



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Maestría Titulado:

“CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS
EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN
LA PROVINCIA DE NAPO, ECUADOR”

Realizado por:

MAURO JAVIER SAZALAR LECARO

Director del proyecto:

PhD Pablo Castillejo.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 02 de febrero del 2018

DECLARATORIA JURAMENTADA

Yo, Mauro Javier Salazar Lecaro, con cédula de identidad #170678092-9, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí investigado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Mauro Javier Salazar Lecaro

PROPONENTE

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS
EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE
EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO”**

Realizado por:

JAVIER SALAZAR LECARO (Lic. en Biología)

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Ha sido dirigido por el profesor

PABLO CASTILLEJO (PhD.)

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

PhD. Pablo Castillejo

DIRECTOR

LOSPROFESORES INFORMANTES

SUSANA CHAMORRO

JUAN CARLOS NAVARRO

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa oral
ante el tribunal examinador

Susana Chamorro

Juan Carlos Navarro

Quito, 2 de febrero de 2018

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los que ayudaron, colaboraron, esperaron, y financiaron.

Las diatomeas tienen capacidades que nunca pude haber imaginado.....; pero eso será para otra investigación.

“¿Hasta cuándo, oh simples, amareis la simpleza, y los burladores desearán burlar, y los insensatos aborrecerán la ciencia?” Salomón; Proverbio 1:22. (Biblia, versión reina Valera, 1998)

Gracias al YoSoy; esta providencia aquí acaba.

Dedicado a Mauro Luís Salazar Caldas

Atentamente,

jsl

ÍNDICE

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK	
.....	1
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES	1
DECLARATORIA JURAMENTADA	2
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK	i
CAPITULO I	6
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
1.2. ANTECEDENTES	8
1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	9
1.4. HIPÓTESIS	10
1.5. OBJETIVOS	10
1.5.1. Objetivo General	10
1.6. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO	11
CAPITULO II	14
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1. EUTROFIZACIÓN	14
2.2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA	15
2.3. ÍNDICES BIÓTICOS	15
CAPITULO III	17
3. METODOLOGÍA	17
3.1. GENERALIDADES DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA	17
3.2. ABUNDANCIA DE ESPECIES	18
3.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA	20
CAPITULO IV	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO**

4.1. RESULTADOS GENERALES DE LOS MUESTREOS.	21
4.2. ABUNDANCIA DE ESPECIES EN SITIOS DE MUESTREO.	24
4.3. VARIABLES FISICOQUÍMICAS (FQ) Y BIOLÓGICAS.	25
4.4. VALOR TRÓFICO DE ESPECIES ABUNDANTES	27
CAPÍTULO V	30
5.1. ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS	30
5.2. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA (CCA)	31
5.3. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES	33
5.3.1. Diatomeas encontradas en el sitio PQ1	33
5.3.2. Diatomeas encontradas en el sitio PQ2	38
CAPÍTULO VI	43
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
6.1. CONCLUSIONES	43
6.2. RECOMENDACIONES	44
CAPÍTULO VII	45
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura #1. Nacimiento del río Quijos, Provincia Napo, Ecuador.	12
Figura #2. Acercamiento sitios de muestreo PQ1 y PQ2.....	13
Figura #3. Análisis de conglomerado.....	30
Figura #4. Análisis de correspondencia canónica (CCA).	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre el ITCA y la calidad del agua	16
Tabla 2, Taxa recolectada e identificada del río Quijos. en el Punto PQ1.....	22
Tabla 3. Taxa recolectada e identificada del río Quijos. en el Punto PQ2.....	23
Tabla 4.. Taxa abundantes en sitio PQ1 según la media total.....	24
Tabla 5. Taxa abundantes en sitio PQ2 según media total (siguiente página).....	¡Error!

Marcador no definido.

Tabla 6. Valores ICA-UNISC	26
Tabla 7. Datos fisicoquímicos ex situ	26
Tabla 8. Datos fisicoquímicos tomados in situ.	27
Tabla 9. Valor ITCA para sitio PQ1.	28
Tabla 10. Valor ITCA para el sitio PQ2.....	29
Tabla 11. Taxa identificada en PQ1	37
Tabla 12 Taxa identificada en PQ2	42

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue el de caracterizar la composición especies de diatomeas epilíticas (Bacillariophyta) asociadas al grado de eutrofización del sistema lótico denominado río Quijos, el cual recorre la parte oriental de la Cordillera de los Andes, en la provincia de Napo, Ecuador. Para determinar el nivel de eutrofización, en dos sitios estratégicos del río Quijos, se usaron métodos bióticos y abióticos para establecer finalmente el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) y el ICA-UNISC. La toma de muestras comenzó el 1 de abril y hasta el 13 de julio del 2017. Se recogieron un total de 16 muestras biológicas y 12 muestras abióticas. Los datos se analizaron utilizando ICA-UNISC, análisis de clúster basado en el método de Ward y análisis de correspondencia canónica (CCA). Los resultados muestran diferencias y similitudes entre ambos sitios del río Quijos; signos de eutrofización aparecen con la evaluación ICA-UNISC; sin embargo, los resultados del análisis de conglomerado no mostraron una clara relación entre los niveles de eutrofización y la composición de especies abundantes de diatomeas en cada sitio; el CCA no mostró una relación significativa entre la ordenación de las muestras con las variables abióticas, y el ITCA clasificó ambos sitios como α -mesotróficos. Los resultados pueden variar una vez que las identificaciones de los taxa sean revisadas por taxónomos expertos de la Universidad de Santa Cruz (Brasil) do Sul. Algo adicional de mencionar es que en abril las pocas diatomeas presentes eran de tamaño reducido, impidiendo su identificación usando un microscopio compuesto, mientras que, para julio las diatomeas crecieron en números y, el tamaño de las presentes ya permitía distinguir características taxonómicas básicas en la mayoría de diatomeas.

Palabras clave: Diatomeas epilíticas, bioindicadores de calidad del agua, Índice trófico de Calidad del Agua (ITCA), sistemas lóticos ecuatorianos.

ABSTRACT:

The aim of this research was to identify epilithic diatom species (Bacillariophyta) associated with eutrophication of the lotic system known as Quijos river, located in the east foothills of the Andes mountain range, in the province of Napo, Ecuador. To evaluate the levels of eutrophication in two strategic sites of the Quijos river, a combination of biotic and abiotic data gathering and analyzing were done to establish the Trophic Water Quality Index (TWQI) and the IQA-UNISC. Sampling began on April the 1st until July 13th of 2017. A total of 16 biological samples and 12 abiotic samples were collected. Data was analyzed using IQA-UNISC, cluster analysis based on Ward method and canonical correspondence analysis (CCA). All test results show differences between both sites of the Quijos river; eutrophication signs appear with the IQA-UNISC evaluation, but cluster analysis results did not show a clear relation between levels of eutrophication and biological composition of abundant diatom species at each site; CCA did not show a significant correlation with the sample ordination and the variables; and TWQI graded both sites as α -mesotrophic. Results may change once taxa identification results are confirmed by qualified taxonomists at the Santa Cruz University (Brazil) do Sul. Something worth mentioning, in April the few diatom species observed were too small to identify with a compound microscope, hence by July, diatoms had grown in numbers, and their size allowed differentiation of basic taxonomic characteristics.

Key Words: Epilithic diatoms, water biomonitoring, Trophic Water Quality Index (TWQI), Ecuadorian lotic systems.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la contaminación del agua es un problema que afecta a los tres ejes principales sobre los cuales se basa la construcción de un Modelo de Desarrollo Sostenible: lo económico, lo social, y lo medioambiental; según Bashar et al. (Bashar Bhuiyan et al., 2013), la contaminación del agua engloba “..... cambios en los ecosistemas, en los medios de vida sostenibles, en la ocupación del suelo, en la sensibilidad del medio ambiente, en la biodiversidad, en la geo-diversidad, en lo social y en lo económico...”.

La Comisión para América Latina y el Caribe, (CEPAL, 2011) señala que la calidad de las aguas superficiales es alterada principalmente por: “1) el vertimiento de aguas residuales, 2) la disposición final de residuos sólidos, y 3) los agroquímicos y los nutrientes que por escorrentía se desplazan hacia los cuerpos de agua.”, siendo todos éstos impactos ambientales resultado de actividades humanas diarias que han afectado negativa y “... significativamente a los ciclos hidrológicos, biogeoquímicos, y a la biodiversidad causando impactos económicos y sociales.” (Bere & Tundisi, 2010)

A nivel local, Ecuador tiene patrones similares de uso y demanda de agua que los antes mencionados (CEPAL, 2011; NGWA, 2012).

Entre los principales impactos ambientales indirectos, originados por la contaminación del agua, está la eutrofización cultural (origen antrópico), causado principalmente por los impactos ambientales arriba mencionados (Lobo et al., 2015:2).

Más adelante se ahondará en los problemas que acarrea este impacto, pero, en resumen, la eutrofización es un enriquecimiento desmedido de nutrientes, sea en el agua o en el suelo, que conlleva a la proliferación masiva de ciertos taxa sobre otros; produciendo cambios drásticos en la estructura ecológica, original del sitio donde se dé.

Es importante mencionar que la eutrofización también se puede dar de forma natural.

Para esta investigación, al igual que en el estudio de Lobo et al. (Lobo et al., 2015:3), el término “eutrofización” se utiliza solamente en relación con los problemas de contaminación orgánica, y eutrofización del agua causados por impactos ambientales humanos.

Por lo antes mencionado, es necesario evaluar y monitorear periódicamente la calidad del agua usando, concomitantemente, indicadores fisicoquímicos y/o biológicos (bio-indicadores).

El presente trabajo, usa una combinación de ambos tipos de indicadores para, en conjunto, evaluar el estado del agua de un tramo del río Quijos (Napó, Ecuador). Para esto, se usaron nueve indicadores fisicoquímicos, y un de bio-indicador para así determinar el grado de eutrofización del río Quijos.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las diatomeas epilíticas son algas fotosintéticas microscópicas que crecen sobre rocas en sistemas acuáticos; son bioindicadores eficientes para evaluar y monitorear la calidad del agua, ya que, responden rápidamente a los cambios ambientales y, en especial a la contaminación orgánica y a la eutrofización (Heinrich, Leal, Düpont, & Lobo, 2014; E. A. Lobo et al., 2015; E. Lobo, Wetzel, Schuch, & Ector, 2014; Necchi, 2016; Samanez, Rimarachin, Palma, & Ortega, 2014).

Dependiendo de la tolerancia al grado de eutrofización de un río, se determina los Valores Tróficos (vt) de las diatomeas presentes en cada sitio de muestreo; un vt iguala 1 nos dice que ese taxón es poco tolerante a la eutrofización; mientras que un vt de 4 demuestra alta tolerancia a la eutrofización (E. A. Lobo et al., 2015).

Para establecer las especies abundantes, se seguirá la metodología usada por Lobo et al. (Lobo et al., 2015:4) por la cual "...se seleccionan las especies importantes (especies abundantes) siguiendo el criterio de Lobo y Leighton (1986), donde las especies abundantes son aquellas cuyo número de individuos supera el valor promedio (media) del número total de individuos en una muestra."

Con la información recopilada y analizada se estableció un Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) preliminar, por sitio; preliminar porque la identificación de los taxa encontrados debe ser corroborada por taxónomos expertos de la Universidad de Santa Cruz (Brasil) do Sul.

Una vez procesadas las muestras abióticas, los resultados fueron evaluados aplicando: el ICA-UNISC (Posselt, E.;Costa, A.Lobo, 2015); el análisis de conglomerados basado en Ward

(abundancia); y el análisis de correspondencia canónica (CCA), para así finalmente obtener el ITCA de los dos sitios de muestreo del Quijos.

1.2. ANTECEDENTES

Esta investigación forma parte de un emprendimiento mayor denominado “Eutrofización de sistemas lóticos y lénticos de los Andes y Amazonía ecuatoriana e implicaciones en la cadena trófica dulceacuícola”, actualmente en desarrollado en la Universidad Internacional SEK (UISEK); el mencionado emprendimiento, requiere de una gran cantidad de información e índices que, al ser evaluados en conjunto, permitirán establecer un Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA), para Ecuador, con mayor precisión (E. A. Lobo et al., 2015).

Según Prygiel & Coste (2000), las diatomeas ofrecen información de alta fiabilidad sobre la contaminación orgánica de los ríos y, además que el desarrollo y la aplicación de un índice biótico, basado en poblaciones de diatomea, conlleva costos bajos.

En Ecuador, poco a poco se está construyendo un índice biótico de diatomeas para los sistemas acuáticos, por ello, la necesidad de la presente investigación (así como de otras en proceso) que colaborará con la identificación de las especies abundantes de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización en el sistema lótico río Quijos, el cual nace desde el volcán Antisana y recorre aproximadamente 450 km por la estribación oriental de la cordillera de los Andes ecuatorianos.

La información obtenida en el presente proyecto (así como de otras tesis) se usará para establecer un Índice Trófico de Calidad de Agua del Ecuador basado en diatomeas epilíticas y demás bioindicadores, como cianobacterias y peces.

Según Rumrich et al., (Rumrich, Lange-Bertalot, & Rumrich, 2000) dado que en Ecuador los estudios taxonómicos de diatomeas son escasos (Burneo & Gunkel, 2003; Michelutti et al., 2016), es necesario iniciar con una propia identificación de diatomeas presentes en los hábitats escogidos; por lo que, cabe destacar el liderazgo que ha mostrado la Universidad Internacional SEK al promocionar y realizar este tipo de investigaciones.

Como grupo, morfológicamente las diatomeas son relativamente sencillas de reconocer hasta nivel de género, debido a su estructura celular única, que consiste de una pared celular de sílice, y a su ciclo de vida singular (Mann, 2010). Para el ojo inexperto, llegar a nivel de género

podría no ser tan complicado, ya que, las diatomeas poseen formas geométricas regulares que se mantienen sin importar las condiciones ambientales; eso se debe a su pared celular que contiene una gran proporción de sílice hidratado $[(\text{SiO}_2)_m \cdot n\text{H}_2\text{O}]$ y no-cristalina (Mann, 2010).

A nivel de especie, la taxonomía basada únicamente en la morfología de las diatomeas es compleja y, se ha demostrado inconsistencias en la identificación de algunos taxa (Kermarrec et al., 2013; Kim, Park, Bhattacharya, & Yoon, 2014; E. A. Lobo et al., 2015; Mann, 2010; Medlin, 2016).

Y según el mismo Mann (2010).

“Ahora y en el pasado, el descubrimiento de especies de diatomea comienza y, a menudo termina, con la búsqueda de variaciones morfológicas en el patrón normal de las mismas que permitan definir entidades y nombrarlas. Para que este proceso sea efectivo, se necesita tener una comprensión de los mecanismos que generan las variaciones, por lo que, se cometieron muchos errores a principios del s.19, debido al pobre conocimiento del ciclo de vida de las diatomeas y su plasticidad fenotípica; algunas características, taxonómicamente importantes, del ciclo de vida no fueron debidamente documentadas hasta 1932. La aceptación de la visión Darwiniana, de que las especies son taxones arbitrariamente establecidos a lo largo de un continuo de divergencia, también fue acompañado, a finales del s.19 e inicios del s.20, por la descripción de muchas variedades y formas de diatomeas; los taxa más recientemente descritos, han sido especies. El enfoque neo-darwiniano del aislamiento reproductivo como un factor importante en la especiación, durante la década de los 1940, no llegó a ser influyente en la taxonomía de diatomea hasta los años setenta. Desde entonces, ha sido una fuente de controversia, donde algunos han visto este enfoque sin lugar alguno en la taxonomía, mientras que otros lo consideran útil en la detección de los límites entre especies, conjuntamente con los enfoques basados en morfología y molecular.”

1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Los resultados de esta investigación (así como los de previas y futuras investigaciones similares realizadas en la UISEK) servirán para “.....posteriormente asociar la composición de las poblaciones de diatomeas al grado de eutrofización, estableciendo de esta manera un parámetro fiable y fácil de monitorear para determinar el índice trófico de calidad de aguas en nuestro país.” (Castillejo & Chamorro, 2016:13; no publicado).

Adicionalmente, se colaborará con especímenes de diatomea para el establecimiento de un herbario de diatomeas epilíticas del Ecuador

Cabe recalcar que Diatomea es considerado como uno de los grupos de organismos más numerosos y ecológicamente significativos en la Tierra (Mann, 2010). Son responsables de la fijación fotosintética de carbono global en un 20%, superando a la fijación realizada por todos los bosques tropicales (Mann, 2010); “el destino del carbono que fijan las diatomeas hoy en día es un tema crucial en la investigación sobre el cambio climático.” (Mann, 2010).

Además, el considerar que las diatomeas nos dan cada quinto respiro que tomamos, por el oxígeno que liberan durante la fotosíntesis, también les da una importancia única (Mann, 2010). La importancia en identificarlas es un paso importante para desarrollar futuras herramientas o índices bióticos que nos brinden información sobre los cambios en la calidad de las aguas y su efecto sobre la cadena trófica.

1.4. HIPÓTESIS

El sitio PQ1 debería tener un Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) menor al calculado para el sitio PQ2, ya que, no hay poblaciones, cultivos y/o asentamientos desde que nace el río Quijos hasta el sitio PQ1, mientras que, el sitio PQ2 se encuentra después de que el río Papallacta se le une al río Quijos y, que es donde el Papallacta pasa a tomar el nombre del Quijos.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

- Identificar especies abundantes de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río Quijos, provincia Napo.

Objetivos específicos

- Determinar y analizar indicadores fisicoquímicos relacionados con los niveles de eutrofización del río Quijos, para así, obtener el índice ICA-UNISC en cada punto de muestreo.
- Identificar especies abundantes de diatomeas epilíticas presentes en el río Quijos.
- Establecer el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) de los sitios de muestreo del río Quijos.

- Colaborar con el herbario de diatomeas epilíticas de la UISEK.

1.6. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO.

El río Quijos “Ecológicamente está dentro de la categoría Bosque muy húmedo Montano, con precipitaciones que oscilan entre los 1000 y los 1500 mm en las partes altas” (La, Alta, & Río, 2016).

El río Quijos nace de los deshielos glaciares del volcán Antisana; desde que nace, recorre aproximadamente 450km resguardado por inmensos conjuntos de escarpadas montañas, dificultando ver dónde comienza una o dónde termina otra; las estribaciones orientales de los Andes ecuatorianos (Figura #1 y #2) son terrenos muy agrestes, lo cual complica de sobremanera la logística para desarrollar investigaciones en estas zonas.

Durante esos 450km (Figura #1, línea roja) de recorrido, se supone el Quijos está prácticamente libre de contaminación antrópica alguna, hasta que: 1) a unos 100m antes de unírsele el río Papallacta se hay una hacienda privada (en la parte alta), pero no se pudo comprobar que desechos arrojan al Quijos; y, 2) hasta, que se le une el río Papallacta, el cual, ya ha pasado por varios poblados, cultivos, una estación de distribución y almacenamiento de petróleo, etc. Desde la unión al Quijos, el río Papallacta asume el nombre del río Quijos.

Por lo arriba mencionado, es que, resulta interesante ver el tipo de efecto que podría tener el río Papallacta al unirse al Quijos.

Dos sitios de muestreo se establecieron (Figura #1), Punto Quijos 1 (PQ1) y Punto Quijos 2 (PQ2); PQ1 aproximadamente a 100m antes de la unión al río Papallacta; PQ2 aproximadamente a 300m después de la unión.

Entre PQ1 y PQ2 hay una distancia de 450m.

CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Figura #1. Nacimiento del río Quijos, Provincia Napo, Ecuador.

Recorrido por cordillera oriental de los Andes en línea roja; puntos azules son los sitios de muestreo PQ1 y PQ2. Elaborado en Google Earth por autor.



CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Figura #2. Acercamiento sitios de muestreo PQ1 y PQ2. Elaborado en Google Earth por autor.



CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EUTROFIZACIÓN

La eutrofización antropogénica de los cuerpos de agua, es un impacto ambiental indirecto que comienza, principalmente, con el aumento en las concentraciones de compuestos que contienen fósforo (detergentes, fertilizantes, etc.), y nitrógeno, (p.ej., fertilizantes basados en nitrato de amonio) (O'Sullivan, 1995).

De estos compuestos algunos sirven de nutrientes para organismos fotosintéticos; en ríos las algas en especial, tienen condiciones propicias para que ciertas especies (J. Stevenson, 2014) eventualmente aumenten su biomasa, lo que, conlleva a la muerte de muchos otros organismos acuáticos locales presentes. De esta forma la composición trófica y abundancia en los ríos cambia, ya sea, a favor de unos o en contra de otros.

Estas algas eventualmente mueren, incrementando notablemente la cantidad de materia orgánica muerta, la cual es degradada por bacterias que requieren de oxígeno para descomponerlas.

Los resultados esencialmente son: 1) disminución en la concentración de oxígeno disuelto, causando la muerte de organismos acuáticos, en especial de peces, y 2) aumento en la turbidez, lo que causa la reducción de penetración de la luz en el agua, reduciendo así el proceso de fotosíntesis de otros organismos vegetales sumergidos (Lobo et al., 2015:2-3).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que según Friberg (2014:516) los efectos de la eutrofización, en la estructura ecológica y funcionamiento de los sistemas lóticos, requieren de una mayor investigación y documentación para aclararlos; menciona además que se necesita de una aproximación que incluya los efectos de otros estresores que pudiesen también afectar la calidad de las aguas.

“Los indicadores utilizados hoy en día ignoran grandes partes de lo que está ocurriendo en el ecosistema y, en la mayoría de los casos, no pueden diagnosticar con precisión la causa de la degradación de los sistemas acuáticos. Es evidente la necesidad de mejorar los sistemas de evaluación actuales a través de modelos innovadores que, por ejemplo, incluyan procesos

ecológicos y puedan vincularse estrechamente a los servicios que proporcionan los ecosistemas lóticos” (Friberg, 2014).

Lobo et al. (Lobo et al., 2015:3), añade que “La contaminación orgánica y la eutrofización del agua son eventos cíclicos altamente correlacionados. Debido a su complejidad y dinámica ecológica, un incremento de cualquiera, conlleva a un empeoramiento de la otra.”, por lo tanto, la eutrofización requiere de la interpretación y de la observación de criterios de evaluación ecológica, los cuales deben ser capaces de detectar la carga de contaminantes, así como, la tolerancia a sus efectos en sistemas acuáticos naturales (E. A. Lobo et al., 2015).

2.2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

Para evaluar la calidad del agua dulce superficial hay dos enfoques básicos: 1) Físicoquímicos y, 2) Biológicos. Los dos enfoques pueden ser complementarios y, juntos “constituyen la base de una evaluación correcta de la calidad del agua” (E. a. Lobo et al., 2004). Sin embargo, por lo general limitantes tecnológicos, técnicos, epistemológicos, y/o financieros hacen que se tenga que optar por uno de los dos enfoques al momento de monitorear los efectos de los impactos ambientales sobre la calidad del agua.

Cada enfoque, por sí solo, usa métodos que tienen sus ventajas y limitaciones científicas para aplicar, recolectar, analizar, concluir, etc., lo ideal es aplicarlos concomitante y permanentemente para, así, inferir y obtener conclusiones más exactas sobre las condiciones y estado de la calidad del agua, las cuales son afectadas por impactos ambientales a largo del tiempo (E. a. Lobo et al., 2004).

2.3. ÍNDICES BIÓTICOS

Según Stevenson et al. (R. J. Stevenson, Pan, & Dam, 2010) existen dos métodos básicos para evaluar la condición de un río usando diatomeas como bioindicadores.

El *primer método*, mide los estresores específicos ambientales (coliformes fecales, pH, requerimientos nutricionales, contaminación orgánica, etc.) y, sus efectos sobre la abundancia en las poblaciones de diatomeas en dos sitios de muestreo (R. J. Stevenson et al., 2006).

El *segundo método* se basa en un enfoque mucho más integral, donde, se trate de entender a profundidad la relación de los ecosistemas acuáticos con el ecosistema que lo rodea (Ward et al., 2002).

“Los índices biológicos consideran la sensibilidad o tolerancia de las diferentes especies o taxa hacia la contaminación. En resumen, se asigna un valor a cada especie identificada basándose en su abundancia en el sitio de muestreos, la suma de los valores medidos en una muestra se usan para producir una expresión matemática (índice) de contaminación específica para el sitio investigado; y según el efecto de los estresores sobre la abundancia de ciertas especies de diatomeas se determina la condición de un río” (R. J. Stevenson et al., 2010) según la Tabla 1 (E. A. Lobo et al., 2015).

La presente investigación tiene un enfoque relacionado con el primer método descrito por Stevenson et al. (R. J. Stevenson et al., 2010) y, de forma más específica se seguirá la metodología aplicada en varios estudios realizados por diferentes autores (Friberg, 2014; E. a. Lobo et al., 2004; E. A. Lobo et al., 2015; E. Lobo, Wetzel, Schuch, & Ector, 2014; Ward et al., 2002); se determinará el nivel de eutrofización, en dos sitios claves de muestreo del río Quijos, mediante el desarrollo del “Índice Trófico de Calidad de Agua, ITCA” o TWQI (por sus siglas en inglés) para el río Quijos.

El ITCA fue desarrollado por Lobo et al. (E. A. Lobo et al., 2015).

Tabla #1. Relación entre el ITCA y la calidad del agua

Tabla 1. Relación entre el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) y la calidad del agua.

TWQI	Pollution levels
1.0–1.5	Oligotrophic (negligible pollution)
1.5–2.5	β -mesotrophic (moderate pollution)
2.5–3.5	α -Mesotrophic (strong pollution)
3.5–4.0	Eutrophic (excessive pollution)

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. GENERALIDADES DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA

A continuación, se describe brevemente las metodologías realizadas para recolectar e identificar las especies de diatomeas:

- **Definición de puntos de muestreo:** se escogió dos puntos de muestreo PQ1 y PQ2 en el río Quijos; el sitio PQ1 debería mostrar un ITCA menor al de PQ2.; adicionalmente, es un sistema lótico de interés en la zona Andina; más adelante se explica a detalle las características de los puntos de muestreo.
- **Recolección de muestras:** se obtuvieron muestras bióticas (diatomeas epilíticas) y abióticas siguiendo la metodología de Lobo et al. (E. A. Lobo et al., 2015).
En los puntos de muestreo se utilizó el multiparámetro portátil HQ40d de HACH para determinar la temperatura, pH, conductividad, y oxígeno disuelto.
Se recogió un total de 12 muestras, seis por cada punto, desde abril a julio 2017.
- **Tratamiento de las muestras de diatomeas:** las muestras son limpiadas y montadas permanentemente en portaobjetos siguiendo el “Protocolo oficial del procedimiento para el tratamiento de las diatomeas epilíticas de muestras”, adaptado de Kelly et al. (M. G. Kelly, 2001; E. A. Lobo et al., 2015) y de Kobayasi & Mayama, (1982; no se encontró referencia en PDF).
- **Análisis de parámetros fisicoquímicos (FQ) y microbiológicos de las aguas:** en el laboratorio se determinaron los análisis necesarios para asociar a los FQ con el grado de abundancia de las especies diatomea y, además obtener el Índice de Calidad de Agua (ICA-NSF) de las muestras de agua colectadas (añadiendo temperatura, pH, conductividad, y oxígeno disuelto que fueron recolectados *in situ*).

Parámetros: 1. Turbidez (FTU, determinado con el instrumento HANNA Instruments (MI 93703 “Microprocessor”), 2. Demanda Biológica de Oxígeno $D < BO_5$ (Klein, 2015), 3. Nitratos y Fosfatos se usaron los métodos HACH (Company, 2003; HACH, 2014, 2016, HACH Company, 2003, 2013), 4. Coliformes

fecales (cálculo NPM), y 5. Solidos Disueltos Totales (método de filtrado SDT).

- **Microscopía óptica (MO):** para examinar las placas permanentes se utilizó el microscopio binocular LEICA equipado con una cámara digital, y utilizando el software LAS EZ 3.4.0 disponible en la Facultad de Ciencias Ambientales (UISEK). En resumen, se fotografía y cuenta solamente diatomeas en posición valvar completas (E. Lobo & Leighton, 1986) ; sin embargo, según Dares (Dares, 2004) también se sugiere incluir en el conteo, diatomeas que estén ligeramente dañadas pero solo si se puede ver el área central y un polo.

Sobre la posición pleural, menciona Dares (Dares, 2004) que hay vistas pleurales ya muy reconocidas y características (p.ej. *Rhoicosphenia abbreviata*) por lo que deberían incluirse en el conteo al nivel más bajo que se le pueda asignar con confianza a un taxón.

- **Identificación de muestras:** para la identificación de los individuos, las siguientes referencias taxonómicas fueron usadas: Lobo et al. (Gell, Sonneman, Reidi, Illman, & Sincock, 1999; E. Lobo et al., 2014; Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007; Spaulding, S.A., Lubinski, D.J. and Potapova, 2010).

Adicionalmente, taxónomos de la Universidad de Santa Cruz (Brasil) do Sul apoyarán con la identificación y confirmación de las especies de diatomeas encontradas.

- **Determinación del ICA-UNISC:** recolectadas y procesadas las muestras de agua se usó el programa IQADData2015 (Posselt, E.;Costa, A.Lobo, 2015).
- **Multivariables:** recolectadas y procesadas las muestras bióticas y abióticas se usó el programa PAST (Hammer O., Haper, D.A.T., 2001).

3.2. ABUNDANCIA DE ESPECIES.

Lobo et al. (E. A. Lobo et al., 2015) menciona que, básicamente existen cuatro modelos básicos para medir la relación abundancia-especie: modelo de distribución log-normal, modelo de MacArthur, modelo de serie logarítmica, y modelo de serie geométrica.

Para el presente trabajo se usa el modelo de log-natural, para estandarizar las matrices biológicas y ambientales mediante el uso la transformación matemática $[\ln (x+1)]$; los posteriores análisis fueron procesados usando el software “Past versión 2013” (E. A. Lobo et al., 2015).

Lobo et al. (2014) afirman que una ventaja del modelo log-natural sobre los otros modelos es que relaciona la abundancia por sitios de muestreos, en lugar de abundancia por especies; el segundo método requiere de mucho más tiempo ya que, “... se necesitan muchos individuos que deben ser contados e identificados por cada muestra, y así obtener una relación más completa...” (E. Lobo et al., 2014).

Como se mencionó anteriormente, el índice Trófico de Calidad de Agua, ITCA (E. A. Lobo et al., 2015) se basa en el principio de la abundancia relativa de especies bioindicadoras, en determinado sistema acuático y la relaciona con variables abióticas, para así, inferir el nivel de incidencia que las variables abióticas tienen sobre la abundancia de las especies presentes.

Según el ITCA (E. A. Lobo et al., 2015), mayor abundancia de individuos por especie, en determinado sitio y tiempo, significa una mayor adaptación o resistencia al nivel de eutrofización de ese sistema acuático; una vez conocida las especies abundantes, se prosigue al análisis de los datos mediante multivariables que ayudan a medir o entender o asociar la abundancia de diferentes especies con ciertos parámetros fisicoquímicos y, así estadísticamente poder deducir y, asignar una calificación máxima o mínima de tolerancia a las diatomeas según su diferentes grados de tolerancia a la eutrofización ([Tabla 1.](#))

Para seleccionar a las especies abundantes se siguió el criterio de Lobo y Leighton (E. Lobo & Leighton, 1986) que considera a las especies abundantes como “..... aquellas cuyo número de individuos sobrepasa el valor promedio (media) del total de número de individuos en una muestra.

$$\text{Fórmula 1. Abundancia de especies (AE)} = \frac{\text{número de especies}}{\text{número total de individuos}}$$

Existen una serie de métodos de conteo de diatomeas que no solamente registran la vista valvar, sino que, bajo ciertas condiciones y uso de estadística es posible hacer conteos de otras vistas de diatomeas (frústula, pleural) y, así mejora la precisión de los resultados; cada método tiene sus desventajas y ventajas (Dares, 2004; Karthick, Taylor, Mahesh, & Ramachandra, 2010)

3.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA.

El ITCA se desarrolla analizando y correlacionando los datos de abundancia de individuos de diatomea (u otros bioindicadores, como cianobacterias) con ciertos factores ambientales fisicoquímicos que las rodean y, que se cree juegan un papel importante sobre la abundancia de las diatomeas según su tolerancia o intolerancia a la eutrofización (E. A. Lobo et al., 2015).

Por lo general, para analizar las comunidades en base a la abundancia, se utiliza dos tipos de análisis multivariados: 1) Análisis Conglomerados: basado en el método de Ward (Ward, 1963) para así “... clasificar a los sitios de muestreo en distintos grupos basándose en similitudes cuantitativas de las especies encontradas en cada sitio ...” (E. A. Lobo et al., 2015); y 2) Análisis de correspondencia Canónico, de Ter Braak (1986) : “revela los mayores gradientes de cambios en la composición de las especies.....” .

El CCA, relaciona los gradientes de cambio en las comunidades con el proceso de eutrofización, para así, identificar cuales variables ambientales explican de mejor manera la distribución y/o abundancia de las diatomeas en los sitios de muestreo (E. A. Lobo et al., 2015).

Fórmula #2. Cálculo del Índice Trófico de Calidad de Aguas adaptado de Pantle y Buck 1955 (E. A. Lobo et al., 2015) :

$$ITCA = \frac{\sum (vt \cdot h)}{\sum h}$$

Donde:

vt= valor trófico de especies (hay tablas que ya indican este valor para ciertas especies; de no haber el vt de una especie, se le asigna un valor basándose en los resultados del análisis multivariado (CCA).

h= abundancia relativa de especies.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS GENERALES DE LOS MUESTREOS.

Combinando métodos de evaluación de calidad del agua, como biomonitoreo con métodos fisicoquímicos y biológicos, se evaluó la calidad del agua del río Quijos para determinar los niveles de eutrofización en dos sitios estratégicos del mismo, PQ1 y PQ2 (Figura #1); PQ1 está antes de la unión con el río Papallacta. y, PQ2 está después de la unión, desde donde el río Papallacta toma el nombre del río Quijos.

Se planeó realizar 6 salidas al campo de abril a julio del 2017 y, entre los dos sitios de muestreo se realizaron las siguientes actividades de investigación: recolección de 12 muestras biológicas de diatomeas epilíticas para determinar el ITCA, el AC, y el CCA, además de realizar placas permanentes de las diatomeas; recolección de 4 muestras biológicas de diatomeas para realizar cultivos vivos (cultivos realizados por Pablo Castillejo, PhD, los cuales no son parte del presente estudio); recolección de 12 muestras de agua para determinar 6 índices abióticos *ex situ* (Coliformes Fecales, DBO₅, Fosfatos Totales, Nitratos, Sólidos Disueltos Totales, y Turbidez) en los laboratorios de la UISEK, e *in situ* se midieron 4 índices (pH, conductividad, temperatura del agua y Oxígeno Disuelto) por sitio y por fecha de muestreo.

Las tablas #2 y #3 muestran los taxa de diatomeas recolectados e identificados en los sitios PQ1 y PQ2, respectivamente.

Es importante, recalcar que, dada la escasa presencia de individuos de diatomea, tanto en PQ1 como en PQ2, especialmente durante los meses de abril y mayo, se hizo un conteo acumulado de solamente 300 diatomeas por sitio de muestreo, usando las 6 muestras tomadas de cada punto y, de por lo menos dos portaobjetos permanentes por muestra.

Entre los dos sitios de muestreo, se contó 598 valvas, más un individuo de vista pleural (*Actinella* sp.) y otro individuo quebrado en un polo (*Semiorbis* sp.), haciendo en total 600 individuos contados.

A inicios de abril y de mayo; se observó individuos pennados, y céntricos, pero de tamaño entre 2 ó 3 μm lo cual no permitió identificarlos. Para finales de mayo y principios de julio se observó un incremento notable en la abundancia de diatomeas.

CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Tabla #2, Taxa recolectada e identificada del río Quijos. en el Punto PQ1. Confirmar identificación. Las filas en color verde representan las especies abundantes (11).

#	Nombre científico	Individuos por especie y por mes					Spp. Abundantes >11 ind.	Media
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo		
1	<i>Ulnaria</i> sp.	2	0	0	0	2		11.11
2	<i>Luticola simplex</i> (?)	4	3	2	7	16	16	
3	<i>Gomphonema</i> sp.1	3	2	1	1	7		
4	<i>Semiorbis</i> sp.	2	1	0	0	3		
5	<i>Actinella</i> sp.	1	2	2	0	5		
6	<i>Luticula falknerorum</i>	1	3	6	9	19	19	
7	<i>Aulacoseira granulata</i> (?)	0	2	2	1	5		
8	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	2	3	12	24	41	41	
9	<i>Gomphonema</i> sp.2	1	2	3	3	9		
10	<i>Navicula lohmannii</i>	3	4	13	23	43	43	
11	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	0	2	1	4		
12	<i>Geissleria</i> sp.	0	0	2	4	6		
13	<i>Cymbella</i> sp.1	0	0	0	1	1		
14	<i>Bachysira</i> sp.	0	2	5	9	16	16	
15	<i>Cymbella</i> sp.2 (?)	0	0	0	3	3		
16	<i>Cocconeis lineata</i> (?)	0	0	1	4	5		
17	<i>Pinnularia hameli</i>	1	1	2	12	16	16	
18	<i>Terpsinoë musica</i> (?)	0	0	0	6	6		
19	<i>Planothidium robustis</i>	1	2	2	8	13	13	
20	<i>Encyonema</i> sp.1	0	0	1	4	5		
21	<i>Planothidium lanceolate</i>	1	1	2	8	12	12	
22	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0	0	6	10	16	16	
23	<i>Cymbella</i> sp.3	0	0	2	4	6		
24	<i>Nitzschia brevissima</i>	0	1	6	7	14	14	
25	<i>Navicula lanceolata</i>	0	1	1	5	7		
26	<i>Luticula falknerorum</i>	0	0	0	3	3		
27	<i>Hannea arcus</i> (?)	0	1	3	13	17	17	
Total de individuos en PQ1 por mes		23	31	76	170		223	
TOTAL INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ1						300		

Para el sitio PQ1 (Tabla #2) se contó hasta 300 individuos, lo cual es válido según Dares o Karthick et al. (Dares, 2004; Karthick et al., 2010); se , uniendo todas las 6 muestras, dada la escasez de diatomeas y, se obtuvo 27 taxa, pertenecientes a 19 géneros; Once taxa identificadas como abundantes en PQ1.

CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Otros datos:

- EL 40,74% del total de taxa (11) en PQ1 son abundantes.
- El 74,33% del total de individuos contados en PQ1 (300), pertenecen a las taxa que son abundantes.

La media, de número de individuos sobre número de especies, es mayor en PQ2 que en PQ1 por dos puntos; es decir, en PQ1 hay más especies abundantes (11) y más abundancia (223) por especie, que en PQ2.

Tabla #3. Taxa recolectada e identificada del río Quijos. en el Punto PQ2. Confirmar identificación. Las filas en color verde representan las especies abundantes (7).

N.E	Nombre científico	Individuos por especie y por mes					Spp. Abundantes ≥ 13	Media
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo		
28	<i>Gomphonema sp. cf parallelistriatum</i>	2	0	1	2	5		13.04
29	<i>Nitzschia serrata</i>	0	1	5	5	11		
30	<i>Gomphonema sp.3</i>	0	1	2	4	7		
31	<i>Bachysira neoexillis</i>	0	1	2	4	7		
32	<i>Eunotia convexa</i>	0	3	2	1	6		
33	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	0	9	21	25	55	55	
34	<i>Orthoseira sp. (diámetro)</i>	1	3	5	6	15	15	
35	<i>Melosira astriade</i>	3	5	7	6	21	21	
36	<i>Navicula lohmannii</i>	4	7	11	13	35	35	
37	<i>Navicula sp.</i>	1	2	5	9	17	17	
38	<i>Amphora sp.</i>	0	0	2	1	3		
39	<i>Nupella wellner</i>	0	0	3	4	7		
40	<i>Rhoicosphenia sp.1</i>	0	0	4	3	7		
41	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0	0	2	4	6		
42	<i>Cymbella sp.4</i>	0	0	6	3	9		
43	<i>Hannea arcus</i>	0	0	5	11	16	16	
44	<i>Hannea sp.1</i>	0	0	0	7	7		
45	<i>Rhoicosphenia sp.2</i>	0	0	0	5	5		
46	<i>Planothidium lanceolate</i> (?)	0	0	0	5	5		
47	<i>Gomphonema sp.4</i>	0	0	0	40	40	40	
48	<i>Cymbella sp.5</i>	0	0	0	3	3		
49	<i>Rhoicosphenia sp.2</i>	0	0	0	2	2		
50	<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0	11	11		
Total de individuos en PQ2 por fecha		11	32	83	174		199	
TOTAL INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ2						300		

Para el sitio PQ2 (Tabla #3) se hizo un conteo de hasta 300 individuos, uniendo todas las 6 muestras, dada la escases y mal estado de las diatomeas y, se obtuvo 23 taxa de 13 géneros; y 7 taxa identificadas como abundantes en PQ2.

CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Otros datos:

- 30.43% del total de taxa encontrados en PQ2 son abundantes
- 66.33% del total de individuos contados en PQ2 pertenecen a las taxa abundantes.

Cuatro especies están presentes en ambos sitios: *Planothidium lanceolate*, *Reimeria sinuata*, *Navicula lohmannii*, y *Hannea arcus*; por lo que, el total de taxa encontrados sería de 46.

4.2. ABUNDANCIA DE ESPECIES EN SITIOS DE MUESTREO.

A continuación, se muestran las Tablas #4 y #5 de los resultados obtenidos en PQ1 y PQ2 de los taxa abundantes por sitio.

Tabla #4. Taxa abundantes en sitio PQ1 según la media total. Once taxa abundantes de veintisiete encontrados en PQ1.

No.	Número en ficha	Taxa (abundantes)	Individuos por taxa y por mes					Spp. Abundantes >11 media
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo	
1	2	<i>Luticola simplex</i> (?)	4	3	2	7	16	11.11
2	6	<i>Luticula falknerorum</i> (similar)	1	3	6	9	19	
3	8	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	2	3	12	24	41	
4	10	<i>Navicula lohmannii</i>	3	4	13	23	43	
5	14	<i>Bachysira</i> sp.	0	2	5	9	16	
6	17	<i>Pinnularia</i> cf. <i>hamelii</i>	1	1	2	12	16	
7	19	<i>Planothidium robustus</i>	1	2	2	8	13	
8	21	<i>Planothidium lanceolate</i> (?)	1	1	2	8	12	
9	22	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0	0	6	10	16	
10	24	<i>Nitzschia brevissima</i>	0	1	6	7	14	
11	27	<i>Hannea arcus</i> (?)	0	1	3	13	17	
Total de individuos en PQ1 por fecha			13	21	59	130	223	223
TOTAL INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ1							300	

Tabla #5. Taxa abundantes en sitio PQ2 según la media total. Siete taxa abundantes de vientres encontrados en PQ2.

No	Número en ficha	Taxa (confirmar)	Individuos por taxa y por mes					Spp. Abundantes >13.04 media
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo	
1	33	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	0	9	21	25	55	13.04
2	34	<i>Orthoseira</i> sp. (diámetro)	1	3	5	6	15	
3	35	<i>Melosira astriade</i>	3	5	7	6	21	
4	36	<i>Navicula lohmannii</i>	4	7	11	13	35	
5	37	<i>Navicula</i> sp.	1	2	5	9	17	
6	43	<i>Hannea arcus</i>	0	0	5	11	16	
7	47	<i>Gomphonema</i> sp.4	0	0	0	40	40	
Total de individuos en PQ2 por fecha			9	26	54	110	199	
TOTAL, INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ2							300	

Tres especies abundantes están presentes en ambos sitios: *Reimeria sinuata*, *Navicula lohmannii*, y *Hannea arcus*; por lo que, el total de taxa abundantes sería de 15, los cuales, se usan en los análisis multivariados y posteriormente determinar el ITCA de cada sitio.

4.3. VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS (FQ) Y BIOLÓGICAS.

La tabla #6 muestra las evaluaciones ICA-UNISC de cada sitio, y por las 6 fechas de muestreo. PQ1 obtiene tres evaluaciones “regular” y tres evaluaciones “malo”, mientras que PQ2 obtiene 6 evaluaciones “malo”.

EL ICA-UNISC muestra que las variables que más puntos restan en ambos sitios, durante las 6 fechas de muestreo, son: coliformes fecales y fosfatos totales lo que indicaría que hay procesos de eutrofización.

CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Tabla #5. Valores ICA-UNISC.

Tabla # 6 A: valores ICA-UNISC de los sitios, PQ1 y PQ2, en cada fecha de muestreo entre abril y julio 2017. Seis recolectas por sitio; los datos se procesaron en el programa Past 2013 (Posselt, E.;Costa, A.Lobo, 2015). **B:** tabla de calificación y valoración IQA-NSF (Oram, 2014).

A. Valores ICA-UNISC sitios PQ1 y PQ2 por fechas.

Puntos	Valor de IQA	Calificación
PQ1. 1/6	52.22	Regular
PQ1. 2/6	62.68	Regular
PQ1. 3/6	49.89	Malo
PQ1. 4/6	65.6	Regular
PQ1. 5/6	30.12	Malo
PQ1. 6/6	35.12	Malo
PQ2. 1/6	44.56	Malo
PQ2. 2/6	32.12	Malo
PQ2. 3/6	48.97	Malo
PQ2. 4/6	45.74	Malo
PQ2. 5/6	47.27	Malo
PQ2. 6/6	34.24	Malo

B. Calificación según IQA-NSF

Calificación	Valor de ICA
Muy malo	0 - 25
Malo	26 - 50
Regular	51 - 70
Bueno	71 - 90
Excelente	91 - 100

A continuación, se exponen las tablas #7 y #8 que muestran los datos analizados e ingresados al software IQAData (Posselt, E.;Costa, A.Lobo, 2015).

Tabla #6. Datos fisicoquímicos ex situ. , sitios PQ1 y PQ2. Toma de muestras #1 a # 6; abril a julio 2017g. Río Quijos, Napo.

Sitios PQ1 y PQ2, muestreo #1 a # 6; abril a julio 2017. Río Quijos, Napo, Ecuador								
ANÁLISIS DE MUESTRAS <i>ex situ</i> . LABORATORIO UISEK.								
FECHA	SITIOS	ALTITUD (msnm ~; de análisis)	DBO5 (mg/L)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Solidos Disueltos Totales (mg/L)	Turbi- dez (FTU)
1/4/17	PQ1 1/6	2800	1.65	0.21	1.49	200	267	22.32
3/5/17	PQ1 2/6	2800	0.54	0.44	0.02	3100	293	6.57
28/5/17	PQ1 3/6	2800	43.86	0.19	0.19	300	227	7.72
9/6/17	PQ1 4/6	2800	13.56	0.31	0.03	200	327	7.41
30/6/17	PQ1 5/6	2800	5.15	0.13	0.69	13900	327	104.57
13/7/17	PQ1 6/6	2800	1.27	0.22	0.19	321000	313	5.4
1/4/17	PQ2 1/6	2800	2.1	0.02	2.24	400	173	33.6
3/5/17	PQ2 2/6	2800	0.52	0.35	0.16	1600000	280	6.04
28/5/17	PQ2 3/6	2800	25.98	0.49	0.01	4200	307	3.7
9/6/17	PQ2 4/6	2800	13.5	0.62	0.61	2800	293	3.29
30/6/17	PQ2 5/6	2800	5.83	0.2	0.65	3000	247	14.34
13/7/17	PQ2 6/6	2800	1.42	0.22	0.19	2000000	353	3.01

Tabla #7. Datos fisicoquímicos tomados in situ. sitios PQ1 y PQ2 datos de muestreo #1 a # 6; abril a julio 2017. Río Quijos, Napo.

Sitios PQ1 y PQ2, muestreo #1 a # 6; abril a julio 2017. Río Quijos, Napo, Ecuador								
TOMA DE MUESTRAS <i>IN SITU</i>								
FECHA	SITIOS DE MUESTREO PQ1 Y PQ2	COORDENADAS		ALTI-TUD (msnm)	pH	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	OD (mg/l)
		LATI-TUD (X)	LONGI-TUD (Y)					
1/4/2017	PQ1 1/6	0.434380°	77.971871°	2058	7.17	12.0	38.2	8.95
3/5/2017	PQ1 2/6	0.434380°	77.971871°	2058	6.93	13.0	724	8.09
28/5/2017	PQ1 3/6	0.434380°	77.971871°	2058	6.99	13.6	712	8.24
30/6/2017	PQ1 4/6	0.434380°	77.971871°	2058	7.33	14.3	1026	7.94
30/6/2017	PQ1 5/6	0.434380°	77.971871°	2058	7.43	13.4	82.8	8.47
13/7/2017	PQ1 6/6	0.434380°	77.971871°	2058	7.82	13.4	148	8.33
1/4/2017	PQ2 1/6	0.438188°	77.970014°	2025	7.51	12.5	55.3	8.94
3/5/2017	PQ2 2/6	0.438188°	77.970014°	2025	7.36	14.8	89.5	8.11
28/5/2017	PQ2 3/6	0.438188°	77.971871°	2025	7.33	14.0	910	8.35
9/6/2017	PQ2 4/6	0.438188°	77.971871°	2025	7.32	14.6	1014	7.43
30/6/2017	PQ2 5/6	0.438188°	77.971871°	2025	7.98	13.7	125.5	8.5
13/7/2017	PQ2 6/6	0.438188°	77.971871°	2025	8.8	15.4	161.9	8.18

Adicionalmente, en anexos A-1 a A-10 se puede observar 10 gráficos de líneas que comparan las variables fisicoquímicas y biológicas obtenidas para cada sitio de muestreo.

4.4 VALOR TRÓFICO DE ESPECIES ABUNDANTES

Una vez establecidas las especies abundantes (4.2) se procede a asignarles su valor trófico (vt) y aplicar la fórmula #2 para determinar el ITCA en PQ1 y PQ2.

Tabla #8. Valor ITCA para sitio PQ1. Además de los valores tróficos (vt) de los taxa de diatomeas abundantes según su tolerancia a la eutrofización. En base, a los resultados del CCA (Gráfico #2) se obtuvo el vt de la mayoría de taxa, ya que no se encontró en la literatura consultada. Para una minoría de taxa se obtuvo el vt en tablas de estudios previos (E. A. Lobo et al., 2015; E. Lobo et al., 2014; Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007)

RÍO QUIJOS; ITCA. SITIO PQ1.					
No.	Número en ficha	Especies abundantes	h	vt	h*vt
1	2	<i>Luticola simplex</i> (?)	16	4	64
2	6	<i>Luticola falknerorum</i> (similar)	19	1	19
3	8	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	41	4	164
4	10	<i>Navicula lohmannii</i>	43	1	43
5	14	<i>Bachysira</i> sp.	16	4	64
6	17	<i>Pinnularia</i> cf. <i>hamelii</i>	16	4	64
7	19	<i>Planothidium robustus</i>	13	4	52
8	21	<i>Planothidium lanceolate</i> (?)	12	2	24
9	22	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	16	4	64
10	24	<i>Nitzschia brevissima</i>	14	4	56
11	27	<i>Hanea arcus</i> (?)	17	1	17
	TOTAL		223		631
		ITCA		2.8	

PQ1, según el ITCA, es de condiciones α -mesotróficas, contaminación fuerte (Tabla #1).

Se observa siete taxa con vt de 4; destaca *Reimeria sinuata* por su abundancia (41), y los otros seis taxa muestran una abundancia entre 14 y 16 individuos por taxa; destacan *Navicula subrhynchocephala* (16) y *Nitzschia brevissima* (14) las cuales son conocidas por tolerar altos grados de contaminación (M. Kelly, Bennion, Cox, & Goldsmith, s/f).

De abril a julio, la abundancia en todos los taxa, se muestra un crecimiento en abundancia, siendo escasas o inexistentes en abril y, en julio abundantes; en especial para las especies con vt de 1.

Tabla #9. Valor ITCA para el sitio PQ2. además de los valores tróficos (vt) de los taxa de diatomeas abundantes según su tolerancia a la eutrofización. En base, a los resultados del CCA (Gráfico #2) se obtuvo el vt de la mayoría de taxa, ya que no se encontró en la literatura consultada. Para una minoría de taxa se obtuvo el vt en tablas de estudios previos

RÍO QUIJOS; ITCA. SITIO PQ2.					
No.	Número en ficha	Especies abundantes	h	vt	h*vt
1	33	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	55	4	220
2	34	<i>Orthoseira</i> sp. (diámetro)	15	4	60
3	35	<i>Melosira astriade</i>	21	4	84
4	36	<i>Navicula lohmannii</i>	35	1	35
5	37	<i>Navicula</i> sp.	17	4	68
6	43	<i>Hannea arcus</i>	16	1	16
7	47	<i>Gomphonema</i> sp.4	40	4	160
	TOTAL		199		643
		ITCA			3.23

Según el ITCA, PQ2, es de condiciones α -mesotróficos, contaminación fuerte (Tabla #1).

Se observa cinco taxa con vt de 4; destacan por su abundancia *Reimeria sinuata* (55), y *Gomphonema* sp.4 (40).

Taxa con vt de 1, solamente abundan dos en PQ2, en especial en julio: *Hannea arcus*, y *Navicula lohmannii*.

De abril a julio, en todos los taxa, se muestra un crecimiento en abundancia, siendo escasas o inexistentes en abril y, en julio abundantes.

En total, son 15 taxa abundantes entre PQ1 y PQ2, con tres especies que aparecen en ambos sitios: *Reimeria sinuata*, *Hannea arcus*, y *Navicula lohmannii*; de éstas, las dos últimas son consideradas como especies oligotróficas (Bixby & Jahn, 2005; E. A. Lobo et al., 2015), mientras que *R. sinuata* ha sido reportada en Suramérica y se conoce que es tolerante a altos niveles de eutrofización (Levkov & Ector, 2010).

CAPÍTULO V

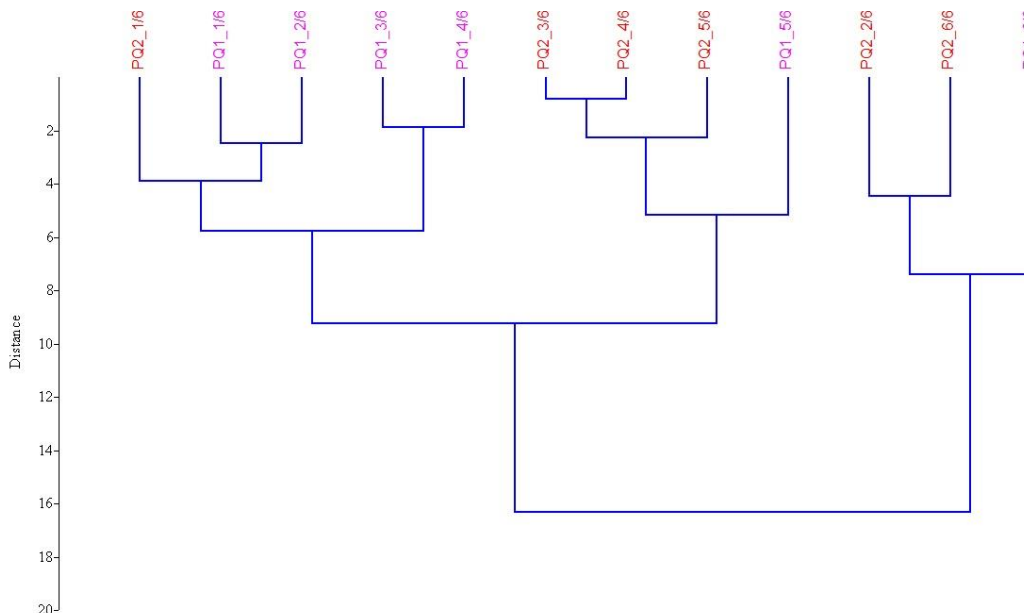
5.1. ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS

Se realizaron dos análisis multivariantes: Análisis de Conglomerados, y Análisis de Correspondencia Canónica (CCA; acrónimo en inglés). Los datos fueron procesados en el software Past 2013 (Hammer O., Haper, D.A.T., 2001).

Al igual que en Lobo et al. (E. A. Lobo et al., 2015), para estandarizar las matrices ambientales y biológicas, de la presente investigación, se usó el logaritmo natural $[\ln (X+1)]$, (ver anexo C)

A continuación, la figura #3 muestra el conglomerado de los dos sitios de muestreo durante seis muestreos realizados por sitio.

Figura #3. Análisis de conglomerado. Conglomerado de dos sitios de muestreo, con restricción en base a la abundancia relativa de diatomeas epilíticas presentes en cada sitio de muestreo, PQ1 y PQ2; entre abril y julio se realizaron seis salidas de muestreo. Se observa tres grupos principales



La Figura #3 muestra tres conglomerados formados según la abundancia relativa de 15 taxa de diatomeas epilíticas durante seis fechas de muestreo en cada uno de los dos sitios.

Los resultados no demuestran un gradiente claro de contaminación, asociado a la eutrofización a través de la composición biológica de las especies abundantes en cada sitio, debido a que, se tiene especies tolerantes y no tolerantes a la eutrofización juntas y en similares proporciones durante las seis fechas de recolección (ver Tablas #4 y #5).

Por ejemplo, en el conglomerado que más impacto hubo por contaminación (PQ2 1/6; PQ1 1/6; PQ1 2/6) se encuentra a *Navicula lohmannii* y *Luticola falknerorum*, junto con *Luticola simplex* y *Pinnularia cf. hamelii* (eutróficas) y, además en similares cantidades.

Un patrón similar continúa hasta julio, tanto tolerantes como no tolerantes van ganando en abundancia, predominando las tolerantes como *R. sinuata*, *M. atriade* y otras; sin quedarse atrás, les siguen los pocos taxa no tolerantes como *N. lohmannii* y *H. arcus*.

Los resultados imprecisos pueden deberse a: identificación errónea de los taxa, procesamiento tardío o fuera de tiempo de las muestras, escasa presencia de individuos durante las recolecciones de abril y mayo, y/o las tres opciones mencionadas.

5.2. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA (CCA)

La Figura #4 de Correspondencia Canónica permite identificar cuáles de las variables ecológicas son las que mejor podrían explicar la distribución de las diatomeas en cada sitio de muestreo (E. A. Lobo et al., 2015).

Los resultados del CCA muestran que el 63.59% del total de la varianza (restringida/"constrained") de datos está entre los dos primeros ejes, con valores propios ("eigenvalues") para los ejes 1 y 2 de 0.629 y 0.202, respectivamente (Figura #4). Sin embargo, según la prueba de permutación (Figura #4) no habría una relación estadísticamente significativa en el orden de los ejes 1 y 2 (no cumple con $p < 0.01$).

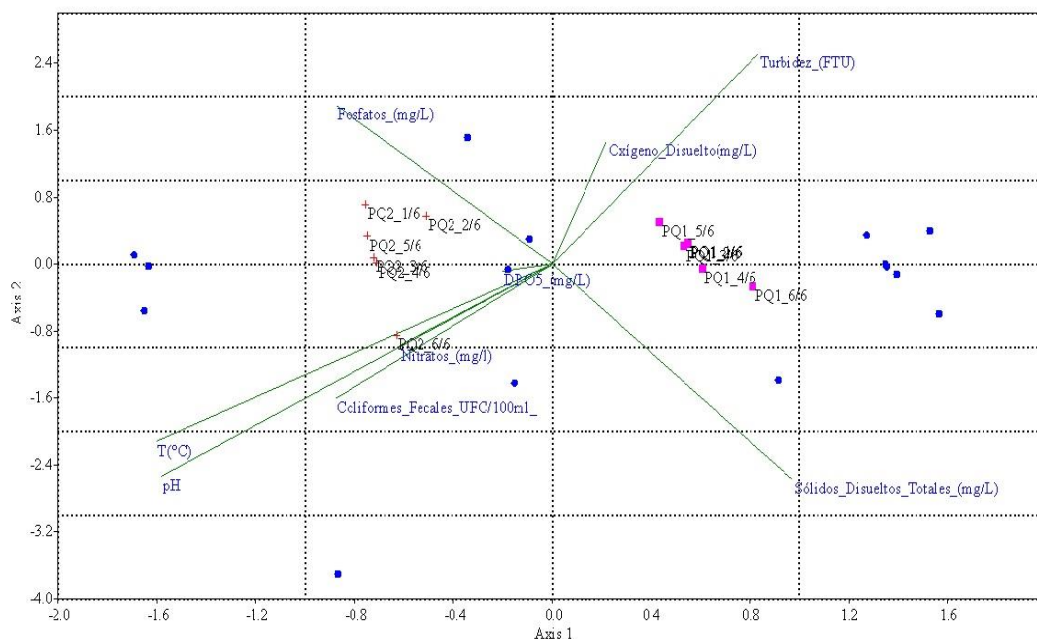
De todas formas, si se continúa analizando, los coeficientes canónicos muestran que la temperatura y el pH serían las variables ambientales más importantes que influenciaron en el orden de los sitios de muestreo.

Para el eje 2, además de la temperatura y el pH, los fosfatos también influenciaron el orden del eje 2. Para el eje 1, los Sólidos Disueltos Totales influenciaron el orden del eje.

EL CCA agrupa a todas las fechas de muestreo en PQ2 (menos a PQ2 6/6) cercanos a los fosfatos y DBO₅; y para los PQ1 (todos) parecen ser influenciados por la Turbidez y los SDT. Lo que significaría que PQ2 presenta procesos de eutrofización mayores a los de PQ1.

CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Figura #4. Análisis de correspondencia canónica (CCA). Dispersión basada en el CCA de muestras de Diatomeas y su abundancia relativa en dos sitios de muestreo; correlacionadas con nueve variables ambientales: Fosfatos, nitratos, turbidez, oxígeno disuelto, DBO5, temperatura del agua, pH, Coliformes fecales, y sólidos disueltos totales. Los puntos azules representan la dispersión de las especies, los cuadrados rosados el sitio de muestreo PQ1, y las cruces rojas el sitio de muestreo PQ2; se realizaron seis muestreos por sitio. Adicionalmente se muestran los “eigenvalgues” y el test de permutación del CCA



Axis	Eigenval	p
1	0.6291	0.4851
2	0.2024	0.7327
3	0.143	0.7822
4	0.09778	0.8713
5	0.07065	0.9703
6	0.06932	0.3366
7	0.05268	0.3168
8	0.04278	0.1188
9	2.054E-08	0.6832

Trace: 1.308
Trace p: 0.604

Axis	Eigenvalue	%
1	0.6291	48.11
2	0.20243	15.48
3	0.14296	10.93
4	0.097776	7.477
5	0.070655	5.403
6	0.069325	5.301
7	0.05268	4.028
8	0.04278	3.271
9	2.0537E-08	1.57E-06

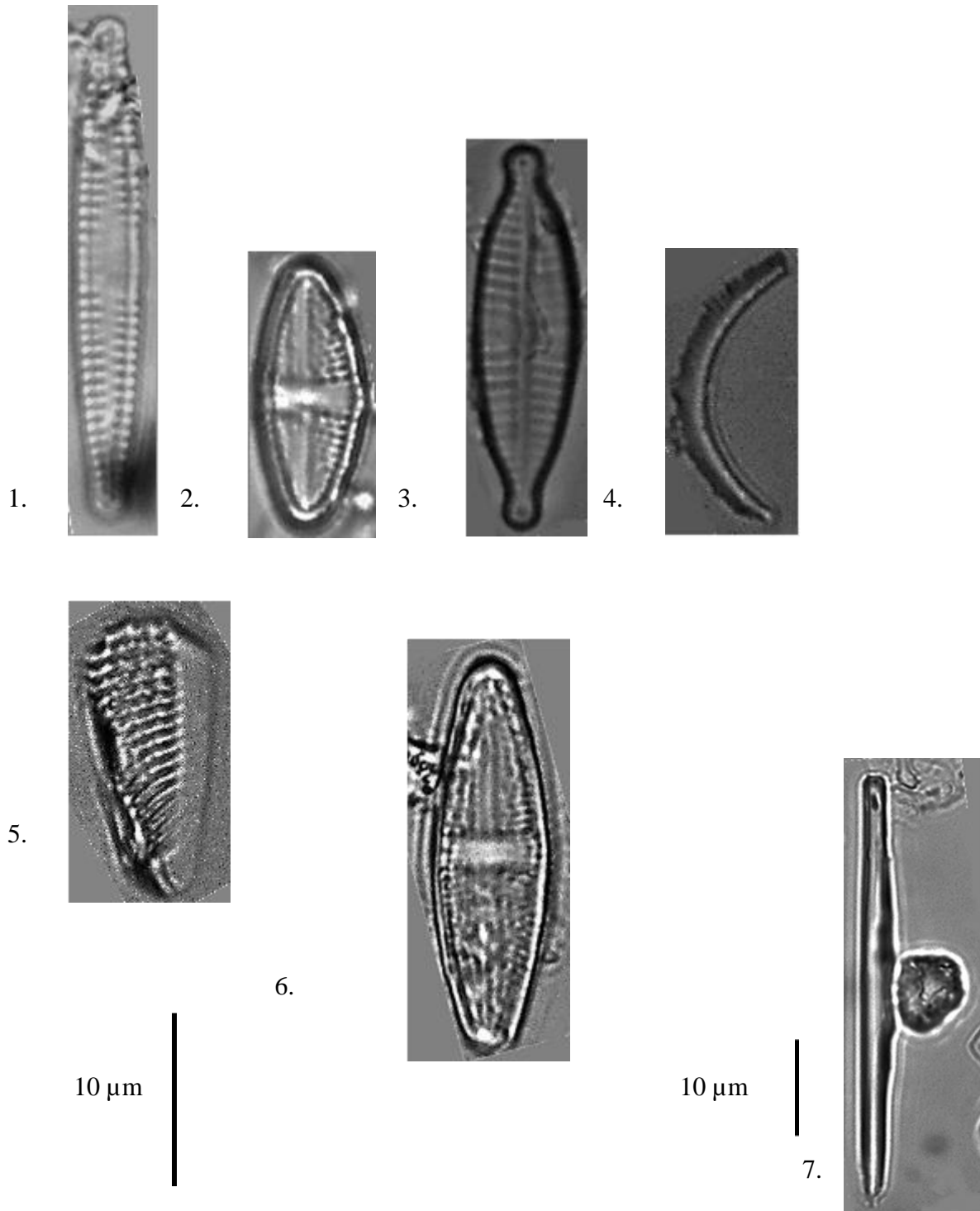
El Anexo D muestra los datos estandarizados que se usaron en el CCA.

5.3. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES

Al final de las fotografías se encuentra la Tabla #11 con detalles de las especies.

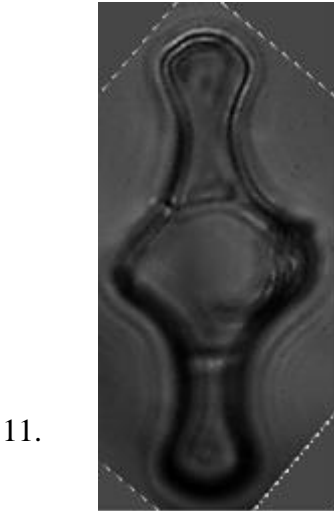
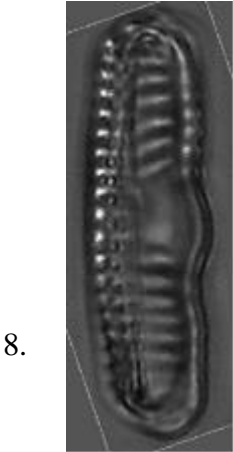
5.3.1. Diatomeas encontradas en el sitio PQ1

Es importante recalcar que las identificaciones serán revisadas por expertos.




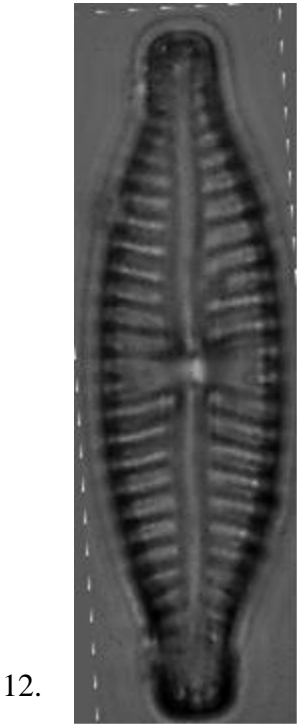
CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Continúa PQ1:



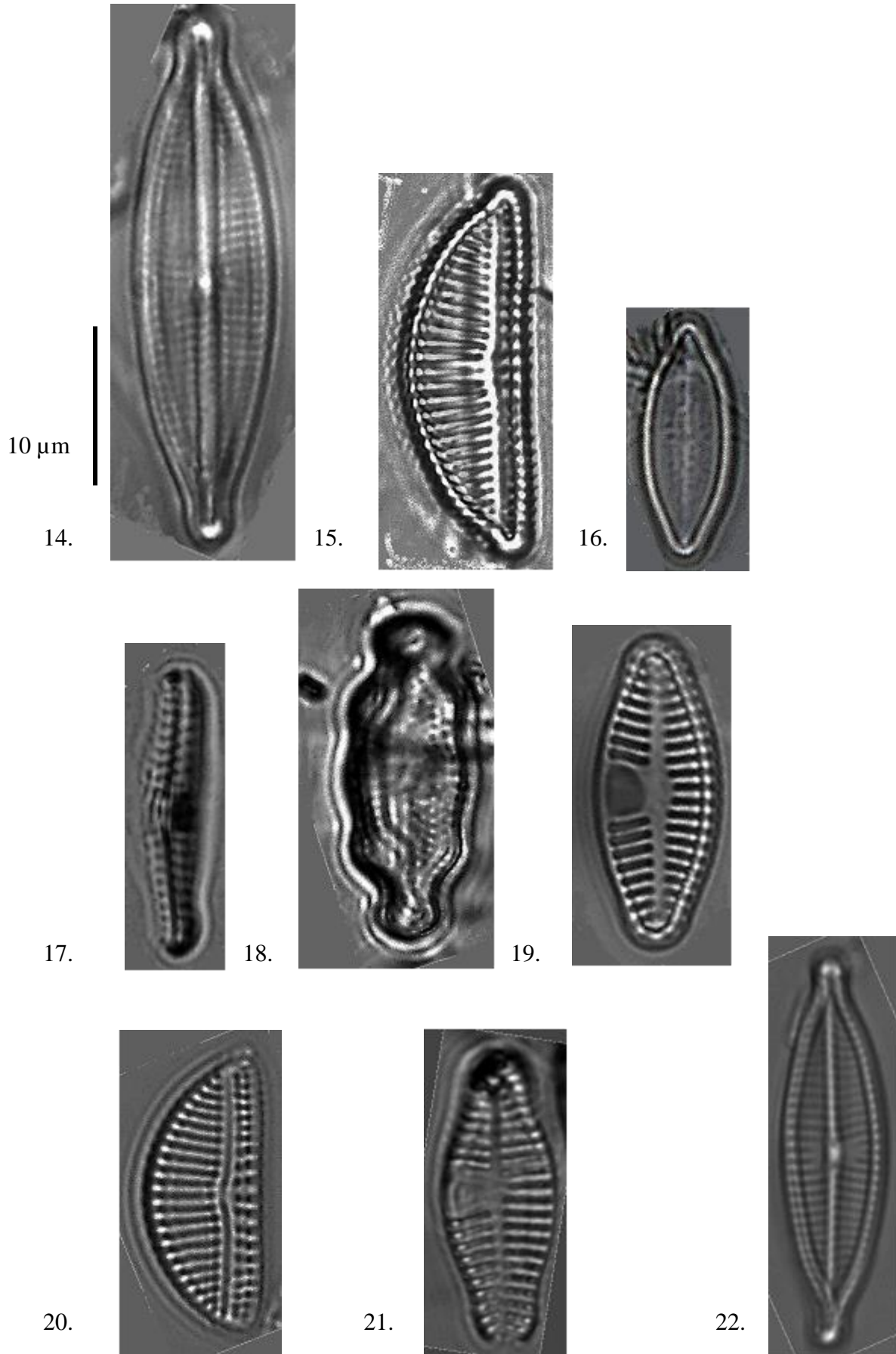
10.

10 μm 



CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Continúa PQ1:



CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Continúa PQ1:

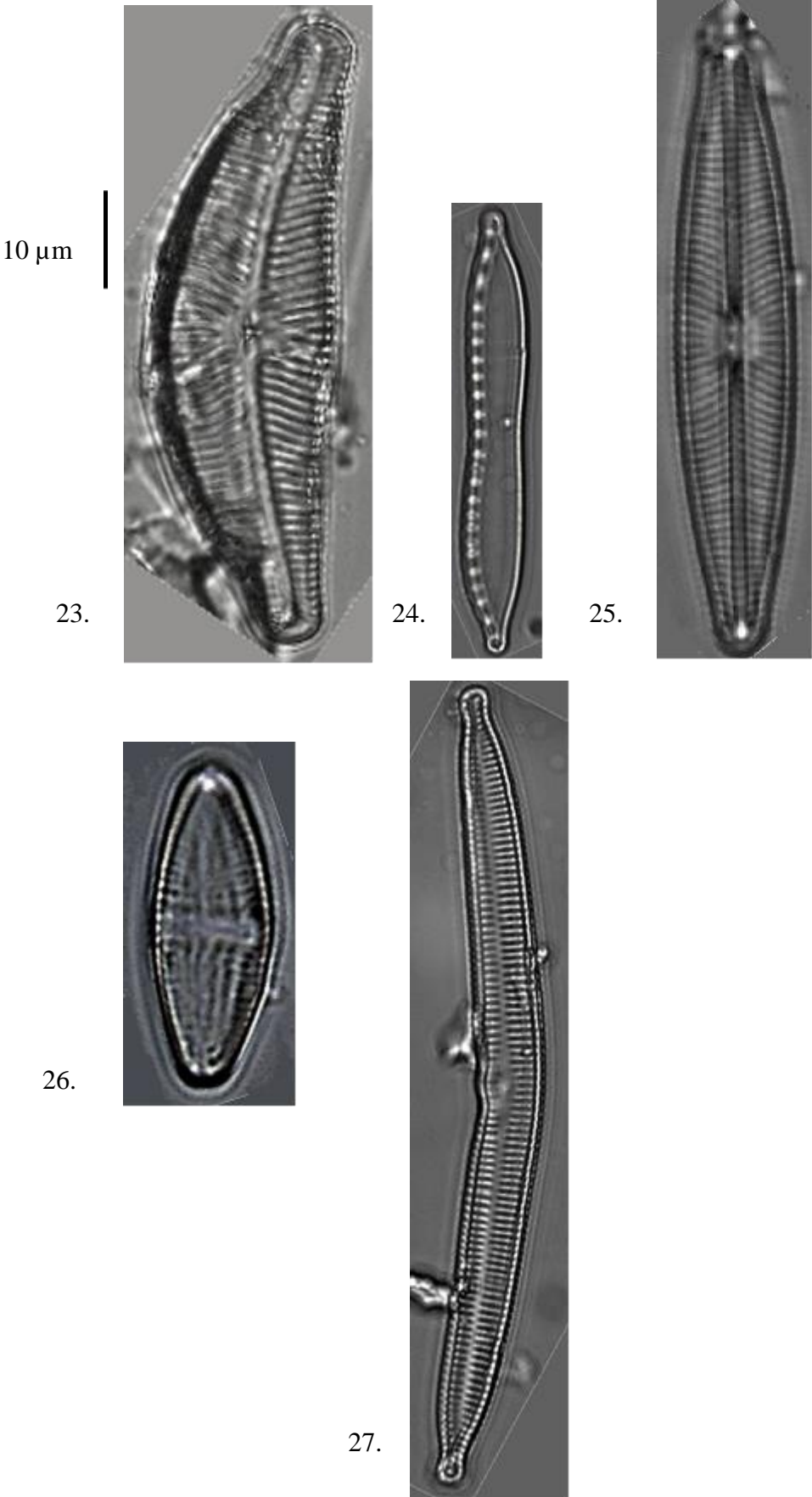


Tabla #10. Taxa identificada en PQ1

Tabla #11. Taxa identificada en sitio PQ1 Río Quijos, (Napó).

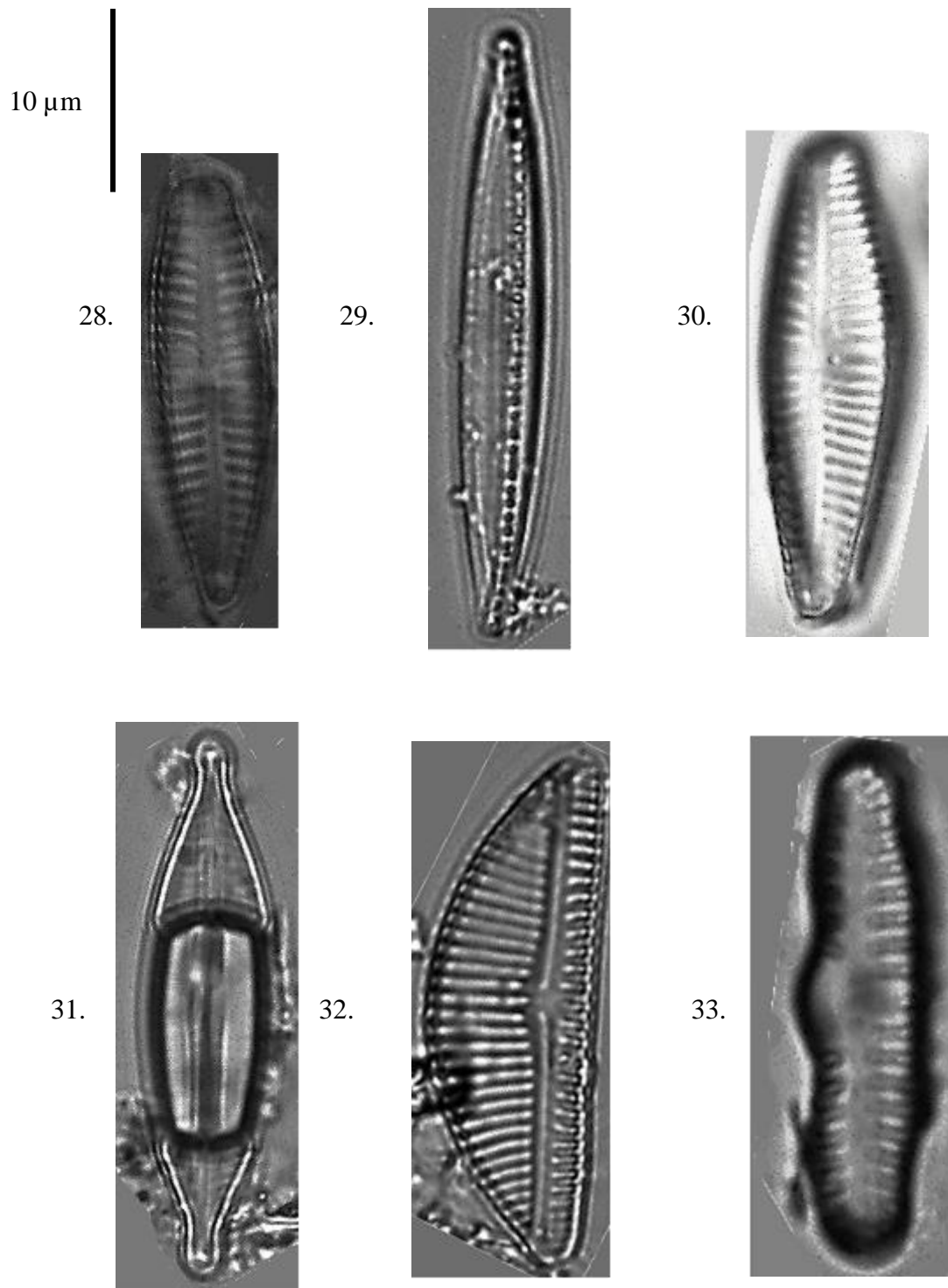
Abril, mayo, junio y julio del año 2007

N.E	Nombre científico	µm		#Id.
		Largo	Ancho	
1	<i>Ulnaria</i> sp.	28.42	3.72	001jssl
2	<i>Luticola simplex</i> (?)	14.58	5.45	002jssl
3	<i>Gomphonema</i> sp.1	20	4	049jssl
4	<i>Semiorbis</i> sp.	27	4	050jssl
5	<i>Actinella</i> sp.	16	7.5	052jssl
6	<i>Luticula falknerorum</i> (similar)	20	6	053jssl; 015
7	<i>Aulacoseira granulata</i> (?)	44	5	054jssl
8	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	18	4	058jssl
9	<i>Gomphonema</i> sp.2	28	9	062jssl
10	<i>Navicula lohmannii</i>	42	11	064jssl
11	<i>Tabellaria flocculosa</i>	20	9	065jssl
12	<i>Geissleria</i> sp.	30	8	066jssl
13	<i>Cymbella</i> sp.1	13	5	008jssl
14	<i>Bachysira</i> sp.	37.7	8	010jssl
15	<i>Cymbella</i> sp.2	20	8	011jssl
16	<i>Cocconeis lineata</i> (?)	14	4	012jssl
17	<i>Pinnularia hameli</i>	15	4	013jssl
18	<i>Terpsinoë musica</i>	20	9	017jssl
19	<i>Planothidium robustis</i>	19	7	020jssl
20	<i>Encyonema</i> sp.1	17	6	023jssl
21	<i>Planothidium lanceolate</i> (?)	17	7	031jssl
22	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	24	6	025jssl
23	<i>Cymbella</i> sp.3	69.2	20	009jssl
24	<i>Nitzschia brevissima</i>	43.4	4.27	022jssl;035
25	<i>Navicula lanceolata</i>	65	13	014jssl
26	<i>Luticula falknerorum</i> (similar)	17.2	6	015jssl
27	<i>Hannea arcus</i> (?)	78	7	021jssl

5.3.2. Diatomeas encontradas en el sitio PQ2

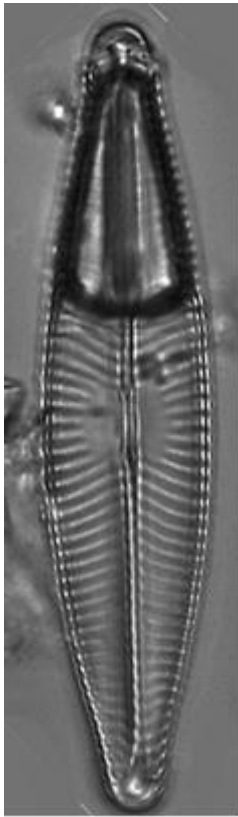
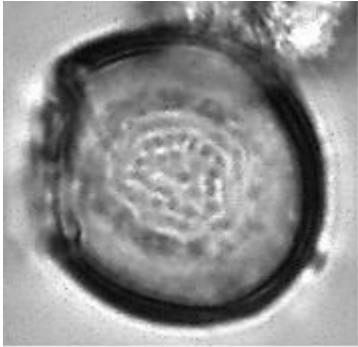
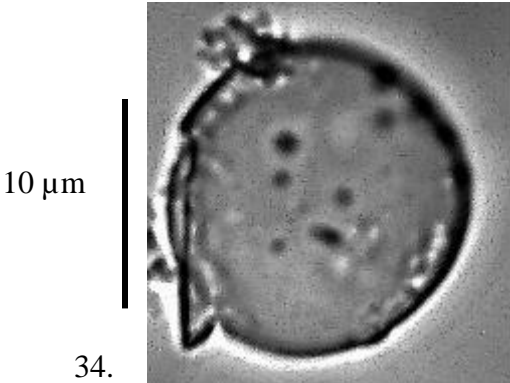
Al final de las fotografías se encuentra la Tabla #12 con detalles de las especies.

Es importante recalcar que las identificaciones serán revisadas por expertos.



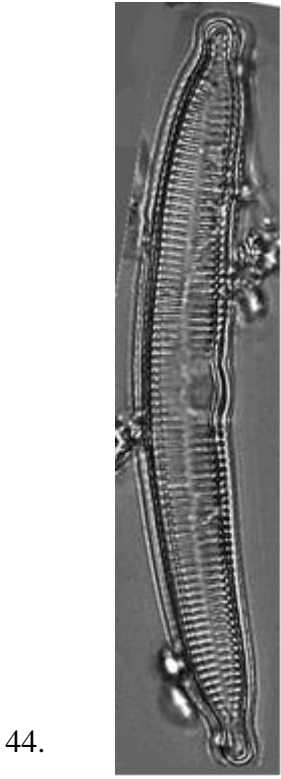
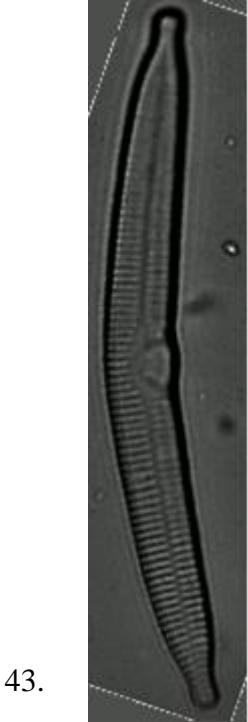
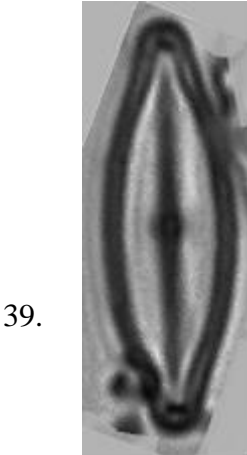
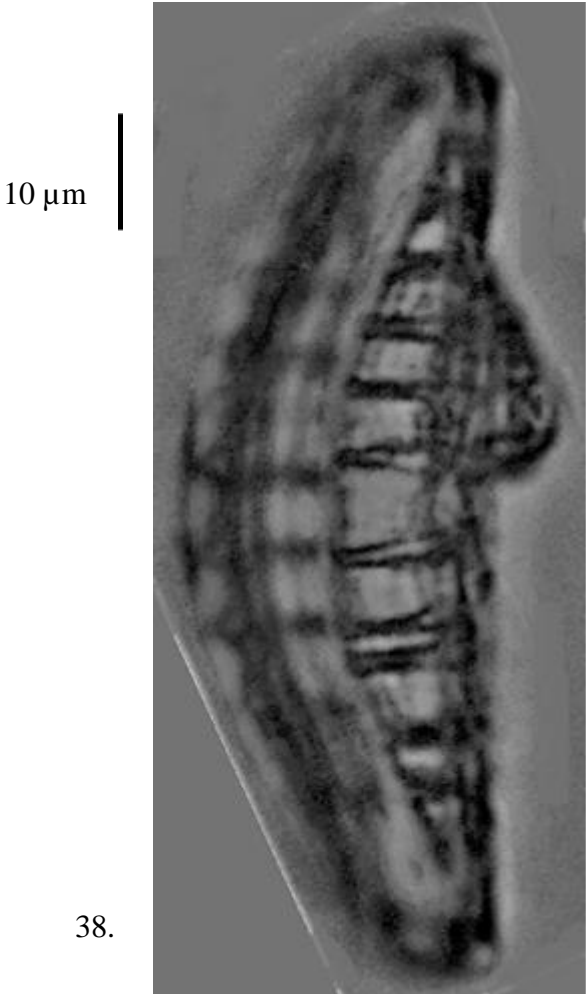
CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Continúa PQ2:



CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA) ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Continúa PQ2:



CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO

Continúa PQ2:

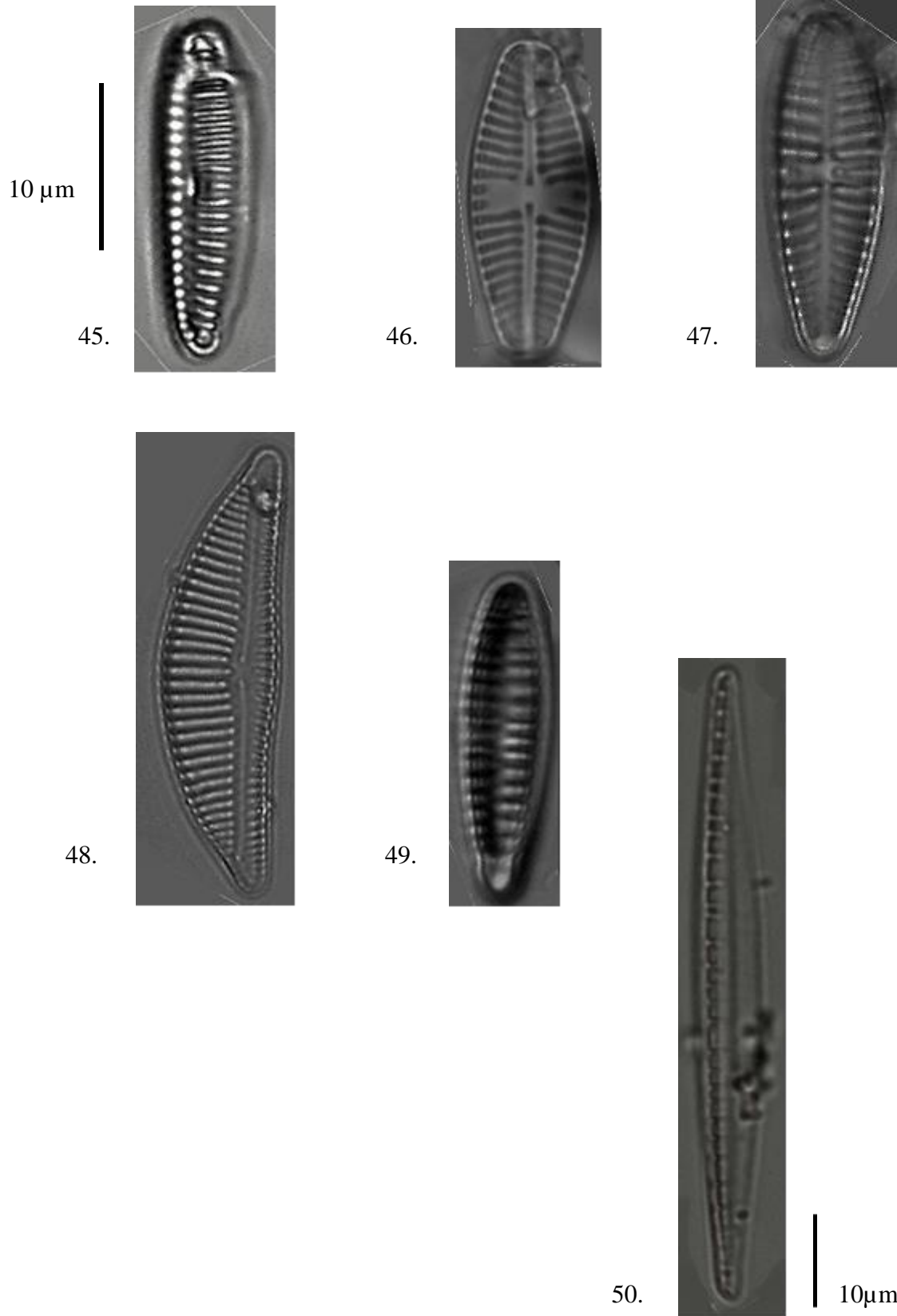


Tabla #12. Taxa identificada en PQ2

Tabla #12. Taxa identificada en sitio PQ2 Río Quijos, (Napó).				
Abril, mayo, junio y julio del año 2007				
N.E	Nombre científico	µm		#Id.
		Largo	Ancho	
28	<i>Gomphonema sp. cf. parallelistriatum</i>	23.9	5.93	051jsl
29	<i>Nitzschia serrata</i>	34	5	067jsl
30	<i>Gomphonema sp.3</i>	22	9	068jsl
31	<i>Bachysira neoexillis</i>	27	8	069jsl
32	<i>Eunotia convexa</i>	27	9	070jsl
33	<i>Reimeria sinuata (?)</i>	17	5	071jsl
34	<i>Orthoseira sp.</i>	12	0	072jsl
35	<i>Melosira astriade</i>	12	0	074jsl
36	<i>Navicula lohmannii</i>	45	10	073jsl
37	<i>Navicula sp.</i>	36	5	059jdsj
38	<i>Amphora sp</i>	81	30	003jsl
39	<i>Nupella wellneri (?)</i>	27	7	005jsl
40	<i>Rhoicosphenia sp.1</i>	25	6	056jsl
41	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	41	4	006jsl
42	<i>Cymbella sp.4</i>	29	6	057jsl
43	<i>Hannea arcus</i>	70	8	070jsl
44	<i>Hannea sp.1</i>	72	11	042jsl
45	<i>Rhoicosphenia sp.2</i>	17	6	038jsl
46	<i>Planothidium lanceolate (?)</i>	17	7	039jsl
47	<i>Gomphonema sp.4</i>	19	7	040jsl
48	<i>Cymbella sp.5</i>	25	6	041jsl
49	<i>Rhoicosphenia sp.2</i>	17	4	045jsl
50	<i>Nitzschia sp.</i>	72	11	046jsl

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El ICA-UNISC, el ITCA, y el CCA muestran que ambos sitios, PQ1 y PQ2, tienen similares grados de contaminación, durante los muestreos de abril julio 2017. Sin embargo, los índices indicarían un mayor grado de eutrofización en PQ2 que en PQ1.
- En general, los índices ICA muestran que en PQ1 los niveles son menores que en PQ2 obteniendo calificaciones de “malo” durante las 6 fechas de muestreo; mientras que PQ1 tiene tres calificaciones de “regular” y de tres de “malo”.
- EL ICA-UNISC muestra que las variables que más restan puntos en ambos sitios, durante las 6 fechas re muestreo son: coliformes fecales, fosforo total, y DBO5, lo cual es señal de procesos de eutrofización.
- Según el ITCA, tanto PQ1 como PQ2, serían de condiciones α -mesotróficas, contaminación fuerte; siendo el ITCA de PQ1 ligeramente menor al de PQ2.
- El Análisis de Conglomerados no demuestran un gradiente claro de contaminación, asociado a la eutrofización a través de la composición biológica de las especies abundantes en cada sitio, debido a que, se tiene especies tolerantes y no tolerantes a la eutrofización juntas y en similares cantidades durante las seis fechas de recolección (ver Tablas #4 y #5).
Por ejemplo, en el conglomerado que más impacto hubo por contaminación (PQ2 1/6; PQ1 1/6; PQ1 2/6) se encuentra a *Navicula lohmannii* y *Luticola falknerorum*, junto con *Luticola simplex* y *Pinnularia cf. hamelii* (eutróficas) y, además en similares cantidades.
- Un patrón similar continúa hasta julio, tanto tolerantes como no tolerantes van ganando en abundancia, predominando las tolerantes como *R. sinuata*, *M. astriade* y otras; sin quedarse atrás, les siguen los pocos taxa no tolerantes como *N. lohmannii* y *H. arcus*.
- Sin embargo, para julio PQ1 6/6 mostraría un menor grado de eutrofización que PQ2 6/6.
- Los resultados poco claros pueden deberse a: escasa presencia de especies abundantes, en especial durante las recolecciones de abril y mayo.
- El Análisis de Correspondencia Canónica, a pesar de mostrar una relación estadísticamente NO significativa en el orden de los ejes que acumulan el mayor

- porcentaje de la varianza, sí muestra una agrupación o resultados que concuerda con el análisis de conglomerado y con el ICA: exceptuando por la fecha de muestreo para PQ2 6/6, el resto muestreos están agrupados cercanamente, según la abundancia de diatomeas.
- El CCA agrupa a PQ2 cercanamente a las variables de fosfatos, coliformes fecales, DBO₅, y temperatura; mientras que para PQ1 se las asocia con turbidez y Sólidos Disueltos totales.
 - En resumen, a pesar de posibles las imprecisiones en los datos expresadas, tanto el ICA, el ITCA, el AC, y el ACC muestran que ambos sitios están en procesos de eutrofización y, que PQ1 (ITCA 2.8) tiene niveles ligeramente menores que PQ2 (3.23).
 - Seguramente cuando se corrijan ciertas identificaciones de ciertas taxa, podrían verse mejores resultados.
 - Para establecer un ITCA óptimo para el río Quijos se necesitaría de por lo menos tres sitios de muestreo adicionales, dos monitoreos mensuales y, como mínimo, por un año.

6.2. RECOMENDACIONES

- Analizar la posibilidad recolectar más datos *in situ* como, turbidez, fosfatos, y/o nitratos mediante el uso de equipos móviles HACH y reactivos necesarios.
- Establecer tres sitios adicionales de muestreo, manteniendo PQ1 y PQ2; se recomienda sean: PQ0 cuando nace desde el Antisana (tramitar permisos previamente con EPMAPS), PQ3 sitio entre, PQ0 y PQ1, y PQ4 que sería en el río Papallacta antes de unirse al río Quijos.;
- Para el análisis de conglomerados se sugiere mantener investigaciones a largo plazo (1 ó 2 años), para así, estar seguros de "...si la presencia, ausencia, o abundancia de ciertas especies de diatomeas son por razones de temporalidad o son por efectos antropogénicos." (Lavoie, Campeau, Darchambeau, Cabana, & Dillon, 2008).
- En abril y mayo, se evidenció unos pocos individuos, pero de tamaño reducido, lo que hizo imposible reconocer características taxonómicas a 100x; en junio y julio ya se observó individuos de mayor tamaño. Por lo que, se recomienda analizar si de abril a julio hay una posible correlación entre la abundancia de ciertas especies con los cambios en nutrientes al variar temporadas (Lavoie et al., 2008).

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bashar Bhuiyan, A., Mokhtar, M. B., Toriman, M. E., Gasim, M. B., Ta, G. C., Elfithri, R., & Razman, M. R. (2013). The environmental risk and water pollution: A review from the river basins around the world. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 7(2), 126–136.
- Bere, T., & Tundisi, J. G. (2010). Biological monitoring of lotic ecosystems: the role of diatoms. *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 493–502. <http://doi.org/10.1590/S1519-69842010005000009>
- Burneo, P. C., & Gunkel, G. (2003). Ecology of a high Andean stream, Rio Itambi, Otavalo, Ecuador. *Limnologica*, 33(1), 29–43. [http://doi.org/10.1016/S0075-9511\(03\)80005-1](http://doi.org/10.1016/S0075-9511(03)80005-1)
- CEPAL. (2011). Diagnóstico de la estadísticas del agua en Ecuador. Diagnostico de la informacion estadistica del agua, 81. Recuperado a partir de [http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico de las Estadísticas del Agua Producto IIIc 2012-2.pdf](http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf)
- Company, H. (2003). Digital Reactor Block 200 (DRB 200). Test, 200(Drb 200).
- Dares. (2004). 4 . Enumeration of Diatom Samples. Diatoms for Assessing River Ecological Status (DARES), (March), 1–13.
- Friberg, N. (2014). Impacts and indicators of change in lotic ecosystems. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 1(6), 513–531. <http://doi.org/10.1002/wat2.1040>
- Gell, P., Sonneman, J., Reidi, M., Illman, M., & Sincock, A. (1999). An Illustrated key to common Diatom Genera from Southern Australia. University of Adelaide.
- HACH. (2014). Chemical oxygen demand, dichromate method. Hach, DOC316.53., 10. <http://doi.org/10.1002/9780470114735.hawley03365>
- HACH. (2016). HACH Methods Quick Reference Guide, 1–4. Recuperado a partir de <http://www.hach.com>
- HACH Company. (2003). Nitrate, 1–6. Recuperado a partir de <http://latam.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639983619>

- HACH Company. (2013). Reactor Digestion Method - Method 8000. Chemical Oxygen Demand, 47(1), 10. Recuperado a partir de www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639983817
- Hammer O., Haper, D.A.T., R. P. . (2001). PAST: Palenteological Statsitcs softwarepackage for education and data analysis. Paleontología Electrónica. Recuperado a partir de <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- Heinrich, C. G., Leal, V. L., Düpont, M. S. A., & Lobo, E. A. (2014). Epilithic diatoms in headwater areas of the hydrographical sub-basin of the Andreas Stream, RS, Brazil, and their relation with eutrophication processes. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26(4), 347–355. <http://doi.org/10.1590/S2179-975X2014000400003>
- Karthick, B., Taylor, J. C., Mahesh, M. K., & Ramachandra, I. (2010). Protocols for collection, preservaion and Enumeration of Diatoms from Habitats for water quality monitoring in India. *Soil and Water Sciences*, III(1), 25–60. Recuperado a partir de http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/diatoms_from_aquatic_habitats/Diatoms_from_Aquatic_Habitats.pdf
- Kelly, M., Bennion, H., Cox, E., & Goldsmith, B. (s/f). *Nitzschia brevissima*. Recuperado el 20 de septiembre de 2017, a partir de <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxon13540240.html>
- Kelly, M. G. (2001). diatom trophic index- Users Manual.
- Kermarrec, L., Franc, A., Rimet, F., Chaumeil, P., Humbert, J. F., & Bouchez, A. (2013). Next-generation sequencing to inventory taxonomic diversity in eukaryotic communities: A test for freshwater diatoms. *Molecular Ecology Resources*, 13(4), 607–619. <http://doi.org/10.1111/1755-0998.12105>
- Kim, K. M., Park, J. H., Bhattacharya, D., & Yoon, H. S. (2014). Applications of next-generation sequencing to unravelling the evolutionary history of algae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(PART 2), 333–345. <http://doi.org/10.1099/ijs.0.054221-0>
- Klein, R. L. (2015). Biochemical Oxygen Demand. Hach Company, 8(9), 2257. <http://doi.org/10.1002/9780470114735.hawley03365>
- La, C. D. E., Alta, C., & Río, D. E. L. (2016). 3. Caracterización De La Cuenca Alta Del Río Napo 3.1., (26), 17–35. Recuperado a partir de <https://www.mendeley.com/research-papers/3-caracterización-la-cuenca-alta-del-río-napo->

31/?utm_source=desktop&utm_medium=1.17.10&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bb3a964d1-47f6-4f1a-ab8d-6398ba059f3d%7D

- Lavoie, I., Campeau, S., Darchambeau, F., Cabana, G., & Dillon, P. J. (2008). Are diatoms good integrators of temporal variability in stream water quality? *Freshwater Biology*, 53(4), 827–841. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01935.x>
- Lobo, E. a., Callegaro, V., Hermany, G., Bes, D., Wetzel, C., & Oliveira, M. A. (2004). Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil , with special emphasis on eutrophication. *Limnology*, 16(1), 25–40. Recuperado a partir de https://www.mendeley.com/research-papers/epilithic-diatoms-bioindicators-lotic-systems-southern-brazil-special-emphasis-eutrophication/?utm_source=desktop&utm_medium=1.17.10&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%257B0869efb6-5122-45d0-91c2-8a446481e3a
- Lobo, E. A., Schuch, M., Heinrich, C. G., da Costa, A. Ben, Düpont, A., Wetzel, C. E., & Ector, L. (2015). Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(6). <http://doi.org/10.1007/s10661-015-4586-3>
- Lobo, E., & Leighton, G. (1986). Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de chile. *Rev. Biol. Mar..*
- Lobo, E., Wetzel, C., Schuch, M., & Ector, L. (2014). Diatomeas epilíticas como indicadores de calidad de agua en sistemas lóticos subtropicales y temperados brasileros. Santa Cruz do Sul: EDUNISC.
- Londoño Carvajal, A., Giraldo Gómez, G. I., & Gutierrez Gallego, Á. lexánder. (2010). Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua. *Environment International*, 1(1), 1–149. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- Mann, D. G. (2010). Discovering diatom species: is a long history of disagreements about species-level taxonomy now at an end? *Plant Ecology and Evolution*, 143(3), 251–264. <http://doi.org/10.5091/plecevo.2010.405>
- Medlin, L. K. (2016). Evolution of the diatoms: major steps in their evolution and a review of the supporting molecular and morphological evidence. *Phycologia*, 55(1), 79–103. <http://doi.org/10.2216/15-105.1>

- Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H. (2007). *Iconographia Diatomológica. Tropical diatoms of South America II.* (H. Lange-Bertalot, Ed.). Frankfurt: A.R.G Gantner Verlag K.G.
- Michelutti, N., Lemmen, J. L., Cooke, C. A., Hobbs, W. O., Wolfe, A. P., Kurek, J., & Smol, J. P. (2016). Assessing the effects of climate and volcanism on diatom and chironomid assemblages in an Andean lake near Quito, Ecuador. *Journal of Limnology*, 75(2), 275–286. <http://doi.org/10.4081/jlimnol.2015.1323>
- Necchi, O. (2016). River Algae. En *River Algae* (pp. 1–279). <http://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1>
- NGWA, T. G. W. A. (2012). Information on Earth's water. Recuperado el 24 de octubre de 2016, a partir de <http://www.ngwa.org/Fundamentals/teachers/Pages/information-on-earth-water.aspx>
- O'Sullivan, P. E. (1995). Eutrophication. *International Journal of Environmental Studies*, 47(3–4), 173–195. <http://doi.org/10.1080/00207239508710958>
- Posselt, E.;Costa, A.Lobo, E. (2015). Software IQAData 2015. INPI n° BR 512015000890-0. Recuperado a partir de <http://www.unisc.br/ppgspi>.
- Prygiel, J. and C. M. (2000). *Méthodologique pour la mise en ouvre de l'Indice Biologique Diatomées.* (D. de l'Eau & CEMAGREF, Ed.). France: Agences de l'Eau, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H., & Rumrich, M. (2000). Diatomeen der Anden. Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland. En *Iconographia Diatomologica*, Vol. 9 (Vol. 9, pp. 1–649).
- Samanez, I., Rimarachin, V., Palma, C., & Ortega, H. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.
- Spaulding, S.A., Lubinski, D.J. and Potapova, M. (2010). No Title (2013). Ulnaria. In *Diatoms of the United States*. Retrieved August 10, 2017, from. Recuperado a partir de <http://westerndiatoms.colorado.edu>
- Stevenson, J. (2014). Ecological Assessments with Algae: A Review and Synthesis. *Journal of Phycology*, 50, 437–461. <http://doi.org/10.1111/jpy.12189>

- Stevenson, R. J., Pan, Y., & Dam, H. Van. (2010). Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms 4.2 Rationale for using diatoms. En *Biomonitoring of Wetlands* (pp. 57–85). Recuperado a partir de http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/stc/biomonitoring_of_wetlands/diatom_lake_river.pdf
- Stevenson, R. J., Pan, Y., Dam, H. Van, VanDam, H., Dam, H. Van, & VanDam, H. (2006). Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. *Earth Sciences*, 57–85. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511763175.005>
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*. <http://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>
- Ward, J. H., Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J., Verlencar, X. N., Desai, S., ... Oliveira, M. A. (2002). Water quality remediation faces unprecedented challenges from “legacy Phosphorus”. *Brazilian Journal of Biology*, 1(2), 493–502. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1>

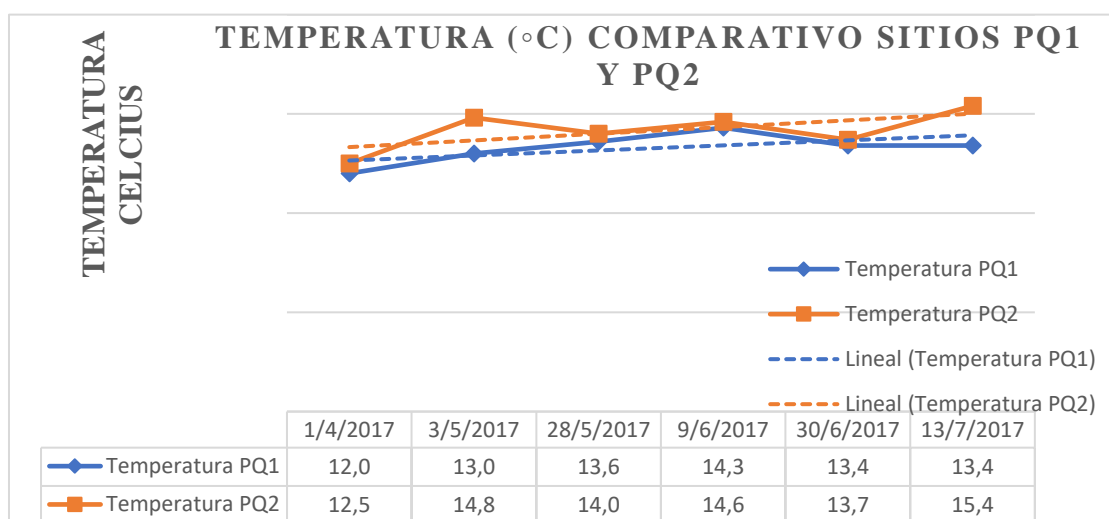
ANEXOS

ANEXO A

GRÁFICOS COMPARATIVOS ENTRE PQ1 Y PQ2 DE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS.

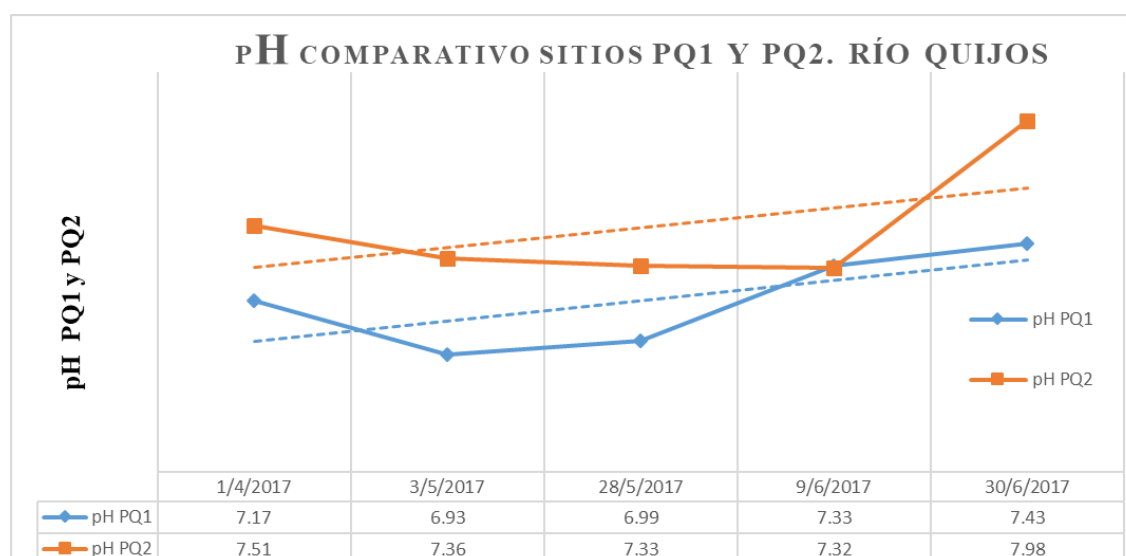
Anexo A1.

Gráfico comparativo de Temperatura en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Para ambos sitios se tiene una línea de tendencia al alza; siendo las aguas en PQ2 más calientes que PQ1, lo que hace inferir que se debe a la energía cinética que proviene el río Papallacta.



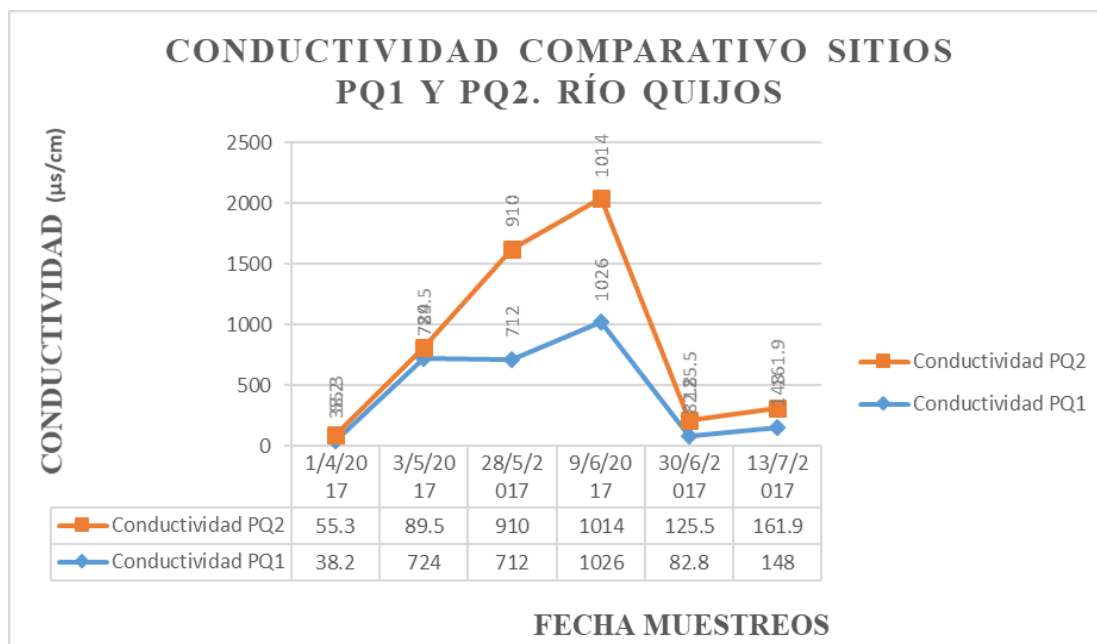
Anexo A-2

Gráfico comparativo del pH en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. PQ1 son aguas de carácter neutro a ligeramente ácido, con un rango de pH de 7,43 a 6,93; y PQ2 son aguas de carácter neutro a ligeramente básico, con un rango de pH de 7,32 a 7,98.



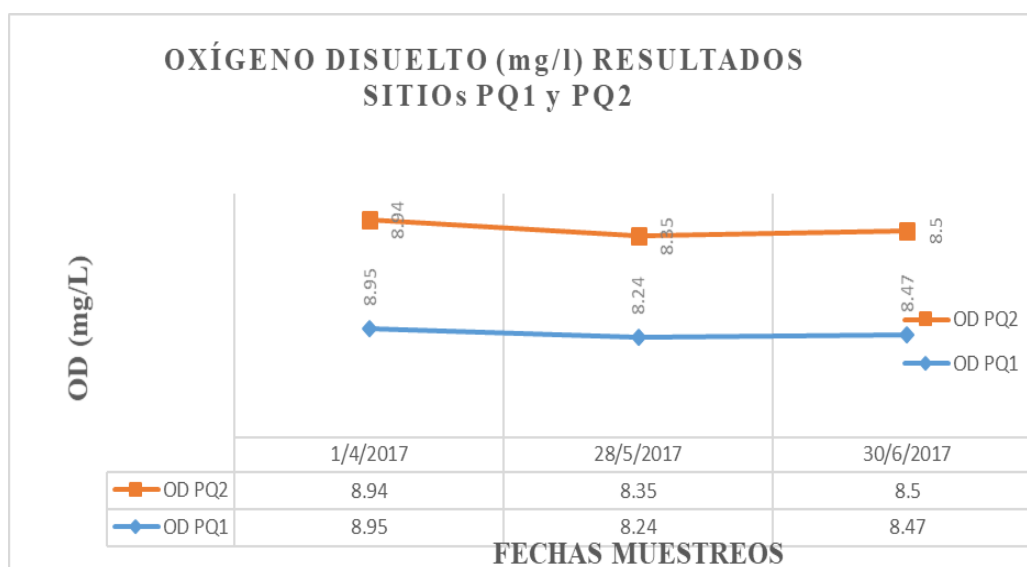
ANEXO A -3

Gráfico comparativo de Conductividad en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Al ser aguas volcánicas tanto PQ1 como PQ2 presenta grandes variaciones en conductividad de un tiempo a otro. El río Quijos está lleno de rocas, cuarzos, impregnados con diferentes minerales, compuestos o elementos... todos brillan... se notó la presencia de hierro, oro, pirita, plata, etc. Dados los resultados, es obvio que muchos de estos elementos están en forma de iones en el agua.



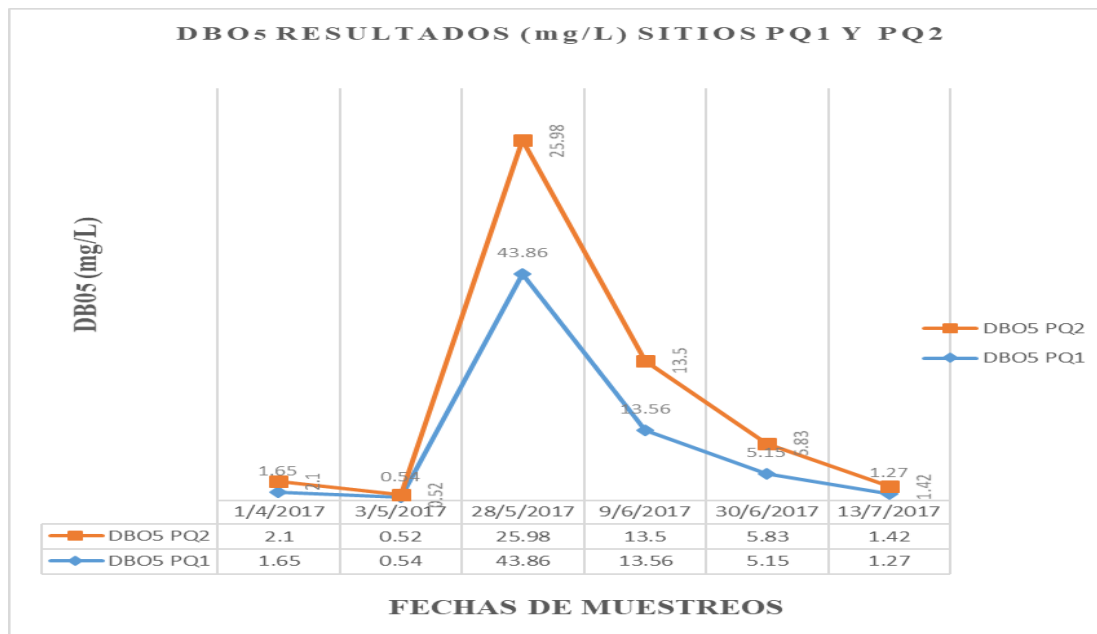
ANEXO A -4.

Gráfico comparativo de Oxígeno Disuelto en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Los dos sitios muestran valores de OD similares, por lo que difícil establecer diferencias entre los sitios. Dentro de las **normas**



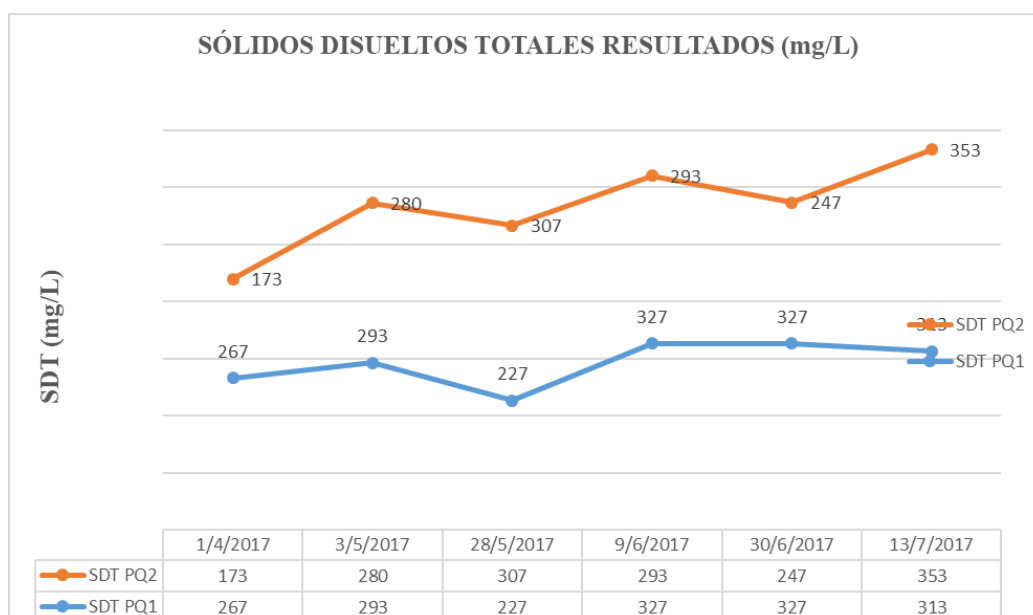
ANEXO A-5.

Gráfico comparativo DBO5 en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Del 3 de mayo hasta el 13 de julio se observa un incremento notable tanto en PQ1 como en PQ2; antes y después de esas fechas se tienen valores que no impactan la vida acuática.



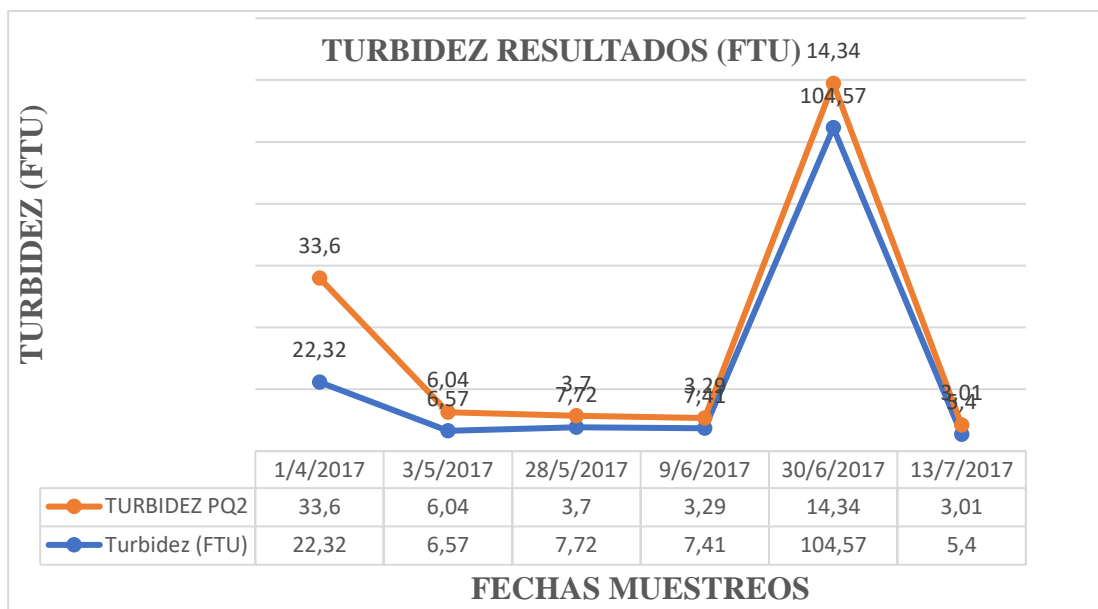
ANEXO A-6.

Gráfico comparativo Sólidos Disueltos Totales (SDT) en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Se observa que PQ2 tiene una mayor cantidad de SDT que PQ1.



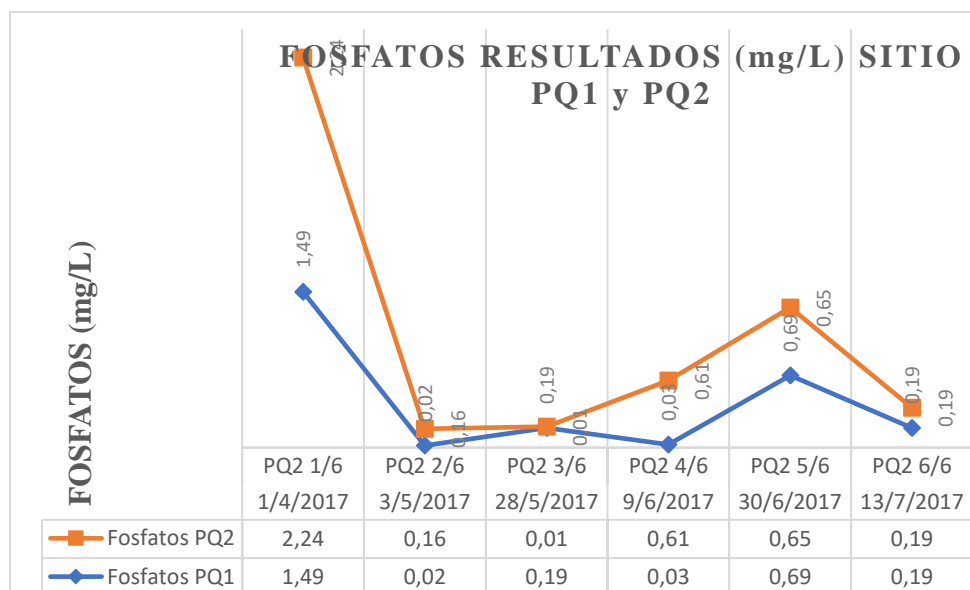
ANEXO A-7.

Gráfico comparativo Turbidez en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Tanto en Pq1 como en PQ2 la turbidez se mantiene en estados normales, excepto el 30 de junio donde incrementa radicalmente. Según los lugareños hubo un sismo y derrumbes; por lo que se asume que éstos fueron los causantes del aumento en muchos de los ICA en esa fecha.



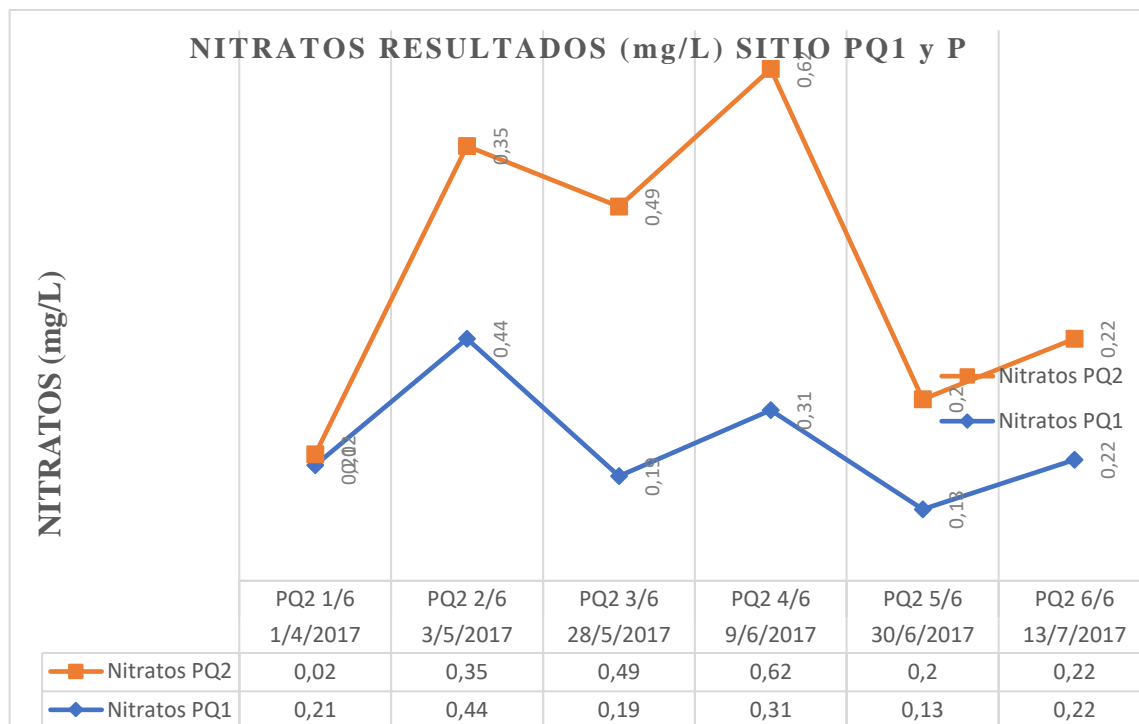
ANEXO A-8.

Gráfico comparativo de Fosfatos en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Según Londoño (Londoño Carvajal, Giraldo Gómez, & Gutierrez Gallego, 2010) sobre los 1 mg/l de fosforo inorgánico se favorece el crecimiento de algas, por lo que en abril tanto PQ1, como PQ2 estaban en proceso de eutrofización.



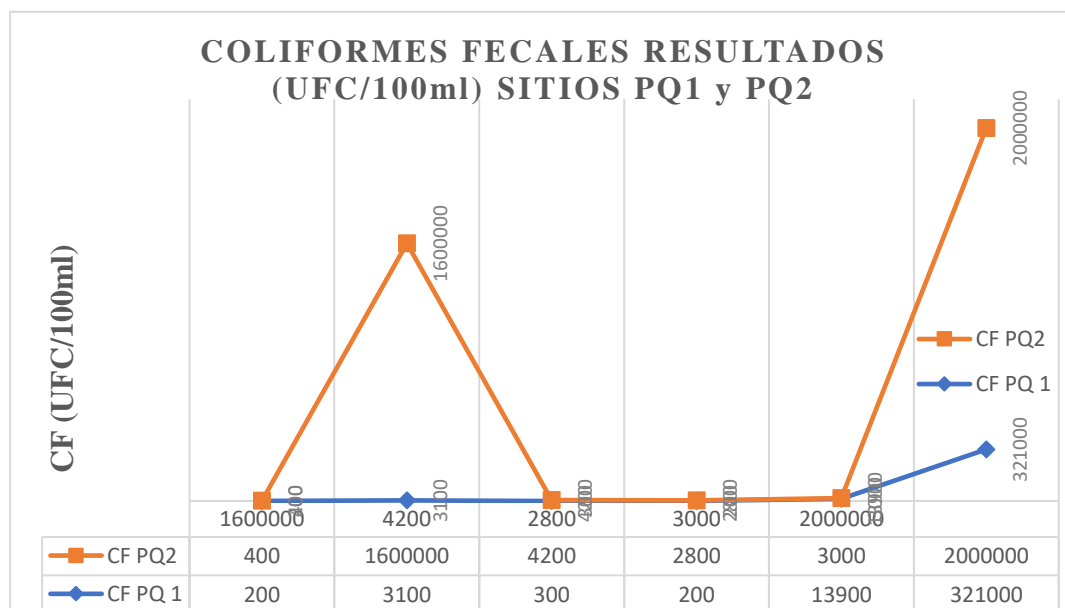
ANEXO A-9.

Gráfico comparativo de Nitratos en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. Datos parecen no estar correctos; las pruebas se realizaron tardíamente.



ANEXO A-10.

Gráfico comparativo de Coliformes Fecales (CF) en dos sitios del río Quijos; resultados sitios PQ1 y PQ2, muestreos #1 a # 6 por cada sitio; abril a julio 2017. En especial PQ2 sobrepasa los límites de largo; sin embargo, PQ1 también está sobre los límites permisibles.



ANEXO C

ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS RÍO QUIJOS. ESPECIES ABUNDANTES. DATOS ESTANDARIZADOS USANDO $[(\ln(x+1))]$															
PQ / ESPECIE	<i>Luticola simplex</i>	<i>Luticola falknerorum</i>	<i>Remeria sinuata</i>	<i>Navicula lobmannii</i>	<i>Bochysira sp.</i>	<i>Pinnularia hameli</i>	<i>Planolittidium robustis</i>	<i>Planolittidium lanceolate</i>	<i>Navicula subtritychocephala</i>	<i>Nitzschia brevisima</i>	<i>Hamea arcus</i>	<i>Orthosira sp.</i>	<i>Melosira astriale</i>	<i>Navicula sp.</i>	<i>Gomphonema sp.4</i>
PQ1	2.833213	2.995732274	3.737669618	3.78418963	2.8332133	2.83321334	2.63905733	2.564949357	2.833213344	2.708050201	1.38629	2.89037176	0	0	0
PQ2	0	0	4.023351691	3.58351894	0	0	0	1.791759469	0	0	0	2.83321334	2.77258872	3.0910425	1.791759469

ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS. RÍO
QUIJOS. QUINCE ESPECIES
ABUNDANTES. DATOS
ESTANDARIZADOS DE ABUNDANCIA
RELATIVA USANDO $[(\ln(x+1))]$

ANEXO D

ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA. RÍO QUIJOS. ESPECIES ABUNDANTES, NUEVE VARIABLES USADAS.. DATOS ESTANDARIZADOS USANDO $[(\ln(x+1))]$

ÍNDICES F-Q		ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA. RÍO QUIJOS. ESPECIES ABUNDANTES, NUEVE VARIABLES, DATOS ESTANDARIZADOS USANDO $[(\ln(x+1))]$																							
PQ	Temp (°C)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Turbidez (FTU)	Laticula simplex	Laticula fulviorum	Reimeria sinuata	Navicula Johmani	Bacillaria pinnularis	Pinnularia lameli	Planorbulina robustis	Planorbulina lanceolata	Navicula subhyalinaecephala	Nitzschia brevisima	Hantzschia arcuata	Orthis arcuata	Melosira australis	Navicula sp.	Gomphonem a. sp.4	
PQ1.16	25.6	2.1	2.3	0.97	0.19	0.91	5.3	5.59	3.15	1.60944	1.54065209	1.098612	1.386294	0	0.693147	0.69314718	0.69314718	0	0	0	0	0	0	0	0
PQ2.16	26	2.1	2.3	1.13	0.02	1.18	5.99	5.16	3.54	0	3.54	0	1.609438	0	0	0	0	0	0	0	0.693147	1.386294	0.69315	0	0
PQ1.26	26.4	2.1	2.21	0.49	0.36	0.02	8.04	5.68	2.02	0.69315	1.32685282	0.693147	0.693147	0.693147	0.693147	0	0.69314718	0	0	0	0	0	0	0	0
PQ2.26	27.6	2.1	2.21	0.42	0.3	0.15	14.29	5.64	1.95	0	1.95	1.386294	1.098612	0	0	0	0	0	0	0	0	1.098612	0	0	0
PQ1.36	26.8	2.1	2.22	3.8	0.17	0.17	5.71	5.49	2.17	1.09861	1.07138771	1.098612	1.386294	0.693147	0	1.09861229	0	0	0.693147	0.693	0	0	0	0	0
PQ2.36	27.1	2.1	2.24	3.3	0.4	0.01	8.34	5.73	1.55	0	1.55	1.94591	1.791759	0	0	0	0	0	0	0	1.099	0.693147	1.791759	1.09861	0
PQ1.46	27.3	2.1	2.19	2.68	0.27	0.03	5.3	5.79	2.13	0.69315	1.46685282	1.791759	1.791759	0.693147	1.098612	0.69314718	1.09861229	1.09861229	1.386294	1.386294	1.099	0	0	0	0
PQ2.46	27.5	2.1	2.13	2.67	0.48	0.48	7.94	5.68	1.46	0	1.46	2.07942	1.609438	0	0	0	0	0	0	0	1.386	1.098612	1.386294	1.09861	0
PQ1.56	26.7	2.1	2.25	1.82	0.12	0.32	9.54	5.79	4.66	0.69315	3.94685282	2.07942	2.197225	1.609438	0	0.69314718	0	1.609437912	1.386294	1.386294	0	0	0	0	0
PQ2.56	26.9	2.2	2.25	1.92	0.18	0.5	8.01	5.51	2.73	0	2.73	2.78885	2.07942	0	0	0	0	0	0	0	0	1.386294	1.609438	1.38629	0
PQ1.66	26.7	2.2	2.23	0.82	0.2	0.17	12.68	5.75	1.86	2.07944	-0.2104415	3.218876	3.178854	2.302585	2.564949	2.19722458	2.19722458	2.397895273	2.079442	2.639	0	0	0	0	0
PQ2.66	28	2.3	2.22	0.88	0.2	0.17	14.51	5.87	1.39	0	1.39	3.328897	2.639857	0	0	0	1.79175947	0	0	2.485	1.94591	1.94591	2.30259	3.715572067	

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS (BACILLARIOPHYTA)
ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO**

ANEXO E

IDENTIFICACIÓN PLACAS FIJAS DE DIATOMEAS

QUIJOS- PQ1 1/6	QUIJOS- PQ1 1/6	QUIJOS- PQ2 1/6	QUIJOS- PQ2 1/6	QUIJOS- PQ1 2/6	QUIJOS- PQ1 2/6	QUIJOS- PQ2 2/6	QUIJOS- PQ2 2/6
JAVIER SALAZAR LECARO 01/abr/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 01/abr/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 01/abr/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 01/abr/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 03/may/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 03/may/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 03/may/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 03/may/2017
NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO

QUIJOS- PQ1 3/6	QUIJOS- PQ1 3/6	QUIJOS- PQ2 3/6	QUIJOS- PQ2 3/6	QUIJOS- PQ1 4/6	QUIJOS- PQ1 4/6	QUIJOS- PQ2 4/6	QUIJOS- PQ2 4/6
JAVIER SALAZAR LECARO 28/may/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 28/may/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 28/may/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 28/may/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 09/jun/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 09/jun/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 09/jun/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 09/jun/2017
NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO

QUIJOS- PQ1 5/6	QUIJOS- PQ1 5/6	QUIJOS- PQ2 5/6	QUIJOS- PQ2 5/6	QUIJOS- PQ1 6/6	QUIJOS- PQ1 6/6	QUIJOS- PQ2 6/6	QUIJOS- PQ2 6/6
JAVIER SALAZAR LECARO 30/jun/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 30/jun/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 30/jun/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 30/jun/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 13/jul/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 13/jul/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 13/jul/2017	JAVIER SALAZAR LECARO 13/jul/2017
NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO	NAPO