frío hasta su análisis.

2.3.2. Recuento de células en el microscopio.

Para homogeneizar la muestra antes de la sedimentación, los botes de agua se agitaban en forma de 8 de manera continua un mínimo de 30 veces.Se tomó una alícuota de 1 mlde cada muestra y se realizó el conteo en una cámara de sedimentación Sedgewick – Rafter (Figura 3).

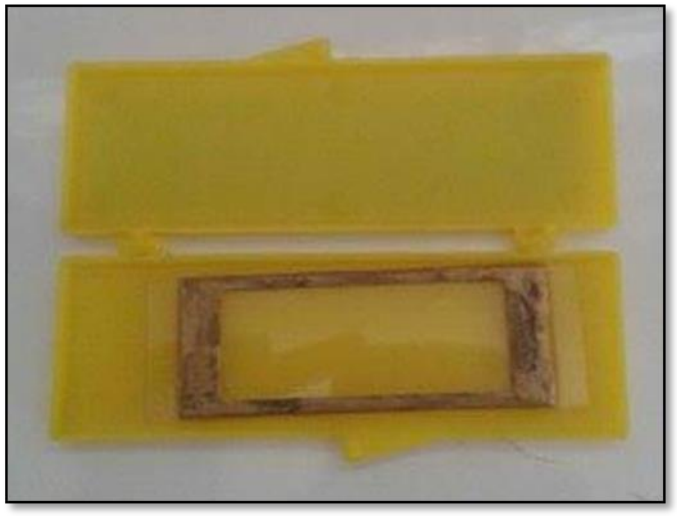


Figura 3Cámara Sedgewick – Rafter

La observación de la muestra se realizó en un microscopio invertido OPTICA. La identificación de los géneros se basó en la clave de Chapman & Hall (1996). Se hizo el recuento en toda la cubetacon un aumento de 40xpara el conteo de todos los géneros presentes.

2.4. Análisis de parámetros Físico – Químicos

Los parámetros físicoscomo pH, turbidez, conductividad, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto fueron medidos *in situ*mediante una sonda multiparmétricaHanna previo a la recolección de las muestras.

En el campo se colectaron las muestras de agua, en frascos de 1 L.Antes de recoger la muestra fue indispensable limpiar las botellas un mínimo de 3 veces en el campo con agua del ríoantes de ser llenados con el agua para analizar.

En laboratorio con los kits de Fosfato Test #0.76, Nitrito test # 0.68, Nitrato Test 1-65 Nano color, se midieron los parámetros indicados por el Test, mediante determinación fotométrica con ayuda de un espectofotómetro UV/VIS UNICAM 8625.

2.5. Análisis de Datos

Se realizó un análisis de correlación de Pearson para evaluar la relación entre los factores físico- químicos con la abundancia de diatomeas. Las variaciones de la abundancia de las diatomeas en las distintas estaciones de muestreo se estudiaron estadísticamente mediante el análisis de varianza multiparámetrico (ANOVA), las diferencias significativas son aquellas que tengan un*pvalor* <0,05.Posteriormente se realizó el test de Tukey para analizar las diferencias entre estaciones de manera específica. Estos análisis estadísticos se realizaron con el paquete de software de IBM SPSS 15.0 Statistics.

Se realizó un análisis de correspondencia canónicas con el software R, para agrupar las estaciones en función de los taxones presentes y luego indicar qué variables físico-químicas podrían estar influenciando la distribución de diatomeas en el cauce.

3. RESULTADOS

3.1 Anchura y Angulo de apertura del cauce

En la Figura 4 se muestra la variación de la anchura del cauce y su respectivo ángulo de apertura en cada estación de muestreo. El punto control, presenta el menor ángulo de apertura y anchura del cauce.

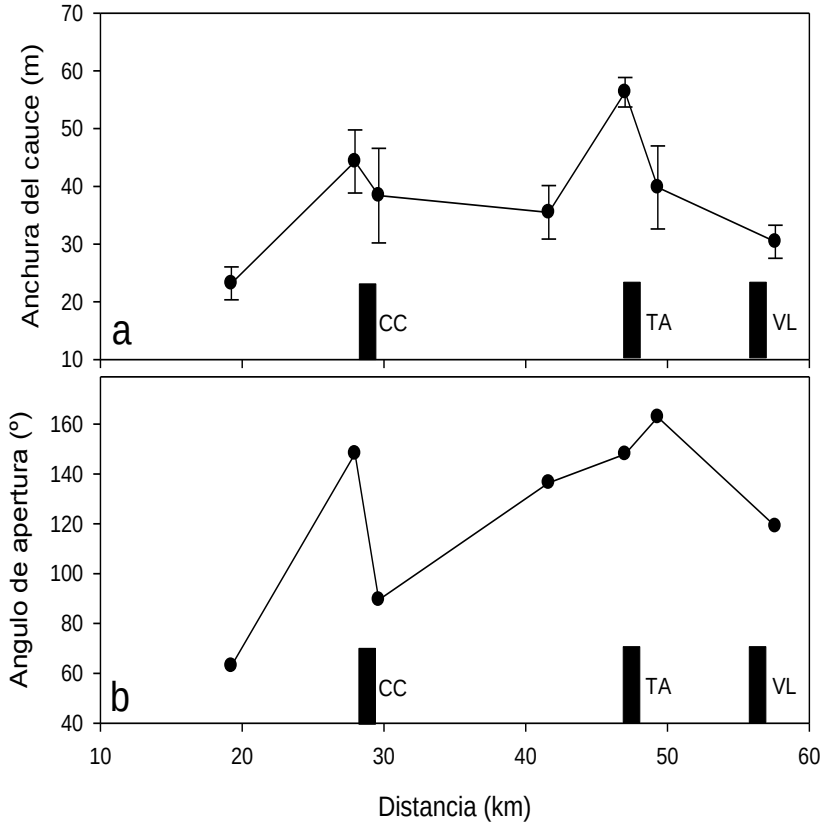


Figura 4.-Anchura del cauce (a, media ± desviación estándar) y ángulo de apertura (b) en las estaciones de muestreo. CC: Carlos concha; TA: Tabiazo; VL: Vuelta Larga

3.2 Análisis físico-químicos

Los resultados de los análisis de losparámetros físicos en las estaciones se indican en la Tabla 3. Con una temperatura promedio de 29.11 ±2°C.En todo el cauce se tiene un caudal

medio de2746,2 ±1094,2l/scon un máximo de 4274.3 l/sen P4 y un mínimo de 1244 l/s en P1.

Los puntos P7, P6 y A3 presentan una conductividad por encima de los 328,8±81,5uS/cm. Ademásentodos los puntos de muestreo el porcentaje de saturación del O_2sobrepasa el 90%,por encima de los 6 mg/l.Respecto a la conductividad, los puntos P7y A3 son las estaciones con el mayor valor en el río.

Tabla 3 Resultados de los parámetros físicos.

Estaciones	**Caudal (l/s)**	**Temperatura (ºC)**	**Conductividad (uS/cm)**	**O_2 (mg/l)**	**O_2 (% saturación)**	**Turbidez (FAU)**
P1	1244,0	26,3	270	7,29	90,7	0
P2	1834,8	31,2	293	6,27	106,0	4
P3	2256,5	31,4	296	7,36	106,7	6
P4	***4274,3***	28,7	309	8,95	106,0	4
P5	2654,5	29,8	250	6,87	91,6	3
P6	3947,1	29,4	412	9,08	109,9	7
P7	3012,8	31,9	*472**	6,78	108,0	8
A1	1345,3	33,5	277	6,00	99,5	9
A2	380,0	29,0	284	7,25	91,7	6
A3	352,0	29,9	*900**	8,46	109,(	4

* Estaciones con valores altos en parámetros físicos

La tabla 4 muestra los resultados de las concentraciones de nutrientes en las diferentes estaciones incluyendo 3 afluentes principales. El punto A2 aporta con las mayores concentraciones de nitratos y nitritos al cauce principal. Los valores de nitrito y fosfato son menores en las estaciones P1 y P2.

Tabla 4 Resultados parámetros químicos

Estaciones	pH	Nitrato (mg/l)	Nitrito (ug/l)	Fosfato (mg/l)	Hierro (mg/l)
P1	7,0	0,05	3	0,58	0,02
P2	7,0	0,18	3	0,74	0,08
P3	7,5	0,23	5	0,73	0,04
P4	7,0	0,38	9	0,79	0,09
P5	7,0	0,05	3	0,87	0,08
P6	7,5	0,05	11	0,60	0,05
P7	7,5	0,28	15	0,72	0,09
A1	7,0	0,73	16	0,58	0,12
A2	7,5	1,12	22	0,72	0,04
A3	8,5	0,05	3	0,89	0,00

3.3 Abundancia de diatomeas

En el estudio de las estaciones se encontraron un total de 19 familias distribuidas en 25 géneros establecidos a lo largo del gradiente longitudinal del cauce. Los conteos de géneros de diatomeas de cada sitio se expresaron como abundancia relativa.

Todas las estaciones estaban sujetas a algún tipo de contaminación (agrícola o urbana) a excepción del punto control que fue considerado el más limpio de la zona alta del río. En consecuencia, la distribución de especies está fuertemente sesgada hacia aquellos géneros que son cosmopolitas y tolerantes de niveles elevados o ligeramente elevados de contaminación y a losque no toleran la presencia de estos contaminantes.

En la tabla 5 se encuentra la distribución de los 25 géneros encontrados en todas las estaciones. Los géneros más frecuentes son *Cymbella, Synedra, Navicula,Encyonema, Nitztchia,Gomphonema, Placoneis y Caloneis*y los géneros menos frecuentes son*Aulocoseira, Cocconeis, Cyclotella y Lemnícola.*Los géneros *Ephitemia, Cocconeis,*

Cyclotella y Lemnícola se encuentran únicamente distribuidos en el tramo alto del río P1 y P2.

La riqueza de géneros en las diferentes estaciones del río muestradivergencia en la comunidad de diatomeas a lo largo de la cuenca. La riqueza diatómicadecrece aguas abajo,en el tramo alto del río (P1)se encontraron un total de 25 géneros, mientras que en el tramo bajo (P7)se identificaron 13 géneros.

De manera general se han encontrado géneros cosmopolitas distribuidos en todas las estaciones, géneros que se encuentran solo en el tramo alto del río, y géneros cuya abundancia relativa aumenta considerablemente en los tramos bajos del río.

Tabla 5 Distribución de géneros en las estaciones. (X indica presencia del género en el punto de muestreo

Navicula	X	X	X	X	X	X	X
Synedra	X	X	X	X	x	x	x
Aulacoseira	X	X	X	X			
Rhoicospenia	X	X	X	X	X	X	X
Gomphonema	X	X	X	X	X	X	X
Amphora	X	X	X	X	X	X	X
Encyonema	X	X	X	X	X	X	X
Cymbella	X	X	X	X	X	X	X
Placoneis	X	X	X	X	X	X	X
Pleurosigma	X	X	X	X	X	X	X
Girosygma	X	X	X	X			
Fragilaria	X	X	X	X	X	X	
Gomphospenia	X	X	X	X			
Meridion	X	X	X	X	X	X	
Epithemia	X	X					
Lemnicola	X	X					
Diatoma	X	X	X	X	X	X	X
Eunotia	X	X	X	X	X	X	X
Pinularia	X	X	X	X	X	X	X
Melosira	X	X	X	X	X	X	
Cyclotella	X	X					
Coconeis	X	X					
Rhopalodia	X	X	X	X	X	X	
Nitzchia	X	X	X	X	X	X	X
Caloneis	X	X	X	X	X	X	X

En la figura 5semuestra la abundancia de los taxones con mayor presencia en comparación a la distancia en el campo entre las diferentes estaciones haciendo énfasis enlos diferentes centros poblados.Los géneros *Synedra* y *Navícula* (Figura 6)presentan una mayor concentración frente a los demás.

En el caso de las navículas su abundancia aumenta significativamente después de los centros poblados de Tabiazo y Vuelta Larga. Los géneros *Cymbella* y *Encyonema* muestran una concentración similar a lo largo de todas las estaciones.

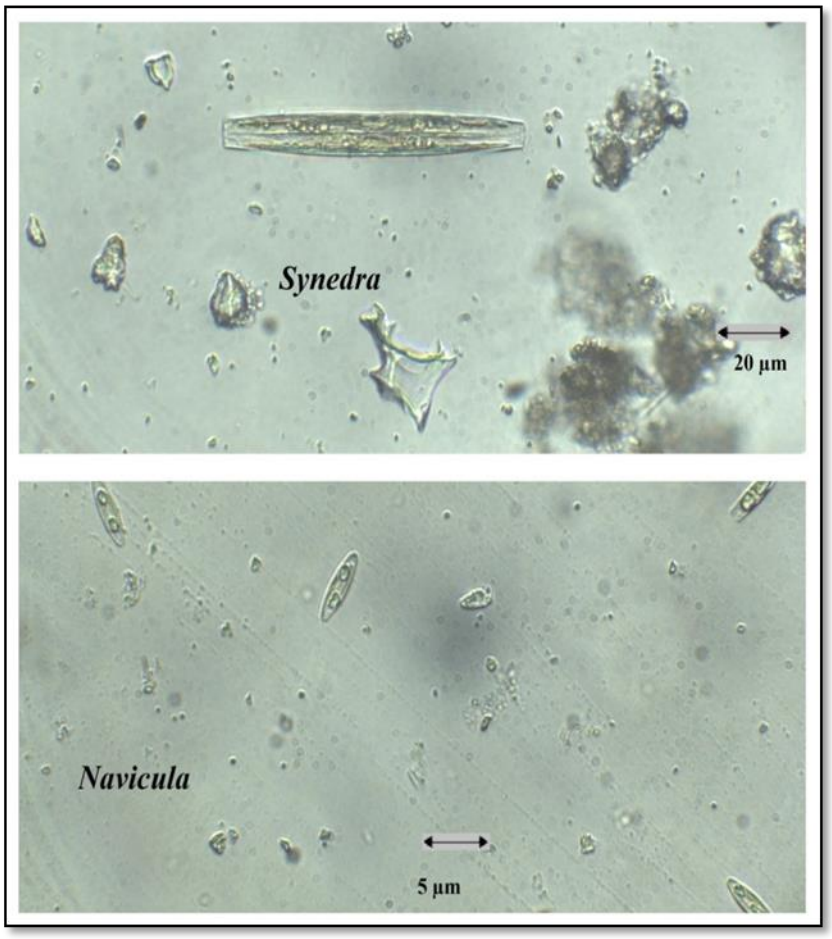


Figura5Géneros más abundantes

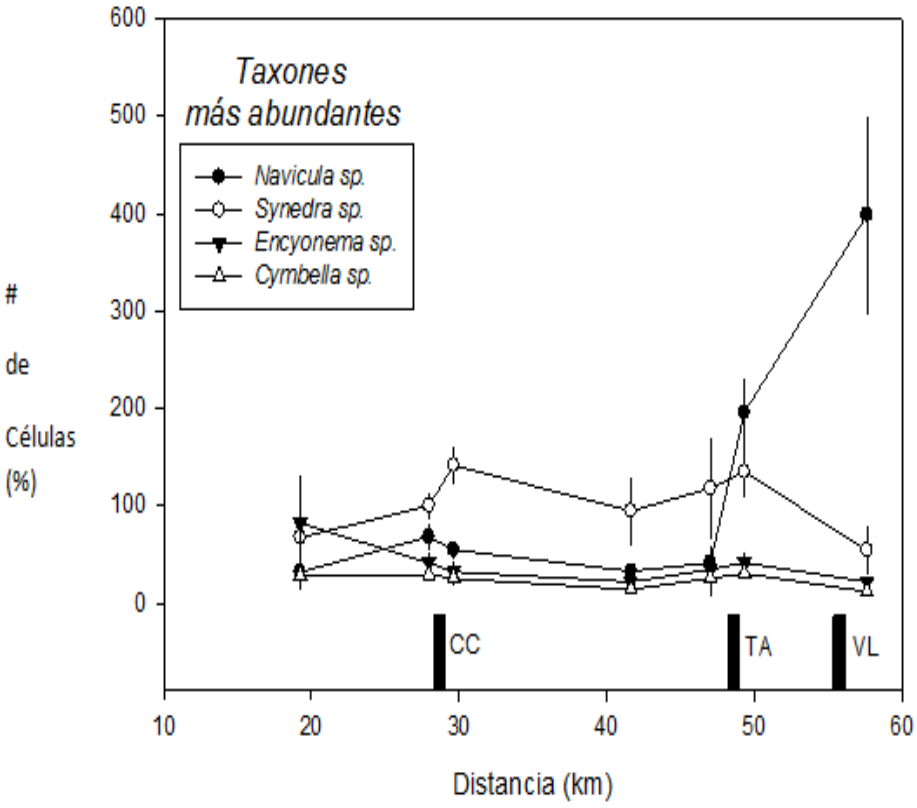


Figura6 Taxonesmás abundantesen relación a la distancia en el campo entre las diferentes estaciones

La figura 7representa la abundancia relativa de cada género en cada estación, destacando la mayor proporción en el género *Navícula* en las dos últimas estaciones con respecto al resto de géneros.La más abundante en las estaciones 2, 3, 4 y 5 es el género *Synedra* pero en menor proporción que la anterior. En la estación control la más abundante fue el género*Encyonema*. Los demás géneros presentan una abundancia relativa inferior frente a los géneros *Navícula, Synedra*y*Encyonema.*

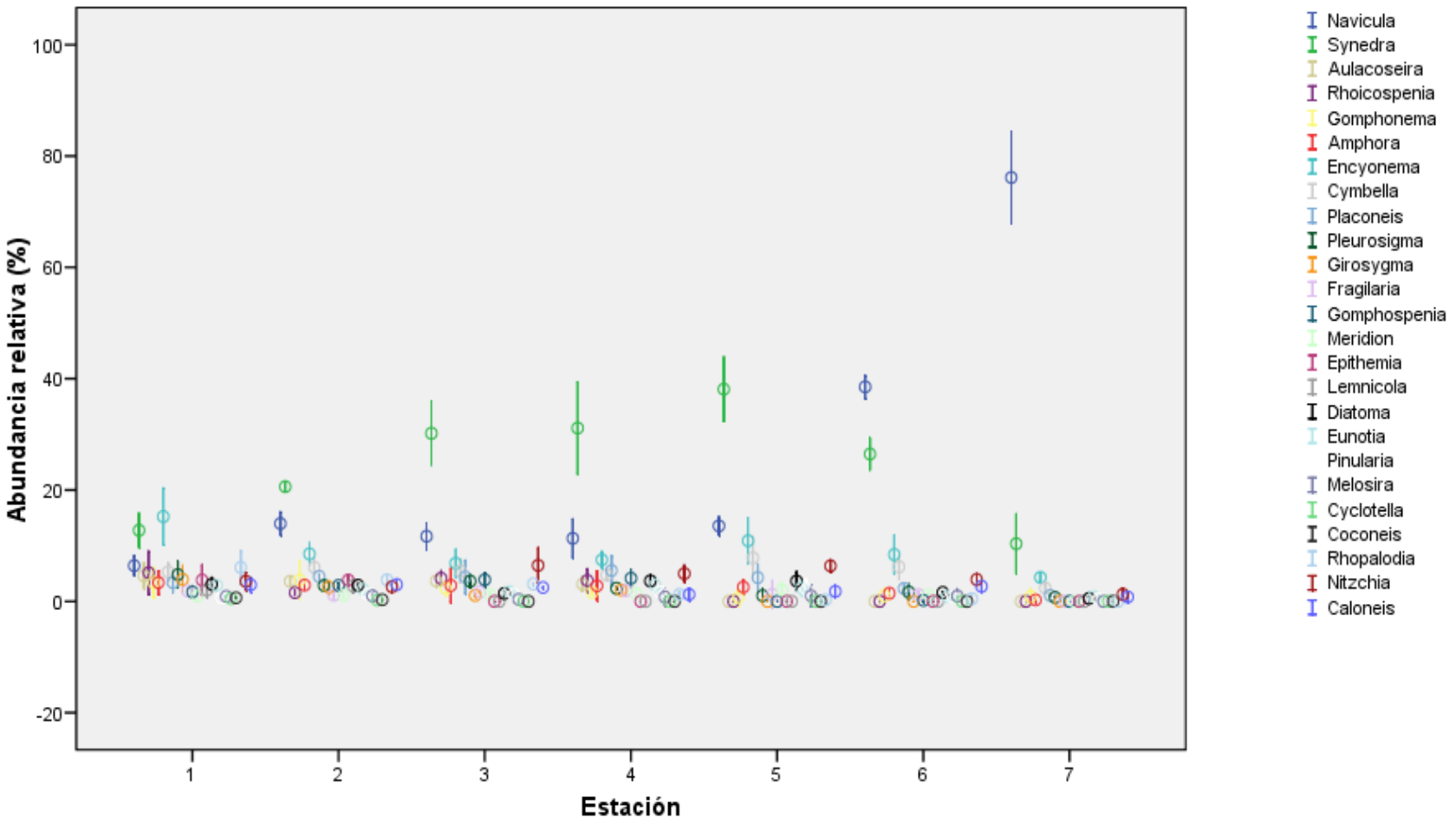


Figura 7.- Abundancia relativa de los géneros de diatomeas en las diferentes estaciones. Las barras de error representan la desviación estándar entre réplicas.

La abundancia relativa de las diatomeas es significativamente diferente entre estaciones (ANOVA; $p< 0.05$).El análisis deTUKEY mostró la diferencia entre cada génerocon las diversas estaciones teniendo en cuenta su abundancia y distribución (Tabla 6). Es decir si la distribución de los géneros es diferente significativamente o no entre las estaciones.

Las estaciones que demuestran mayores diferencias en la abundancia de diatomeas en un mayor número de géneros son P1 y P2 comparándolas con P6 y P7. Los géneros que presentan diferencias en su distribución entre las estaciones son *Navicula, Aulacoseira, Cyclotella, Cocconeis, Lemnicola y Ephitemia.*

El género *Navicula* presenta las mayores diferencias entre estaciones con una alta significancia. Las estaciones centrales P3, P4 y P5 muestran una distribución similar entre los géneros.

Las estaciones ríos arribas P1 y P2 junto a las estaciones aguas abajo, son las que presentan mayor diferencias en la distribución de los géneros., lo que significa que la abundancia relativa y la riqueza de los mismos son diferentes entre cada estación.

Tabla 6HSD de TukeyComparaciones Múltiples

Estaciones	1	2	3	4	5	6	7
1							
2	Gi*, Cy*, Co*						
3	Gi*, Cy*, Co* Epi*, Lem*, Dia*	Gi*, Epi*, Lem*, Nitz*, Dia*					
4	Au * Epi*, Lem*, Rho* Gi*, Cy*, Co* Epi*, Lem*, Rho*	Ca*Au* Epi*, Lem*, Gi*	Au *				
5	Gi*, Cy*, Co*Rhoi* Epi*, Lem*, Rho* Ca*, Pla*, Au*	Au*, Pleu*, Gi* Epi*, Lem*, Gho*	Au*, Pleu*	Au*, Gi*			
6	Epi*, Na*, Dia* Au*, Pleu*, Pla* Gi*, Cy*, Co*Rhoi*	Epi*, Na*, Au* Gi*, Lem*, Gho*	Na*, Au*	Na*, Au* Gi*, Gho*	Na*, Au*		
7	Epi*, Lem*, Rho* Au*, Pleu*, Pla* Gi*, Cy*, Co* Dia*, Fra*, Na	Na*, Au*, Gi*, Me* Epi*, Lem*, Ghom*	Na*, Au*, Pleu*	Na*, Au*, Gi* Ghom*, Me*	Na*, Au*,Epi* Epi*	Na*, Me*,	

Navicula (Na), Aulacoseira (Au), Cyclotella (Cy), Coconeis (Co), Lemnicola (Lem), Ephitemia (Epi)Rhoicospenia (Rhoi) Pleurosigma (Pleu) Girosygma (Gi), Diatoma (Dia),Rhopalodia (Rho), Nitzchia (Nitz, Caloneis (Ca), Placoneis (Pla), Ghomphospenia (Ghom), Fragilaria(Fra),,Meridion (Me).

- ** Diferencias significativas (p<0.05)*

La tabla 7refleja la correlación de los diferentes géneros con los factores físico-químicos que se midieron en el cauce, las diferencias son significativas cuando $p<0.05$.Los géneros se relacionan en función de la conductividad y la turbidez, nitratos, fosfatos y grado de apertura.

Los géneros*Navicula, Aulacoseira* y *Eunotia*presentan una correlaciónaltamente significativa ($p< 0.01$) con la turbidez y la conductividad, mientras que *Diatoma,Lemnícola, Cyclotella, Coconeis, Rhopalodia* presentan una correlaciónúnicamente con la turbidez. *Aulacoseira, Rhoicospenia, Pleurosigma, Girosygma*y*Diatoma* presentan alta relación con la apertura (cantidad de luz que llega al cauce).

Tabla 7 Correlación de Pearson abundancia de géneros con los factores físico- químicos (* p< 0.05) (** p< 0.005)

Géneros	Turbidez	Nitratos	Fosfatos	Conductividad	Apertura
Navicula	.722(**)			.916(**)	
Aulacoseira	-.555(**)			-.556(**)	-.646(**)
Rhoicospenia	-.527(*)			-.433(*)	-.727(**)
Amphora	-.441(*)			-.456(*)	
Encyonema	-.537(*)	-.490(*)	-.481(*)		
Cymbella		-.509(*)		-.463(*)	
Placoneis				-.463(*)	
Pleurosigma	-.452(*)		-.565(**)		-.648(**)
Girosygma	-.734(**)			-.508(*)	-.577(**)
Fragilaria				-.441(*)	
Gomphospenia				-.445(*)	
Meridion				-.497(*)	
Epithemia	-.576(**)				
Diatoma	-.576(**)	-.811(**)			-.700(**)
Eunotia	-.697(**)			-.583(**)	-.486(*)
Lemnicola	-.532(*)				
Cyclotella	-.694(**)		-.503(*)		-.563(**)
Coconeis	-.712(**)		-.512(*)		-.569(**)
Rhopalodia	-.575(**)	-0,242(*)	-.434(*)	-0,411	-.594(**)
Caloneis		-.474(*)	-.572(**)		

También se realizóunanálisis de correspondencias canónicas para evaluarlos factores ambientales a los que están respondiendo las diatomeas, sean físicos o químicos.Así mismo se estudian losgradientes ambientales a lo largo de los cuales las especies varían (Tabla 8).

Los 2 primeros ejes del análisis explican el 92% de la inercia de los datos. El primer eje está relacionado con la conductividad y la turbidez del agua; el eje 2 sin embargo, se vincula con la concentración de ortofosfato y el ángulo de apertura del cauce.

Tabla 8.Resultados del análisis de correspondencias canónicas de la abundancia de diatomeas

	CCA1	CCA2
Eigenvalor explicado	0.77	0.15
Eigenvalor acumulado	0.77	0.92
	(0.943) COND	
	(0.809) TURB	
		(-0.700) FOSF
		(-0.678) APER

En la figura 8se demuestra que todas las especies presentan un comportamiento similar con respecto a los parámetros físico-químicos estudiados. *Naviculas*ppque es el género más abundante está situado separado del resto en zonas con alta conductividad, como son los puntos P6 y P7. Las especies *Cyclotella* y *Cocconeis*presentes en mayor concentración en los puntos P1 y P2, también constituyen un grupo separado.

Por lo general, el conjunto de los géneros se posicionan en aguas donde las condiciones de los parámetros estudiados tienen valores bajos.

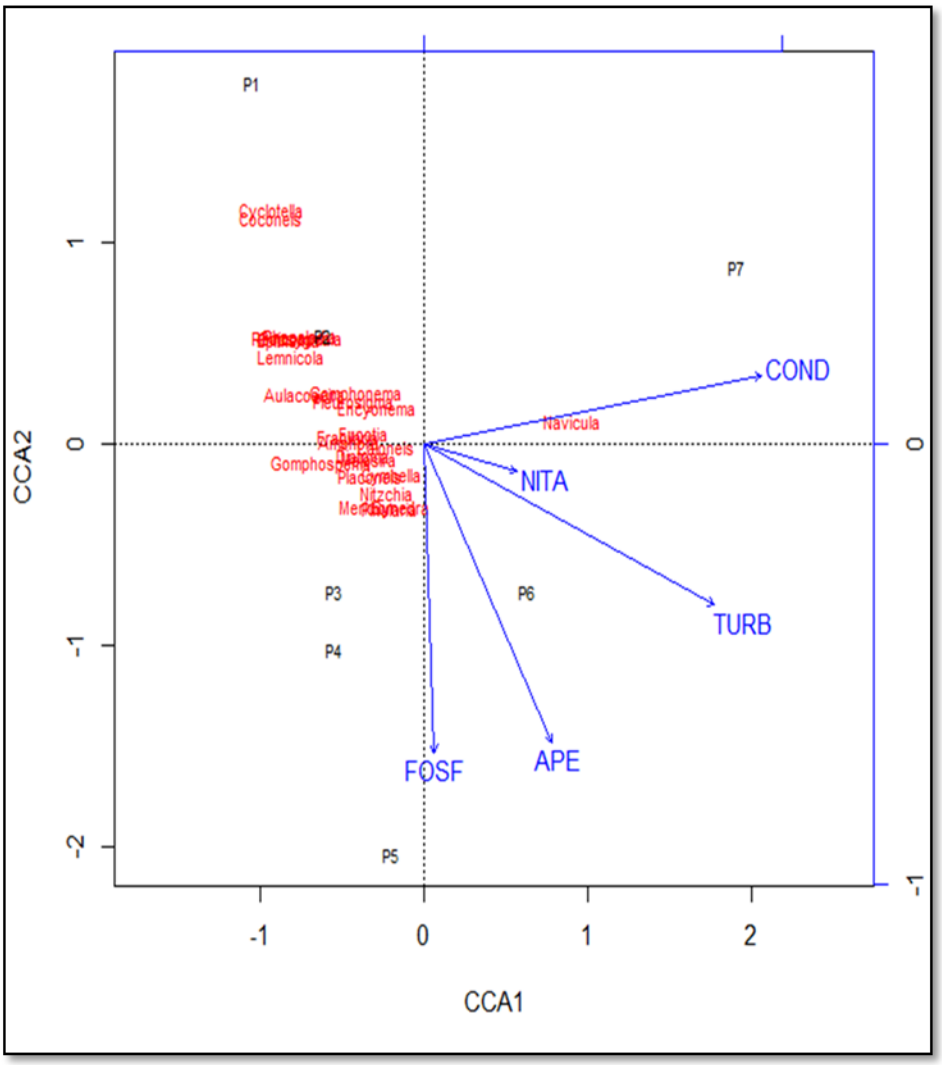


Figura8 Análisis de correspondencias canónicas enfocados a las estaciones

En la figura 9 se puede observar que existen 2 tramos diferentes en el río: de P1 a P5 un gradiente de eutrofización con un pequeño aumento de las cantidades de fosforo; en P6 y P7 existe otro comportamiento, el fósforo disminuye y existe un aumento en la conductividad, al entrar el ríoTabiazoque aporta al cauce mayores niveles de conductividad.

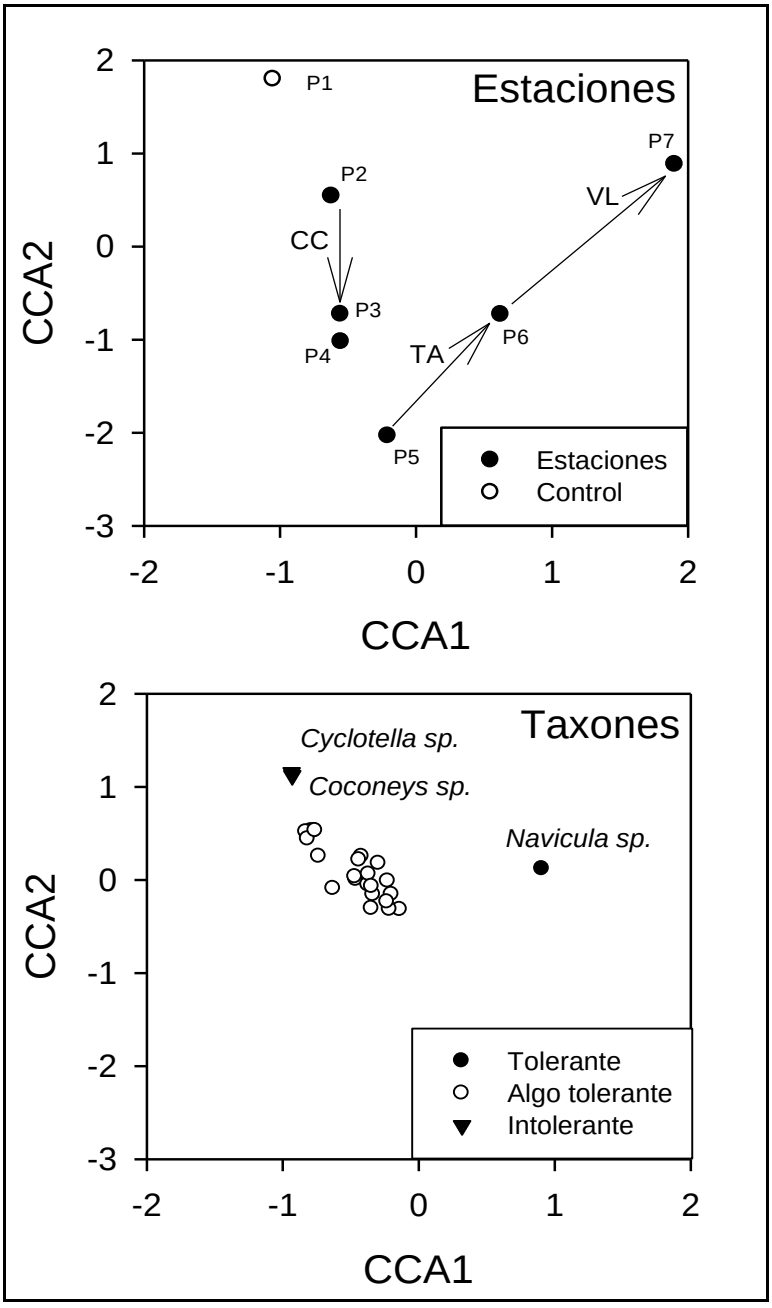


Figura 9.- Análisis de correspondencia canónicas enfocado a los taxones

4.DISCUSIÓN

Este trabajo constituye una descripción preliminar de la diversidad de diatomeas bentónicas a lo largo del río Teaone no realizada con anterioridad. El desarrollo de índices diatomológicos requiere realizar determinaciones taxonómicas a nivel de especie, lo cual precisa de una observación minuciosa y entrenada, debido a las similitudes taxonómicas entre individuos de los mismos o diferentes géneros. En este estudio se ha podido llegar a la identificación a nivel de género debido a la falta de infraestructura de los laboratorios de la PUCESE, así como la falta de experiencia en taxonomía de diatomeas de agua dulce.

Diversas investigaciones (Bellinger*et al*2006), demuestran que las comunidades de algas bentónicas y las asociaciones de diatomeas pueden reflejarlas manipulaciones en las cuencas dadas por las actividades humanasEn nuestro estudio se puede evidenciar un cambio en la comunidad bentónica ya que en el tramo alto de la cuenca encontramos más biodiversidad de especies que en el tramo bajo, siendo más igualitaria su abundancia, mientras en el tramo bajo predominan los géneros *Navícula* y *Synedra*, sobre otros géneros considerando que su abundancia es muy poca

Como principal resultado de nuestros estudios encontramos que los géneros*Coconeis*, *Aulacoseira*, *Ephitemia* y *Lemnicola*están asociados a áreas con menor impacto antropógenico, en el tramo alto P1, P2 y P3. Por el contrario, en los puntos de mayor impacto P6 y P7, la presencia de los géneros de *Navicula, Nistzchia, Synedra* y *Gomphonema*se hace notable. Estos resultados coinciden conlos estudios deBere&Tundisi, (2011) y Bere&Mangadze(2014), donde conforme aumenta la contaminación, las especies poco tolerantes a la contaminación como *Cymbelatumida, Cocconeisplacentula*y *Eunotia formica* son reemplazadas por especies con una tolerancia alta a la contaminación tales como *Gophonemaparvulum, Naviculagregalis* y *Nitzschia palea*. Al igual que en estudios realizados en Brasil, Bere&Tundisi, (2000), afirman que especies poco tolerantes como *E. bilunaris, A. ambigua y A.*

granulata, cuando la contaminación aumenta, son reemplazadas por especies tolerantes a altos niveles de contaminación como *G. parvulum, N. palea, N. praecipua, R. abbreviata* y *S. pupula.*

Estaciones cercanas como P1 y P2, por un lado, y P6 y P7 por otro, presentan distribución de géneros y abundancia relativa de grupos de géneros parecidos.Lavoie*et al*(2005) plantea que la principal fuente de variación en la composición de las diatomeas está asociada con diferencias en las condiciones químicas y físicas del hábitat acuático, presentándose mayor variación entre ríos diferentes, seguida de variación entre zonas del mismo río y poca variación en un mismo tramo como consecuencia de características ambientales similares.

Los géneros que presentan una mayor abundancia relativa frente a los demás son:*Navicula*, *Cymbella*, *Encyonema* y *Synedra*. La abundancia relativa de cada género puede estar asociada a diversos factores, para Flores *et al*. (2010) la presencia o ausencia de diatomeas y especies particulares está relacionado directamente con factores como la temperatura, pH, salinidad, velocidad del agua, materias orgánicas y nutrientes. En el caso del río Teaone este suceso puede explicarse considerando algunos factores físicos. En las cuencas bajas de los ríos, que en su mayoría ya son zonas residenciales, son áreas con poco bosque de ribera, por lo que el cauce siempre tendrá más luz, lo que hará proliferar algunos géneros más que otros. En el punto 7 de muestreo encontramos esta consideración, el género *Navícula*, fue mucho más abundante que los demásgéneros.A esto se le puede sumar que existan más nutrientes como fosfatos y nitratos provenientes de vertidos domésticos siendo condiciones más propicias para que alguna especie prolifere con mayor facilidad.

Otra variable importante sería el caudal, ya que estaciones ubicadas en el tramo alto de la cuenca tiene un mayor caudal que en las zonas medias y bajas. P1 tiene un caudal de 1244.0 l/s, mientras que en P7 es de 3012.8 l/s. Debido a que a un mayor caudal significa una mayor velocidad de la corriente, es más difícil que se establezcan comunidades de diatomeas bentónicas, por lo que generalmentelas zonas altas presentan

una mayor riqueza de géneros pero una menor abundancia relativa de los mismos frente a las estaciones ubicadas en el tramo bajo.Para Martínez & Donato (2003) y Zapata & Donato (2005), la biomasa de diatomeas bénticas es regulada en primera instancia por las variables hidrológicas (caudal y velocidad de la corriente).En particular cuando el caudal es muy bajo, la abundancia y la biomasa aumentan considerablemente. Allan & Castillo (2007) y Ramírez *et al*(2008) consideran que la velocidad de la corriente del agua es uno de los factores que genera la pérdida de biomasa por inestabilidad de sustratos y desprendimiento de las biopelículasperifíticas.

La contaminación orgánica en nuestra área de estudio también estaría asociada a actividades agrícolas y ganaderas, pero los puntos con más intervención serían ya en el área urbana donde están asentadas mayores núcleos poblacionales. La presencia o ausencia de ciertos géneros podría también estar asociada al tipo de contaminantes que hay en el ambiente. Para Alarcón&Pelaez (2012) los géneros *Nitzchia, Gomphonema* y *Navicula* están usualmente asociados con ecosistemas contaminados, con una fuerte correlación con una contaminación orgánica, específicamente *Gomphonemaparvulum* y *Nitzschia palea*, cuyos géneros se han encontrado en la zona de estudio.La presencia de éstas se relacionacon áreas de escorrentía de terrenos agrícolas o con altas concentraciones de nitratos y fosfatos.

De acuerdo a los análisis estadísticos, la comunidad de diatomeas está respondiendo a los cambios de los factores físico-químicos del cauce. Con los resultados del CCA, donde la conductividad y la turbidez explican un 77% de la distribución de las diatomeas, demuestra que estos factores son importantes en la variación de la estructura de la comunidad de diatomeas. Este resultado está de acuerdo con estudios anteriores llevados en sistemas lóticos y lénticos (Bere y Tundisi, 2011).

Respecto a los análisis físicos-químicos realizados en el laboratorio, los resultados demuestran que el agua cumple con los límites máximos permisibles del TULSMA que son los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario. Por lo tanto, los factores como

nitrato, hierro, fosfatos y nitritos cumplen con la normativa. El porcentaje de saturación de oxígeno está por encima del 80% y 6mg/l que indica la normativa, lo que indica que la calidad del agua es aceptable respecto a la normativa ecuatoriana. Al realizar la correlación entre la abundancia y diferentes factores físico-químicos, la mayoría de los géneros responden a una correlación de Pearson negativa es decir que prefieren que haya poca cantidad de nitratos, fosfatos, conductividad y turbidez. La única excepción a esta tendencia son las navículas que prefieren aguas con mucha turbidez y conductividad. Respecto a los factores físicos géneros como *Aulacoseira, Rhoicospenia*, *Pleurosigma, Girosygma, Cyclotella* y *Cocconeis*se encuentran enhábitats con poca turbidez y poca apertura del cauce.

Si se considera un gradiente longitudinal en el cauce, la calidad del agua en general tiende a deteriorarse aguas abajo cuando el río atraviesa la zona urbana debido a la descarga de los efluentes tratados y no tratados, así como otras fuentes difusas de contaminación de la ciudad Bere&Tundisi, (2011). Relacionando esto a nuestro estudio, cuando el río pasa por la parroquia Vuelta Larga es cuando presenta un mayor deterioro de la calidad del agua reflejado en una disminución de la riqueza de géneros y un aumento en la conductividad y turbidez del río.

Hay que tener en cuenta que el río Teaone tiene una variabilidad en su caudal, especialmente en la época de lluvia que es donde se realizaron los muestreos. Además, para determinar la calidad del agua sería necesario un monitoreo constante del río, y tomar en cuenta tanto la época lluviosa como la seca.Aun cuando existen vertidos en todo el cauce, también hay que contar con la capacidad de autodepuración natural que tiene el río. Con las 7 estaciones que se estudiaron en este proyecto es apenas suficiente para caracterizar la distribución de los taxones más comunes, y claramente no es suficiente para determinar las propiedades ecológicas de las diatomeas relativamente más sensibles. En este estudio hay ciertos limitantes debido a que no se pudo llegar hasta nivel de especies en la identificación de las muestras.

El mayor problema para usar un grupo de algas en monitoreos ambientales es la identificación morfológica de especies. La taxonomía de estas familias requiere gran una experiencia y equipos específicos.La diferenciación de especieses muy sutil debido a las similitudes que se encuentran entre sí, Heinrich *et al*., (2014). Con los resultados preliminares obtenidos en este estudio se han podido observar unas tendencias en cuanto a la distribución de los géneros presentes, por lo que se sugiere una investigación de mayores dimensiones para poder caracterizar con mayor precisión la calidad del agua de este río. La caracterización a nivel de especiessupondría un indicador más adecuado para señalar la calidad del río Teaone.

En base a los resultados obtenidos podemos concluir que las comunidades en las zonas rurales afectan mínimamente a la calidad del ríoTeaone, pero en la zona urbana el deterioro es mayor.Esta afectación estaría reflejada en la disminución de la riqueza de los géneros y el aumento de la abundancia relativa de ciertos géneros frente a otros.

Para contribuir a la métrica y a los índices que usan las diatomeas bentónicas como bioindicadores es necesario entender el medio ambiente y la ecología de las especies Potapova& Charles, (2007). El limitante de este estudio sería que sólo es el estudio de un momento en el sistema lótico y es necesario, para aplicar índices o tener resultados más determinantes de la calidad de agua, realizar varios muestreos en diferentes estaciones y condiciones ambientales.

Con este proyecto de investigación la información que se obtuvo permitió obtener una caracterización inicial del recurso hidrológico con respecto a las actividades realizadas en las zonas de influencia, las características físicas y químicas del agua y la microbiota presente en los hábitats acuáticos. Además, supone un aporte para futuros proyectos de investigación dentro del área de estudio.

5. CONCLUSIONES

- En la campaña de muestreo se encontraron un total de 19 familias y 25 géneros de diatomeas bentónicas. Las especies indicadoras de contaminación serían *Coconeis, Ephitemia* y *Lemnicola*y las tolerantes a la contaminación*Navicula, Synedra, Cymbella* y *Encyonema*. Las variables ambientales que determinaron de manera significativa la comunidad de diatomeas bentónicas fueron la conductividad y la turbidez.

- Las poblaciones que se encuentran en la zona rural prácticamente no afectan la calidad del río Teaone, esto podría ser debido al uso de letrinas y pozos sépticos que evitan que las descargas vayan al río. Así mismo, otro factor podría serque las poblaciones son pequeñas en comparación a la capacidad de autodepuración del río.En la zona urbana, sin embargo, el deterioro del río es mayor debido a una mayor densidad poblacional y una mayor carga de contaminante. Desde el Punto Control P1 hasta el Punto P4, la calidad del agua es buena, y en los puntos P5 y P7 la calidad del agua es relativamente mala.

- Las actividades antrópicas que afectan directamente a la calidad del agua son la agricultura y la ganadería en la zona rural, y en la zona urbana el vertido de contaminantes al río que provienen de una alta densidad poblacional en la zona urbana.

6. RECOMENDACIONES.

- Es necesario que a nivel provincial se realice y ejecute un Plan de Manejo de Recursos Hídricos para mantener la calidad de las cuencas hidrográficas y permitan establecer leyes a cumplir respecto al manejo de los recursos.

- Para la parroquia Vuelta Larga es necesario una red de interceptores que recojan las aguas servidas y eviten que estas se descarguen directamente al río, así alargo plazoestas podrán ser tratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales.

- En la parroquia Tabiazo es necesario una red de alcantarillado que abastezca de agua potable la zona y que permita a un futuro un tratamiento local de las aguas servidas. En la parroquia Carlos Concha se debería establecer un plan de manejo para zonas de recarga que permitan conservar la calidad de las aguas y los procesos naturales que se dan en el ríoTeaone.Algunas alternativas para el tratamiento de aguas en las parroquias son tanques IMHOFF, sistema de filtros, biopelículas entre otros.

- Es necesario profundizar el estudio de fitoplancton y sus posibles usos como bioindicadores de la calidad de agua, y empezar monitoreos constantes que aporten con una base de datos de los cambios que existen en el sistema fluvial, su calidad y sus especies.

7. BIBLIOGRAFIA.

- AENOR (2005). Norma española UNE-EN 13946:2004 Calidad del agua. Guía para la identificación, recuento e interpretación de muestras de diatomeas bentónicas de ríos. 16 págs.
- AFNOR NF T 90-350. (1992). Índice Biológico Global Normalizado (IBGN).
- AFNOR NF T 90-354. (2000). Índice biológico de Diatomeas (IBD).
- Alarcón-Rojas & Peláez-Peláez, 2012, Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): Determinación mediante uso de diatomeas, 2012, REBIOL 2014; 34(2): 29-37, Julio – Diciembre
- Allan, J. D. &M.M. Castillo. (2007). StreamEcology, structure and functionofrunningwaters. SecondEdition. Springer. TheNetherlands.
- Amal, M. Eassa, 2011, The use ofdiatomindicesfortheassessmentof Shatt AL-Arabriverwaterquality, *Journal ofBasrahResearches((Sciences)) Volume 38. Number 1. A*
- Bellinger, Edward G.& David C. Sigee, (2015), Freshwateralgae : identification, enumerationand use as bioindicators, SecondEdition
- Bere T &Mangadze T, (2014) Diatomcommunities in streamdrainingurbanareas: communitystructure in relation toenvironmental variables, *Tropical Ecology*55(2): 271-281, International Societyfor Tropical Ecology
- Bere T &Tundisi JG, (2011), Influenceofionicstrengthandconductivityonbenthicdiatomcommunities in a tropical river (Monjolinho), São Carlos-SP, Brazil, *HYDROBIOLOGIA*661:261–276
- Bere T &TundisiJ.G, 2010 Epipsammicdiatoms in streamsinfluenced by urbanpollution, São Carlos, SP, Brazil, *Brazilian Journal ofBiology*vol.70 no.4 São Carlos.
- Blanco S, Bécares E, Hernández N&Ector L, (2007), Evaluación de la calidad del agua en los ríos de la cuenca del Duero mediante índices diatomólogicos.

- Brent J. Bellinger, Christine Cocquyt& Catherine M. O'Reilly, (2006), Benthicdiatoms as indicatorsofeutrophication in tropical streams*Hydrobiologia 573:75–87*UnitedStatesOf America By Cambridge UniversityPress, New York
- Calizaya J, (2007), Diatomeas de la cuenca del río locumba como posibles bioindicadores de la calidad de agua, Informe Técnico.
- Chapman & Hall (1996). Identification of freshwater diatoms from live material, London UK
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Esmeraldas Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Esmeraldas 2012-2022
- Gómez N, Charles J, Giorgi A, Guasch H, Mateo P & Sergi Sabater, La biota de los ríos: los microorganismos autótrofos,Ecología Fluvial, Primera Edición, Pág. 219-240, Fundación BBVA, País Vasco.- España.
- Heinrich C.G, Louzada V, Schuch M, (2014) Epilithicdiatoms in headwater rareasofthehydrographicalsubbasinofthe Andreas Stream, RS, Brazil, andtheirrelationwitheutrophicationprocesses, *ActaLimnologicaBrasiliensia,*, vol. 26, no. 4, p. 347-355
- Lavoie I, Somers KM, Paterson AM, Dillon PJ. (2005)Assessingscalesofvariability in benthicdiatomcommunitystructure. J ApplPhycol. ;17(6):509-513.
- Layana E (2013), Estudio de la calidad del agua del río Babahoyo y sus afluentes: índice saprobio, Tesis de Grado para la obtención del Título de Magíster en Ciencias:Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente Universidad De Guayaquil.
- Licursi M &Gómez N, (2003), Aplicación de índices bióticos en la Evaluación de la calidad del agua En sistemas lóticos de la llanura Pampeana argentina a partir del Empleo de diatomeas, *Biología Acuática, Nº 21*
- LópezF.O y Siqueiros Beltrones D.A, (2011). Diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de baja California Sur, México , *CONABIO, 99:8-11*
- Martínez Sanz C, (2012). Los macroinvertebrados bentónicos, una buena herramienta para el gestor ambiental. Revista de Gestión Ambiental Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Esmeraldas.

- Martínez, L. & J. Donato. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical. Caldasia 25(2): 337-354.
- Martínez-Sanz, C, Jiménez-Prado P, RebolledoE.R & Puente-GarcíaS.M., (2013). Caracterización de la estructura y composición de las comunidades piscícolas y de macroinvertebrados de los ecosistemas acuáticos fluviales de la Provincia de Esmeraldas (Ecuador) y su relación con los impactos antrópicos presentes. Anuario de Investigación y desarrollo. ISSN 1390-7212.
- Martínez-Sanz, C., (2013). ¿Cuántas especies hay? Estimación de la riqueza biológica de macroinvertebrados fluviales de Esmeraldas (Ecuador). Revista de la Escuela de Gestión Ambiental, 8:3-8
- Directiva del Marco del Agua, (2005), Metodología para el establecimiento del estado ecológico en la Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio del Medio Ambiente- España.
- Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva del marco del agua, Protocolo de muestreo y análisis para fitobentos,(2005), Ministerio del Medio Ambiente- España.
- Montoya-Moreno Y; Sala S; Vouilloud A; Aguirre N, Plata-Díaz Y, (2013), Lista de las diatomeas de ambientes continentales de Colombia Biota Colombiana, vol. 14, núm. 2, julio-diciembre, pp. 13-78 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" Bogotá, Colombia.
- Oscoz J, Gomá J, Ector L, Cambra J, Pardos M, Durán C, (2007), Estudio comparativo del estado ecológico de los ríos de la cuenca del Ebro mediante macroinvertebrados y diatomeas, *Limnetica, 26 (1): 143-158*
- Penalta M & López C, (2007), Diatomeas y calidad del agua de los ríos del Macizo Central Gallego (Ourense, N.O. España) mediante la aplicación de índices diatomológicos, *Limnetica, 26 (2): 351-358*
- Peterson, C.G. (1996). Response ofbenthicalgalcommunitiesto natural physicaldisturbance. In Algalecology. Freshwaterbenthicecosystems. Edits. R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, R. L. Lowe. AcademicPress. p. 375-402.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincia de Esmeraldas, 2012

- Potapova M& Charles Donald F, (2007), Diatommetricsformonitoringeutrophication in riversoftheUnitedStates, EcologicalIndicators
- Prado Erika, (2015), Estadode la calidad del agua del río Teaone (cuenca baja) entre la termoeléctrica y la desembocadura del río esmeraldas, sector de la propicia 1. PUCESE, Esmeraldas- Ecuador
- Ramírez A, Plata-Díaz Y, (2008) diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (páramo de Santurbán, norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales, *acta biol.Colomb., vol. 13 no. 1*, 199 - 216
- Rivas Flores, A.W., Gómez Orellana, R. E. &A.J. Monterrosa Urías. (2010). Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de El Salvador. *En*: Sermeño Chicas, J.M. & M. Springer (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) San Salvador, El Salvador. 48 pág. Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 48 pág.
- Sabater S, Donato J, Giorgi A &Elosegi A, (2009), EL río como ecosistema, Ecología Fluvial, Primera Edición, pág. 21-37 Fundación BBVA, País Vasco.- España
- Sánchez Iván. 2014, Composición de la Comunidad de Macroinvertebrados a lo largo de una Gradiente Longitudinal, Cabecera – Tramo Medio, en el Río Atacames (Esmeraldas, Ecuador).PUCESE, Esmeraldas- Ecuador
- Segura-García V, Cantoral-UrizaE.A, Israde, Isabel, &Maidana, Nora. (2012). Epilithicdiatoms (Bacillariophyceae) as indicatorsofwaterquality in theUpper Lerma River, Mexico. *Hidrobiológica*, *22*(1), 16-27
- Tapia M, (2010) Variabilidad Estacional Del Fitoplancton Y Su Relación Con Los Parámetros Ambientales En Esmeraldas Durante 2004 – 2005, Universidad De Guayaquil -Facultad De Ciencias Naturales Maestría En Ciencias Manejo Sustentable De Recursos Bioacuáticos Y Medio Ambiente.
- Toro Julia, Schuster Juan P, Kurosawa Jun, Araya Elizabeth, Contreras Manuel, (2003), Diagnostico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macroinvertebradosBentónicos como bioindicadores Rio Maipo (Santiago: Chile),

Sociedad Chilena De Ingeniería Hidráulica XVI Congreso Chileno De Ingeniería Hidráulica.

- Zapata, A.M& J.C. Donato. (2005). Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de alta montaña (río Tota - Colombia). *Limnetica 24: 327-338.*

8. ANEXOS

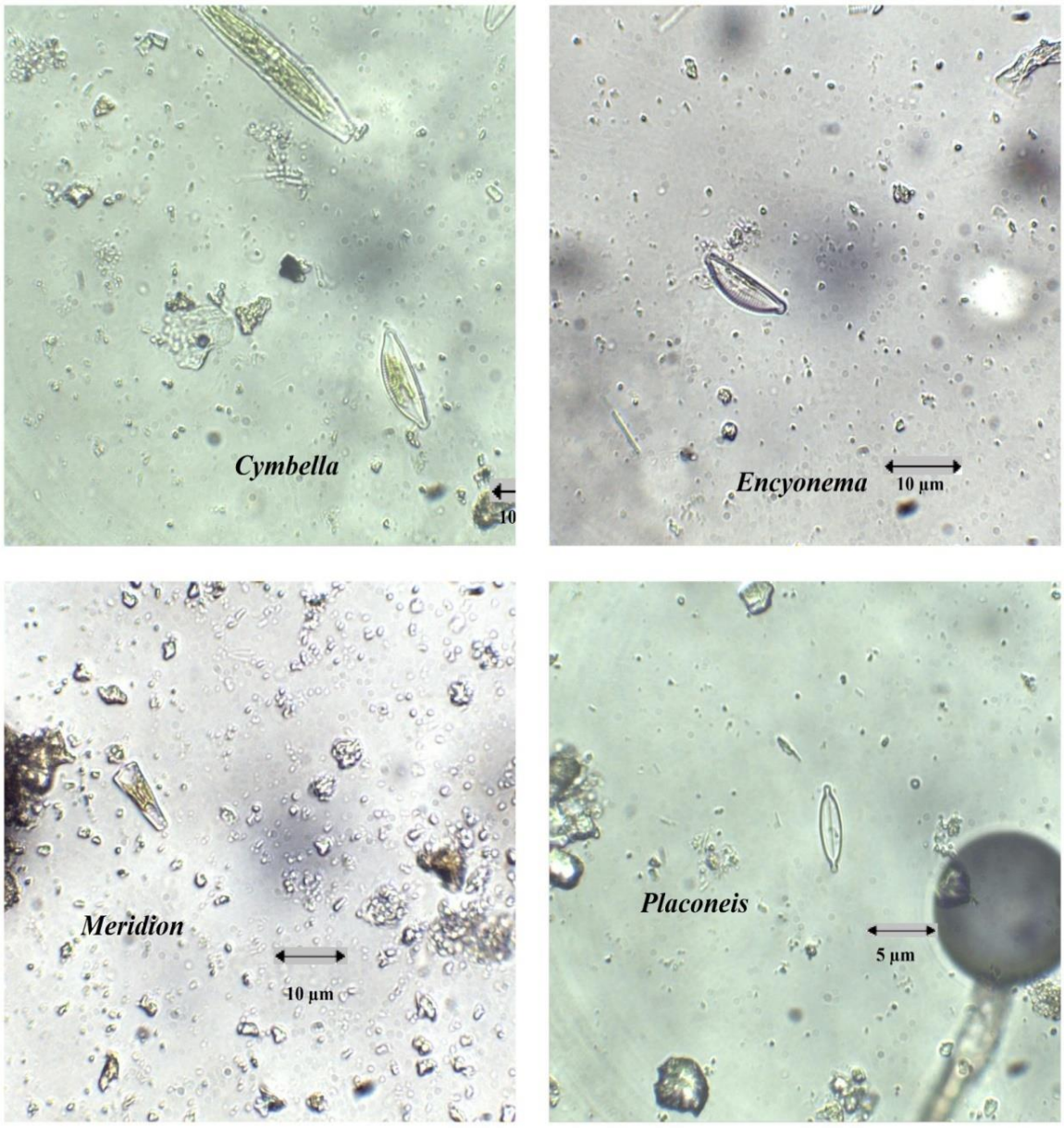


Figura1 Géneros encontrados

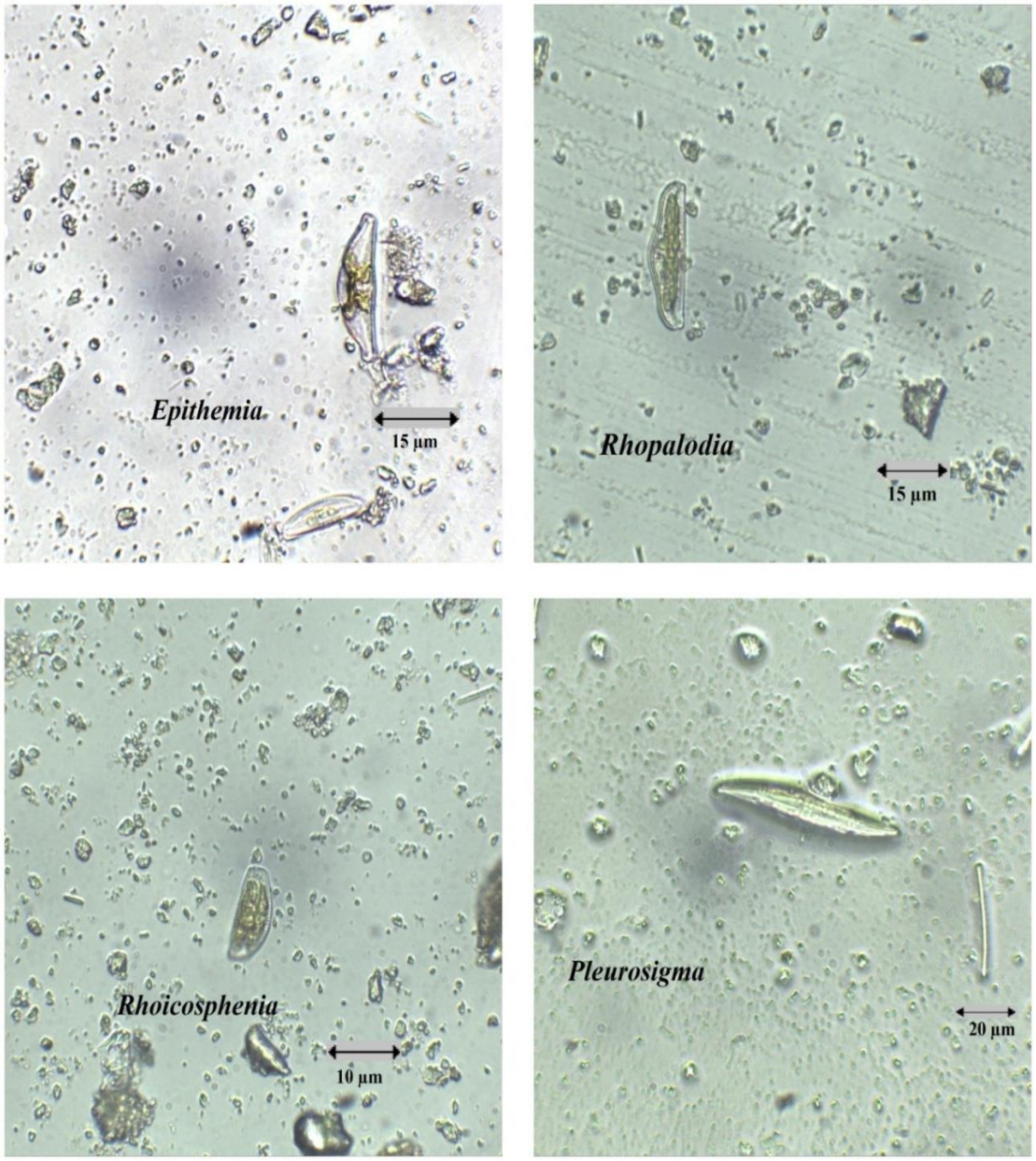


Figura 2 Géneros encontrados



Figura 3.- Estaciones de muestreo



Figura4 Toma de muestras en el cauce



Figura5 Raspado de las superficies de las rocas



Figura 6 Aplicación de lugol a las muestras



Figura 7.- Identificación de géneros.

Tabla 1 - Taxonomía géneros encontrados en las estaciones

Clase	Orden	Familia	Genero
Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia*Ehrenberg, 1837
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Amphipleura*Kützing1844
		Pinnulariaceae	*Pinnularia*Ehrenberg1843
		Pleurosigmataceae	*Pleurosigma* W. Smith 1852
		Naviculaceae	*Gyrosigma*Hassall, 1845
			*Caloneis*Cleve1894
			*Navicula*Bory1822
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzschia*Hassall1845
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Amphora*(Ehrenberg) Kützing1844
	Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis*Ehrenberg1836
		Achnanthidiaceae	*Lemnicola* Round And Basson1997
	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	*Gomphosphenia*Lange-Bertalot1995
		Gomphonemataceae	*Gomphonema*Ehrenberg1832
			*Placoneis*C.Mereschkowsky, 1903
		Cymbellaceae	*Cymbella*Agardh1830
			*Encyonema*Kützing1833
	Rhopalodiaceae	Rhopalodiaceae	*Epithemia*Kützing1844
			Rhopalodia O. Müller 1895
Fragilariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	*Synedra*Ehrenberg 1830
	Tabellariales	Tabellariaceae	*Diatoma*Bory1824
			*Meridion*Agardh1824
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria*Lyngbye1819
Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira*Agardh1824
	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	*Aulacoseira*Thwaites, 1848
Mediophyceae	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella* (Kützing) Brébisson, 1838