



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de fin de Carrera Titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE
DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN
EN EL RIO “LA COMPAÑÍA”, CANTÓN MEJÍA**

Realizado por:

UVILLUS CHILIG SANTIAGO DANIEL

Directora del proyecto:

MSC. SUSANA CHAMORRO

Como requisito para la obtención del título de:

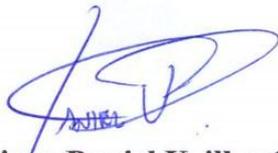
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL

Quito, 10 de agosto de 2017

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, SANTIAGO DANIEL UVILLUS CHILIG, con cédula de identidad # 172100361-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este 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.



Santiago Daniel Uvillus Chilig

C.C.: 172100361-2

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE
DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE
EUTROFIZACIÓN EN EL RÍO “LA COMPAÑÍA”, CANTÓN MEJÍA**

Realizado por:

SANTIAGO DANIEL UVILLUS CHILIG

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL

ha sido dirigido por la profesora

SUSANA ELIZABETH CHAMORRO ARIAS

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Susana Elizabeth Chamorro Arias

DIRECTORA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

PABLO CASTILLEJO

JUAN CARLOS NAVARRO

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



Pablo Castillejo



Juan Carlos Navarro

Quito, 10 de agosto de 2017

Resumen: Objetivo: El objetivo de este estudio es la composición de la flora de diatomeas epilíticas en la cuenca del río “la Compañía” formando parte del Sistema Hidrológico San Pedro. El río “la Compañía” pertenece a la Provincia de Pichincha, ubicado al sur-oriente de Quito, Ecuador y su relación con procesos de eutrofización. **Métodos:** Tres meses consecutivos (marzo, abril y mayo del 2017) fueron monitoreadas en tres estaciones de colecta (punto limpio, punto medio y punto sucio) para medir parámetros fisicoquímicos, colectar. Identificar y contar organismos de diatomeas del grupo de diatomeas (Clase Bacillariophyceae). **Resultados:** Se obtuvieron 34 especies de diatomeas y 12 parámetros físicos químicos para medir la calidad del agua, los datos se analizaron mediante el análisis de conglomerados basado en el método de Ward y un análisis de correspondencia canónica (CCA). Los resultados indicaron que la temperatura, oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, fosfatos, sólidos disueltos, demanda química de oxígeno, nitratos, turbidez, demanda biológica de oxígeno y nitrógeno amoniacal mostraron una correlación significativa en relación con el gradiente de eutrofización. Para determinar el ITCA se utilizaron valores tróficos de 1, 2,5 y 4 de acuerdo a la abundancia de diatomeas epilíticas en cada punto de muestreo. Por lo tanto, se confirmó la hipótesis que dentro de los puntos de muestreo se encontraron condiciones Oligotróficas, *β-mesotróficas* y *α-mesotrófico*.

Palabras clave:

Diatomeas epilíticas/ cuerpos loticos/ Eutrofización/ fisicoquímica del agua / bioindicadores/ Ecuador

Abstract: Objective: The objective of this study is the composition of epilithic diatom flora in the river basin "la Compañía" Forming part of the San Pedro Hydrological System. The river "the Company" belongs to the Province of Pichincha, located to the south-east of Quito, Ecuador and its relationship with eutrophication processes.

Methods: Three consecutive months (March, April and May of 2017) were monitored at three collection stations (clean point, midpoint and dirty point) to measure physicochemical parameters, collect. Identify and count diatom organisms in the diatom group (Class Bacillariophyceae). Results: 34 species of diatoms and 12 chemical physical parameters were obtained to measure water quality, the data were analyzed by cluster analysis based on the Ward method and a canonical correspondence analysis (CCA). The results indicated that temperature, dissolved oxygen, fecal coliforms, pH, phosphates, dissolved solids, chemical oxygen demand, nitrates, turbidity, biological oxygen demand and ammoniacal nitrogen showed a significant correlation in relation to the eutrophication gradient. To determine the trophic ITCA values of 1, 2.5 and 4 according to the abundance of epilithic diatoms in at each point the sampling. For this reason, Is confirmed the hypothesis that conditions were found within the sampling points Oligotrophic, β -mesotrophic and α -mesotrophic.

Keywords:

Epilithic diatoms / lotic bodies / Eutrophication / Physicochemistry of water/ bioindicators / Ecuador

1. Introducción

El estudio nace de la necesidad de buscar nuevas alternativas para la identificación de la calidad de agua de ríos, en la actualidad existen varios métodos fisicoquímicos para su determinación, estos métodos resultan muy costosos y no proporcionan datos puntuales.

En el Ecuador existen dos estudios puntuales de identificación de diatomeas epilíticas, en el río Pita, provincia de Pichincha (Paz, 2017) y en el río Ambi ubicado al noreste del Ecuador en la provincia de Imbabura (Rosero, 2016).

La búsqueda de nuevas alternativas se evidenció a partir de los años 70, incorporando el término bioindicadores de calidad del agua, es así como se extendió a nivel internacional desarrollándose índices para evaluar la calidad de aguas de los ríos (Ortega, M.M. 1984).

Los índices biológicos se ven evidenciados debido a que los ecosistemas fluviales se ven afectados por diversas perturbaciones y en la mayoría de los casos, son afectados por acciones antrópicas que alteran el dinamismo fluvial, según Elosegui & Sabater (2009), estas alteraciones pueden ser producidas por el aumento de la densidad de población, y las actividades agrícolas e industriales, las mismas que afectan los cuerpos de agua, a través de materia orgánica, fertilizantes, aguas residuales e insumos agrícolas, resultando así cambios en la morfología e hidrología del cauce, alterando a la química de las aguas y como resultado la eutrofización.

La eutrofización de los ecosistemas acuáticos, es consecuencia de una sobrecarga continua de nutrientes que aceleran los procesos de ríos, lagos y embalses,

apareciendo los primeros efectos, como es la proliferación de algas planctónicas. Incrementado la biomasa lo que origina la transparencia del agua y una coloración más o menos verdosa (Yela, 2004)

Entre los principales impactos antropogénicos se presentan “actividades que han afectado aspectos hidrológicos y biogeoquímicos, así como la biodiversidad que causan impactos económicos y sociales; en algunos casos cambios permanentes en lagos, ríos y presas” (Tundisi, 2008).

Cabe mencionar que, organismos como la FAO, han realizado planificaciones y gestión en lo que respecta al agua, pues ello trae consigo aspectos también a nivel institucional, y no solo social, además de “la presencia de largos debates que anteceden anteproyectos de leyes de aguas y constantes propuestas de reformas a las pocas leyes aprobadas” (Dourojeanni, 2001).

A nivel de América Latina, existen países tales como Brasil, Chile y México, donde ya se han implementado cobertura hacia casos específicos y que por mucho tiempo fueron rezagados, en lo que respecta a calidad de agua, el cuidado y preservación de los recursos hídricos; a su vez que esta preocupación se hace evidente porque “América Latina y el Caribe presentan abundantes recursos hídricos en una superficie que constituye apenas el 15% de la superficie del planeta. Esta área capta casi el 30% de la precipitación y genera el 33% de la escorrentía global” (Guzmán & Calvo, 2013); razón por la que se hace énfasis en la necesidad imperante de analizar para establecer un diagnóstico del estado de las cuencas hidrográficas, pues constituyen uno de los principales recursos naturales de dichas regiones.

Es importante recalcar además que “Los humedales poseen un relevante valor ecosistémico y ambiental, además de constituirse como sistemas complejos debido a que sus condiciones responden a factores como: precipitación, la altura y la geomorfología entre otros” (Weilhoefer y Pan, 2007); debido a estas singularidades se requiere un monitoreo y conservación del manejo de dichos cambios ambientales, que van generando el deterioro de los bienes naturales.

Es necesario saber que la química “en su momento dado es una fotografía de la calidad del agua en el momento del muestreo e ignora las variaciones temporales en las variables de calidad acuática” (Rocha, 1993); esto quiere decir que los métodos químicos utilizados podrán recopilar la información en un momento dado de la calidad del lugar hidrográfico, sin embargo, también se requieren otros métodos de evaluación como es “el uso de bioindicadores que proporcionan una evaluación más completa de la calidad del agua que las medidas físicas y químicas” (Lobo E. , 2010); con ello no quiere decir que se deban dejar de lado los métodos experimentales basados en la física y química, sin embargo, si se requiere una investigación con mayor uso en el tiempo, es necesario afianzarla con los llamados bioindicadores.

Además es indispensable saber que las diatomeas cuyo nombre científico es bacillariophyceae, “constituyen un importante componente de las comunidades acuáticas, ya que forman uno de los grupos algales con mayor riqueza de distribución cosmopolita y pueden vivir en una amplia variedad de hábitats, incluso bajo condiciones extremas desde polares hasta aguas termales” (Round, Crawford,

& Mann, 1991); es decir estos componentes bióticos disponen de condiciones químicas y físicas singulares, que se han mantenido a lo largo del tiempo.

El uso indispensable de las diatomeas, “se remonta a principios del siglo XX, puesto que estas son responsables de diversos parámetros ambientales como los geológicos, así como la velocidad de la corriente, la contaminación orgánica y por metales, así como los disturbios de origen antrópico”. (Fore & Grafe, 2015)

Entre algunos análisis multivariados, relacionan a dicha comunidad biótica también con componentes de tipo abiótico, entre ellos están “análisis de componentes principales (ACP), el análisis de correlación (AC) y el análisis de correspondencia canónico (ACC)” (Mejía D. , 2011)

En Sudamérica se dieron las primeras investigaciones sobre diatomeas, como aquellos realizados por Hustedt en 1959 y Enrenberg en 1841.

Posteriormente en los trabajos de Reichardt en 1995 y Krammer en 1997, se hacen revisiones taxonómicas. Metzeltin y Lange-Bertalot en 2007 mencionan que en las regiones tropicales la diatomoflora es muy diferente respecto a las zonas templadas, debido principalmente a la influencia de la altitud. (Mejía D. , 2011)

Es decir que existen ya algunas investigaciones acerca del tema, y por supuesto en Sudamérica, ya que como se ha dicho es el continente que mayor hidrografía posee, razón por la que se considera un referente idóneo para dichas investigaciones.

Por lo tanto es necesario analizar esta situación que preocupa a nivel mundial y en especial a América Latina, mediante métodos fisicoquímicos y a nivel biológico, que

tengan plena garantía de observación de los niveles de contaminación en aguas corrientes del Ecuador.

El río “la Compañía”, está ubicado en el Cantón Mejía el mismo que se caracteriza por “tener una superficie de 5,840 km², y su ubicación está al suroriente de la provincia de Pichincha, su temperatura está entre 15.1 y 20,5° C, además de su altitud entre 2945 y 4786 msnm”; en dicho sector las cuencas hidrográficas constituyen uno de los principales atractivos a nivel nacional, entre los principales ríos están “el Pasochoa, Río Pilatón, río Blanco, la microcuenca San Pedro, entre otros como el Río La Compañía” (Gobierno Autónomo de Pichincha, 2011)

Así las características de sus ríos específicamente son “su capacidad de drenaje rectangular, subparalelo, radical, con curso alineado y cambios de dirección, así las áreas tienen una pendiente media del 4%” (Gobierno Autónomo de Pichincha, 2011); los microorganismos como las diatomeas epilíticas de acuerdo a su grado de eutrofización constituye el objeto de estudio del presente documento.

En lo que respecta a la eutrofización se hace referencia a “la acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, a causa de proliferación de algas” (Guzmán & Calvo, 2013); que también forma parte del estudio actual, que será obtenido en base a los resultados del muestreo realizada en las visitas mensuales de marzo, abril y mayo 2017, tal como se observa en la metodología, para luego pasar a sus correspondientes resultados y conclusión del estudio.

Conociendo que en el río “la Compañía” y los puntos de muestreo, partimos que en el punto inicial no existe una actividad antrópica y en los puntos siguientes existe una actividad antrópica las cuales podrían estar en un sistema mesotrófico.

Se espera que la composición de especies en el punto inicial sea diferente a los puntos dos y tres. Además, que la diversidad en el punto inicial sea mayor que en los puntos dos y tres. Y que dentro de los puntos de muestreo se espera encontrar una condición Oligotrófico, que se interpretan como aguas claras casi sin contaminación, el punto dos corresponda a β -mesotrófico, interpretándose como aguas claras con contaminación moderada y el punto tres corresponden a mesotrófico que indica aguas con contaminación fuerte.

Se determinó la calidad del agua desde el punto de vista físico-químico y microbiológico en diferentes puntos y en forma periódica (3 meses) en el río “la Compañía”.

Además se determinó especies indicadoras de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río “la Compañía”.

2. Materiales y Métodos.

2.1 Área de estudio

La cuenca del río “la Compañía” formando parte del Sistema Hidrológico San Pedro. El río “la Compañía” pertenece a la Provincia de Pichincha, ubicado al sur-oriente de Quito, Ecuador, esta cuenca es importante no solo por su extensión, sino también por el volumen de descarga que aporta al río San Pedro y la aplicabilidad de

usos de sus comunidades aledañas. La cuenca del río “la Compañía” cubre un área de 5,840 km², con altitudes que van de los 2945-4786 msnm. El clima es templado, con lluvias en invierno y sequías en verano. La estación climática húmeda (invierno) está distribuida de enero a junio. La temperatura media es de 15.1°C (Mejía M. d., 2003).

2.2 Colección de datos

Se realizaron visitas mensuales (marzo, abril y mayo 2017) en tres estaciones de muestreo seleccionadas a lo largo del Río La Compañía (Figura 1). Para coleccionar, identificar y contar muestras de organismos del grupo de diatomeas (Clase Bacillariophyceae). Para el análisis cualitativo y cuantitativo, las muestras de diatomeas de cada sitio se obtuvieron mediante el raspado con un cepillo de dientes de la cara superior de 3 a 5 piedras sumergidas, lavadas con agua destilada y fijadas con formaldehído, siguiendo el método descrito por (Mayama, 1982).

Las muestras se limpiaron con Ácido sulfúrico, Clorhídrico y Dicromato de Potasio, además se utilizó un agitador VORTEX MIXER, esencial para lograr una suspensión de las diatomeas y una mejor limpieza de las muestras y montadas en placas permanente con Naphrax y debidamente identificadas.

Para estimar la abundancia relativa de la especie, se identificaron todos los organismos encontrados en puntos aleatorios bajo microscopía óptica a través de las diapositivas permanentes preparadas y se contaron hasta un mínimo de 897 válvulas utilizando una Leica DM750. Para la identificación de especies, se hicieron las siguientes referencias taxonómicas (Metzelin y Lange-Bertalot, 1998, Metzelin y Lange-Bertalot, 2000). Las especies abundantes se calcularon de acuerdo con Lobo

y Leighton (1986). Las diapositivas permanentes se almacenan en el Herbario del Departamento de Limnología, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador

Se utilizó el método del flotador, descrito por (Altamirano, 2013) para determinar el caudal del río “la Compañía”.

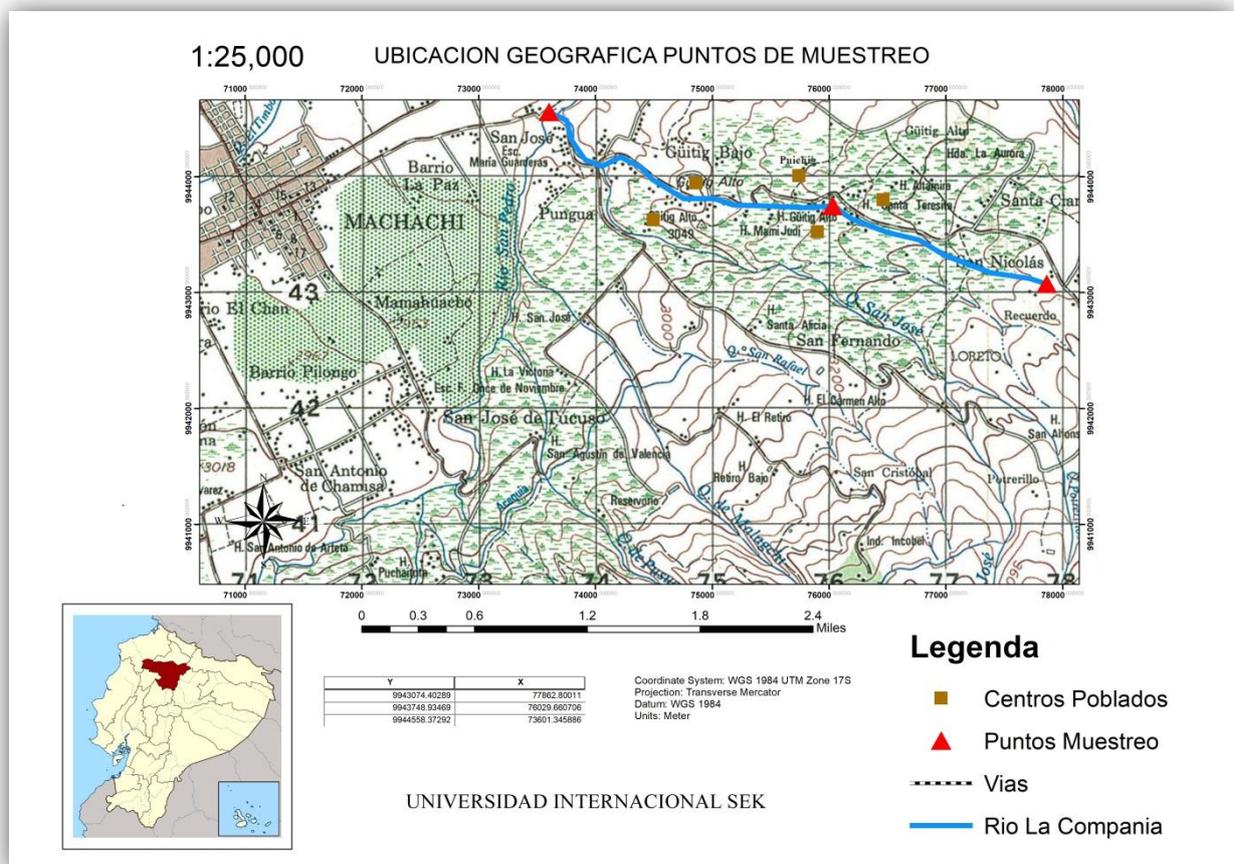


Figura 1. Mapa del área de estudio y ubicación de la Cuenca Hidrográfica del río “la Compañía”, Cantón Mejía, y los tres puntos de muestreo a lo largo de la cuenca con los siguientes códigos: P1 (punto limpio), P2 (punto medio) y P3 (punto sucio)

Las variables físicas y químicas analizadas fueron la temperatura del agua, el pH, la turbidez, el oxígeno disuelto, la conductividad medida en el campo con Multiparámetro HACH ©, y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de 5 días, el nitrógeno amoniacal, fosfato, HACH (Hach, nd) utilizando ácido ascórbico 8048, espectrofotómetro HACH 4000 con una longitud de onda de 890 nm. Se determinó el amoníaco método colorimétrico HACH 8038, espectrofotómetro HACH 400 con una onda de longitud de 425 nm.

Tabla 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de la Cuenca Hidrográfica del río “la Compañía”, Cantón Mejía

Código	Río	Puntos	Barrios	Haciendas	Ubicación	
P1	rio “la Compañía”	Limpio			994.307.440.289	7.786.280.011
P2	rio “la Compañía”	Medio		Hda. La Aurora	994.374.893.469	76.029.660.706
				Hda. Santa Teresita		
				Hda. Guitig Alto		
P3	rio “la Compañía”	Sucio		Hda. Altamira	994.455.837.292	73.601.345.886
			Guitig Alto			
			Guitig Bajo			
			Puichig			

3. Resultados

3.1. Indicadores abióticos

3.1.1. Análisis IN SITU

- pH**

Durante las etapas del muestreo su comportamiento ha ido de ligeramente ácido a ligeramente básico, con rangos de 6,45 a 7,83

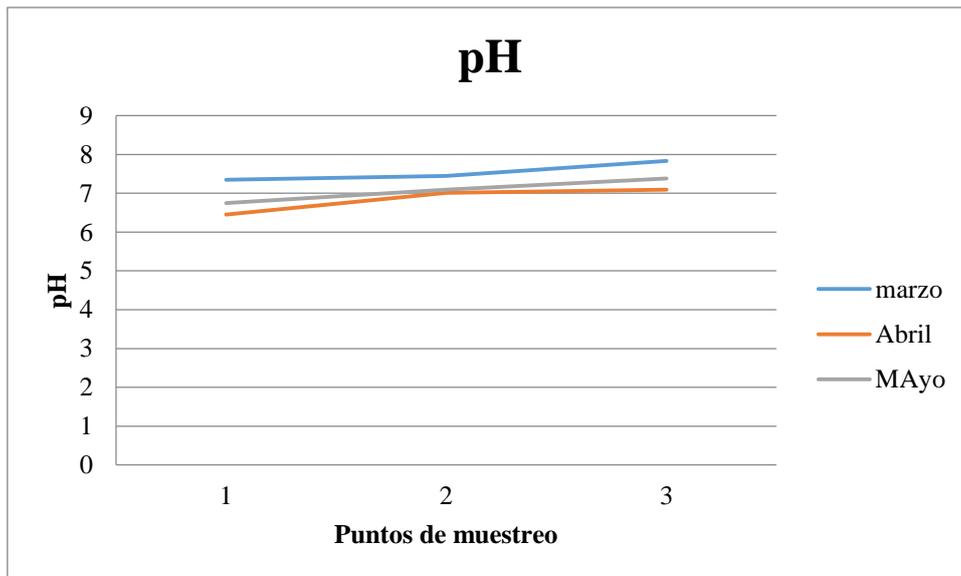


Figura 2. pH obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

- **Temperatura**

La temperatura a lo largo de los puntos de muestreo ha ido disminuyendo, esto se debe a las fuertes lluvias y la hora de los muestreos (07:30 – 11:30), tiene una variación de 2°C, las mediciones van de 14,4 °C a 16,2°C.

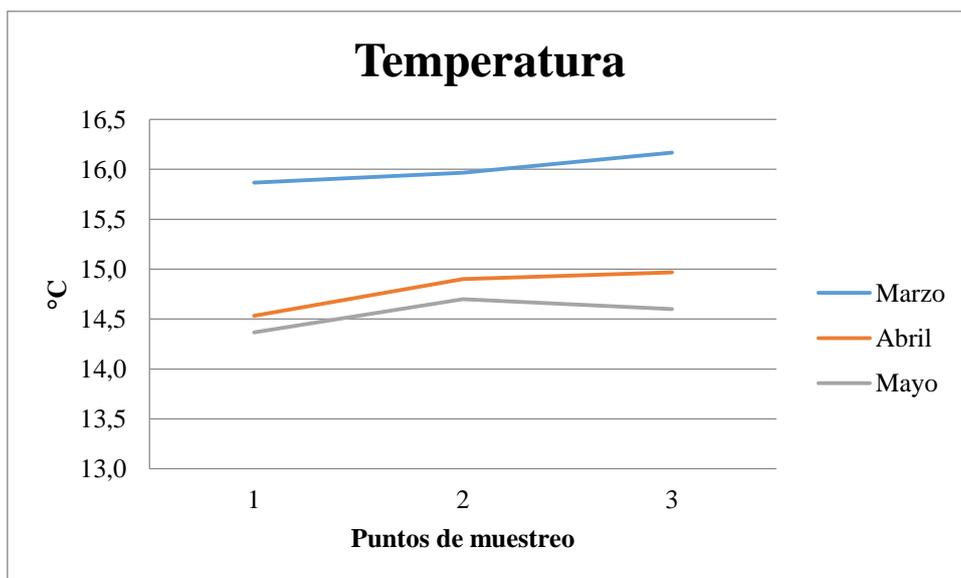


Figura 3. Temperatura obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

- **Conductividad**

En el punto uno y punto dos de muestreo en los tres meses la conductividad se encuentra 433 us/cm a 474 us/cm, disminuyendo progresivamente en el punto tres a 298 us/cm.

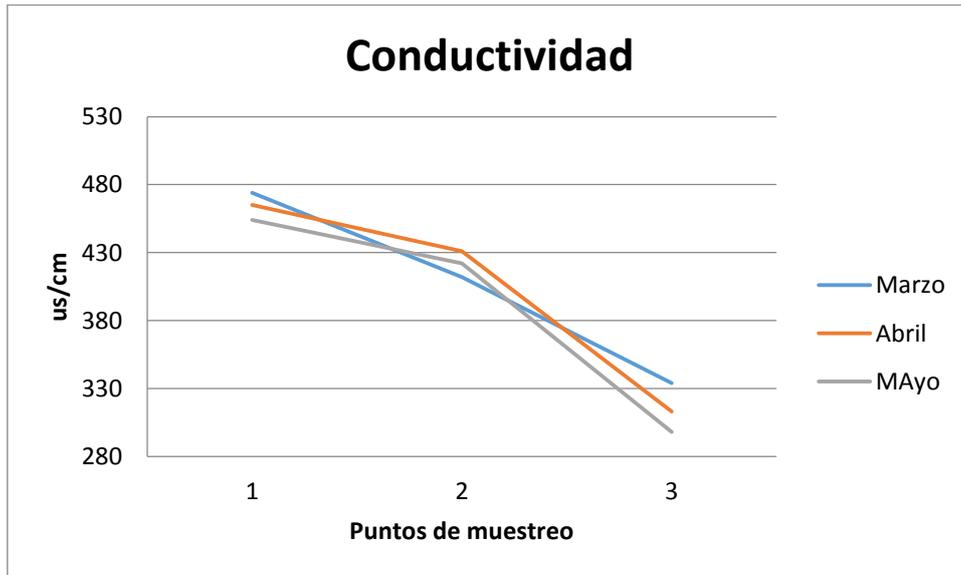


Figura 4. Conductividad obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

- **Oxígeno disuelto**

En los periodos de muestreo se presenta un promedio de 5,20 mg/L en P1, 6,9 mg/L en P2 y 7 mg/L en P3, incrementando el oxígeno disuelto a medida que el caudal del río aumenta.

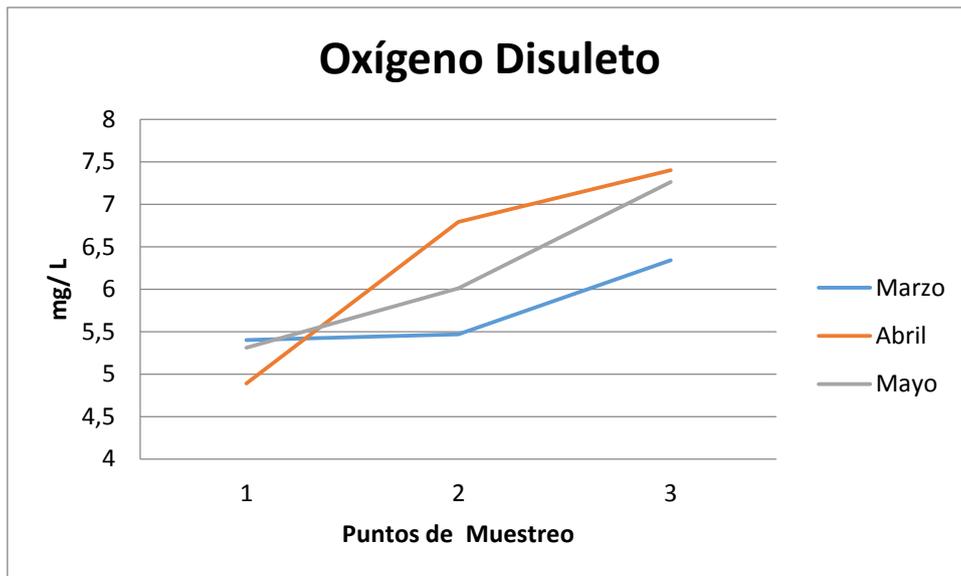


Figura 5. Conductividad obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

3.2. Análisis en laboratorio

- **Fosfato**

En los periodos de muestreo se presenta un promedio de 0,471 mg/L en P1, 0,661 mg/L en P2 y 0,930 mg/L en P3, incrementando el incrementando los fosfatos a medida que el río se contamina.

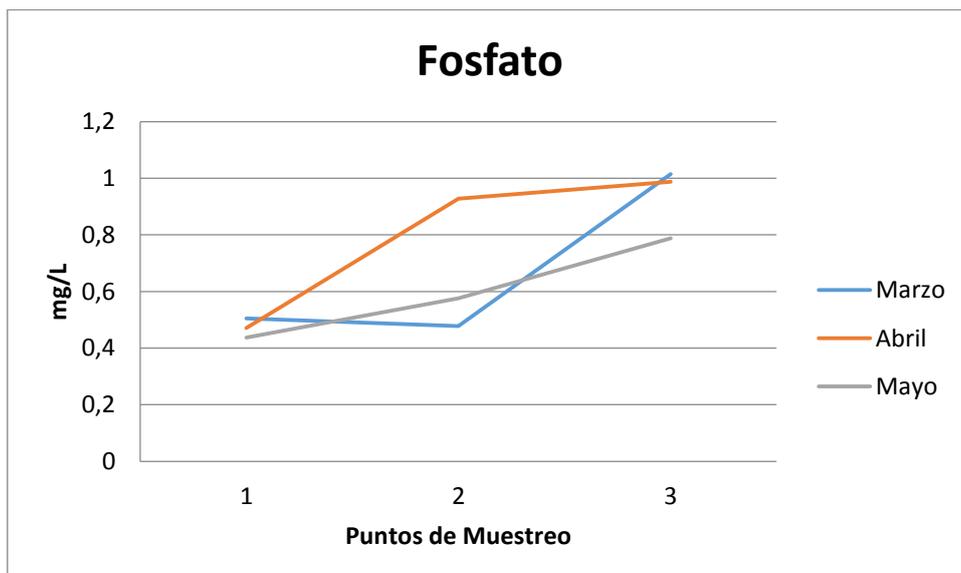


Figura 6. Fosfato obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

- **Nitrógeno Amoniacal**

Durante los periodos de marzo y abril el nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) oscila de 0,037 mg/l a 0,401 mg/l, lo cual indica una baja en el desarrollo bacteriano, mientras que en mes de mayo hay un aumento de 0,515 mg/l de $\text{NH}_3\text{-N}$, indicando acumulación de nitrógeno amoniacal.

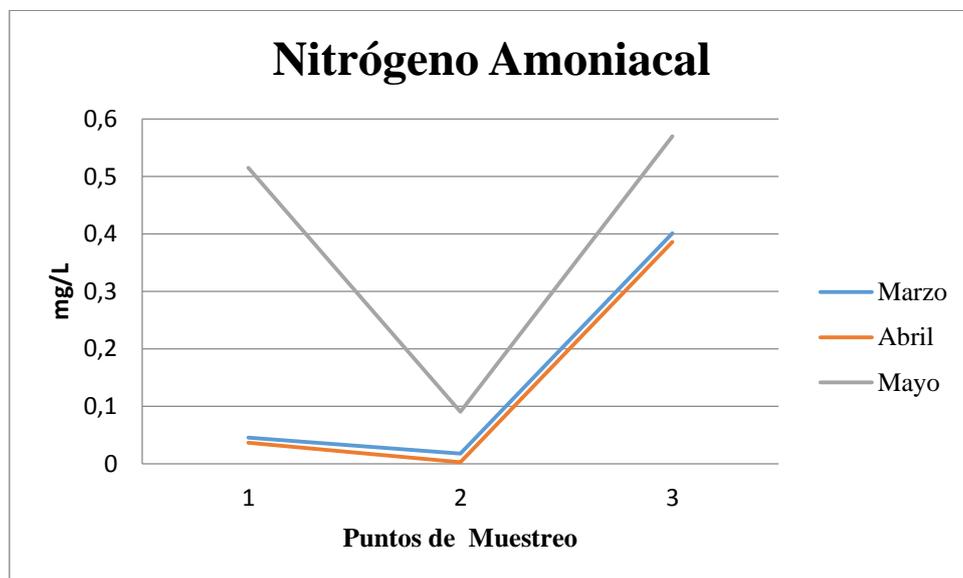


Figura 7. Nitrógeno amoniacal obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

- **Turbidez**

La turbidez en los Puntos Uno y dos presentan sólidos en suspensión bajos lo cual les da una característica de agua cristalina, con valores promedio de 1,25 y 3,94 FAU, a diferencia de los puntos sucios (punto tres), con un promedio de 45,64 FAU.



Figura 8. Turbidez obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

- **Demanda química de oxígeno**

En los puntos de muestreo, uno y dos de los meses marzo, abril y mayo se observa un promedio de 4,67 mg O₂/L, lo que indica bajo consumo de oxígeno debido a sustancias reductoras presentes en el agua, mientras en el punto tres presenta en promedio 26 mg O₂/L lo que indica oxidación de las sustancias reductoras presentes en el agua.

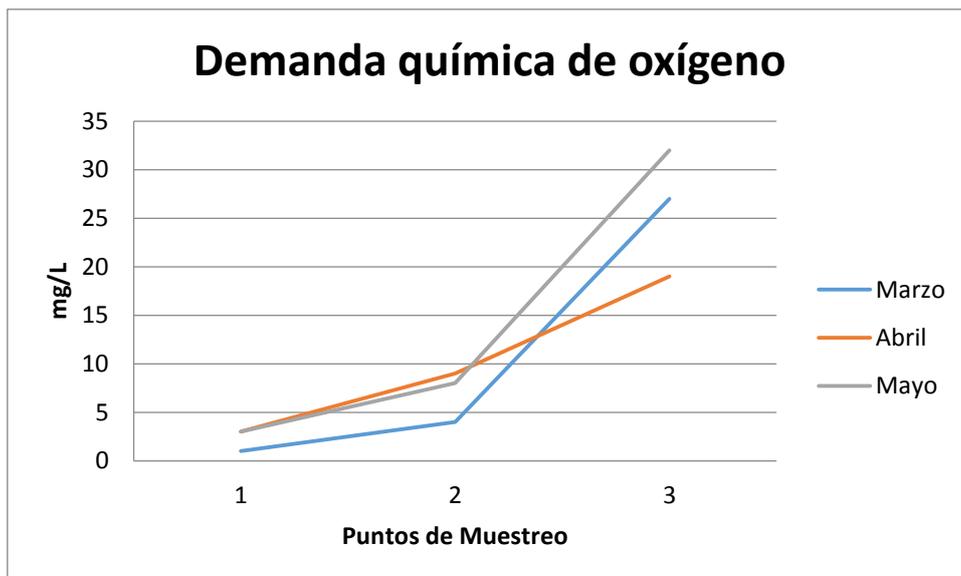


Figura 9. Demanda química de oxígeno obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

- **Demanda bioquímica de oxígeno**

En el mes de mayo las cantidades de oxígeno requerida por los microorganismos aerobios va creciendo exponencialmente mientras que en los meses de marzo y abril en promedio presentan niveles de oxígeno que van de 4,270 mg O₂/L y mg 5,60 O₂/L, en el punto tres hay un incremento de 8,07 mg O₂/L, lo que indica elevado consumo de oxígeno por parte los m/o aerobios.

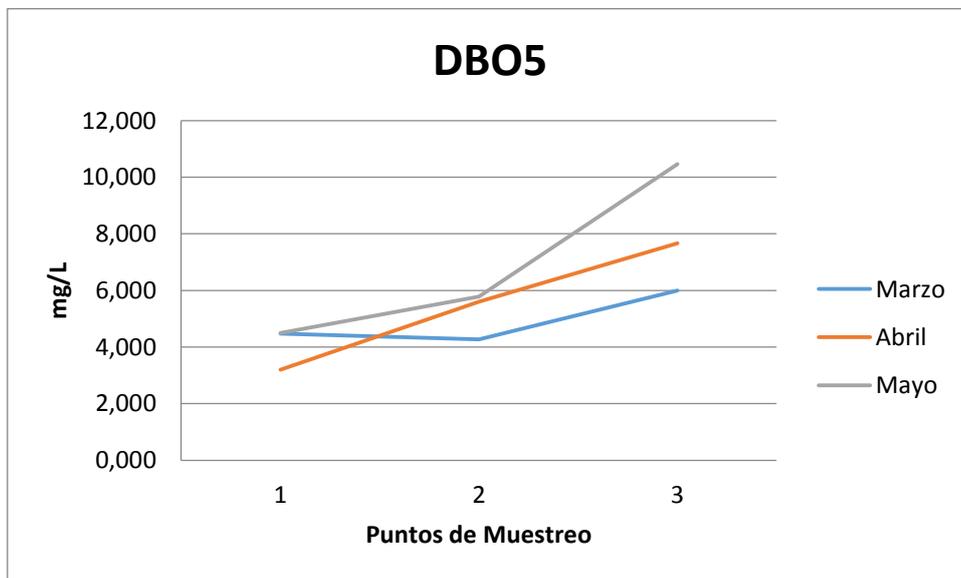


Figura 10. Demanda bioquímica de oxígeno obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”

3.3. Índice de calidad del Agua

Como se muestra en la tabla 4, los nueve parámetros fisicoquímicos indican los niveles de contaminación del agua, calificándolos de la siguiente manera: para el punto uno (punto Limpio) en los meses de marzo, abril y mayo tienen una calificación de buena, en el punto dos (punto medio) en los tres meses de muestreo se presentó una calificación de regular y el punto tres (punto sucio) en los meses de marzo, abril y mayo

presento una calificación de malo con un promedio de 35,54 como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos según el IQA-DATA en estaciones de muestreo ubicadas en el río “la Compañía”

Puntos	Valor de IQA	Calificación
P1 m	70,91	Bueno
P2 m	51,68	Regular
P3 m	32,48	Malo
P1 a	71,61	Bueno
P2 a	50,03	Regular
P3 a	36,75	Malo
P1 my	72,79	Bueno
P2 my	51,1	Regular
P3 my	37,41	Malo

Tabla 3. Rangos para determinar el Índice de calidad del agua

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

3.3.1. Variables que representan mayor impacto en la clasificación del índice de calidad del agua (IQA)

- Punto uno (Punto limpio)

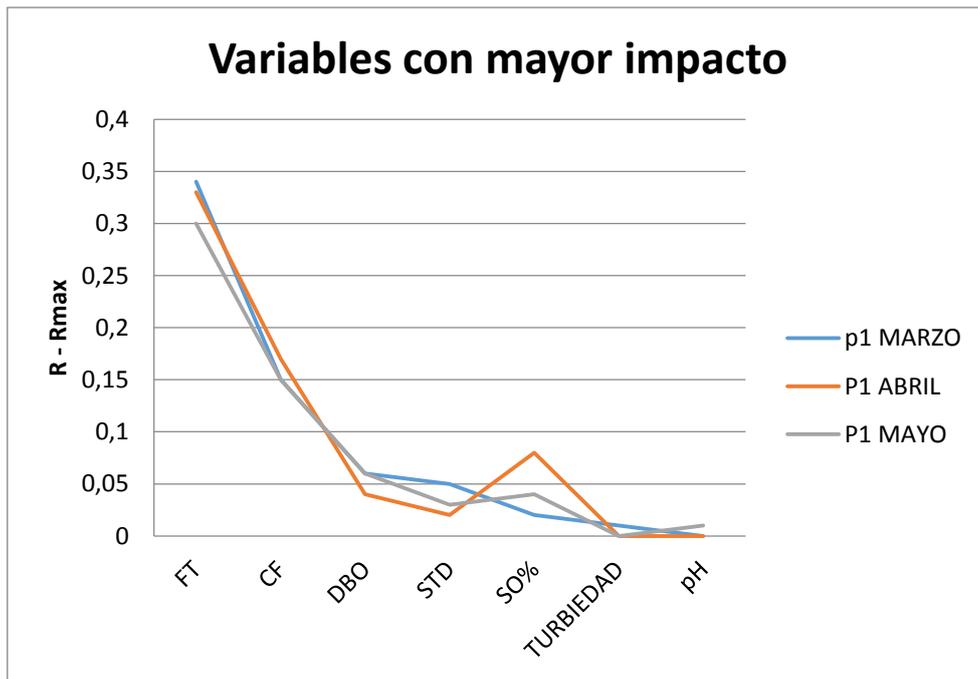


Figura 11. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”, punto limpio.

En el mes de marzo, los parámetro fosforo total tiene un valor de 0,34 el cual representa el 67,14% del aporte para determinar el IQA, mientras que las coliformes fecales tiene un valor de 0,15 el cual representa el 20,22% del aporte para determinar el IQA, como se muestra en la figura 11.

En el mes de abril, el fosforo total tiene un valor de 0,33 lo cual representa el 65,78 % del aporte para determinar el IQA, las coliformes fecales tiene un valor de 0,17 lo cual representa el 22,76 % y la saturación de oxigeno tiene un valor de 0,08 lo cual representa el 14,61 % del aporte para determinar el IQA.

En el mes de mayo, el fosforo total y las coliformes fecales tienen valores de 0,34 y 0,15 lo cual representa entre el 67,14% y el 20,22% del aporte para determinar el IQA.

- **Punto dos (Punto medio)**

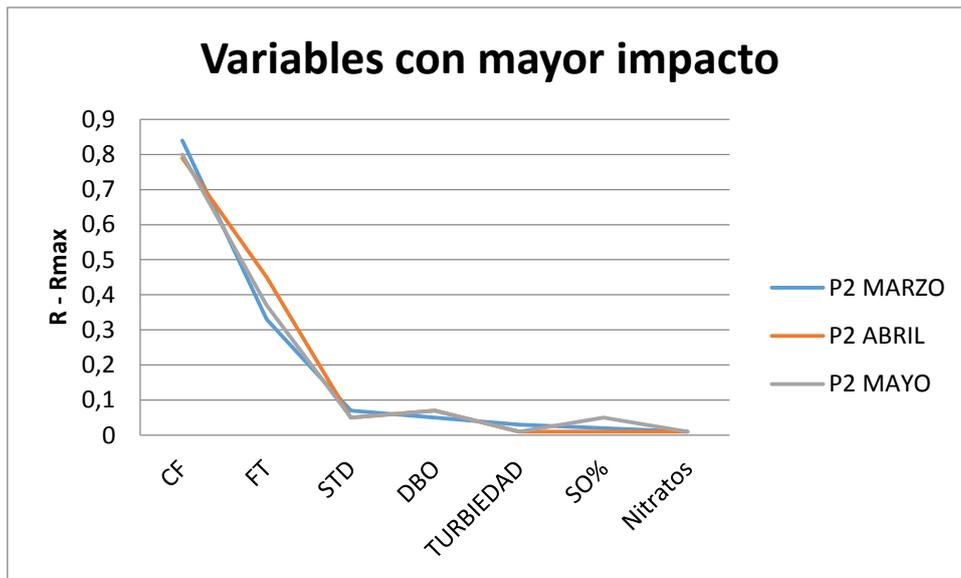


Figura 12. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”, punto medio.

En el mes de marzo, las coliformes fecales tienen un valor de 0,84 el cual representa más del 77,53 % del aporte para determinar el IQA y el fósforo total tiene un valor de 0,33 el cual representa el 66,06% del aporte para determinar el IQA.

En el mes de abril, las coliformes fecales tienen un valor de 0,79 el cual representa más del 74,91 % del aporte para determinar el IQA y el fósforo total tiene un valor de 0,45 el cual representa el 78,42 % del aporte para determinar el IQA.

En el mes de mayo, las coliformes fecales tienen un valor de 0,80 el cual representa más del 75,68 % del aporte para determinar el IQA y el fósforo total tiene un valor de 0,37 el cual representa entre el 69,97% del aporte para determinar el IQA.

- **Punto tres (Punto sucio)**

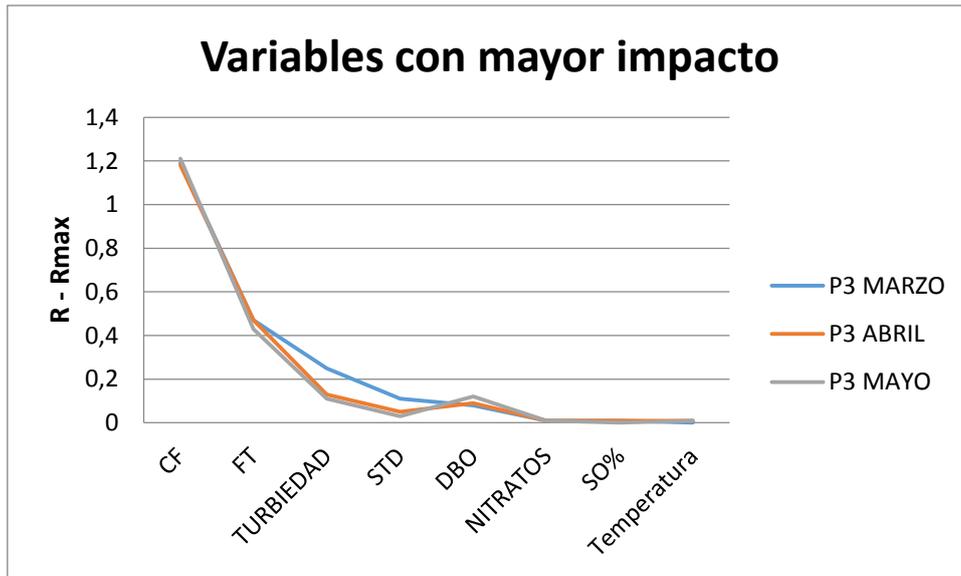


Figura 13. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”, punto sucio.

En el mes de marzo, las coliformes fecales tienen un valor de 1,19 el cual representa más el 90,20%, el fosforo total y la turbiedad tienen valores de 0,47 y 0,25 el cual representan el 79,69 y 70,04 % del aporte para determinar el IQA.

En el mes de abril, las coliformes fecales tienen un valor de 1,13 el cual representa el 89,91 %, el fosforo total tiene un valor de 0,49 el cual representa el 79,31 % del aporte para determinar el IQA.

En el mes de mayo, las coliformes fecales tienen un valor de 1,21 el cual representa más el 90,71 % y el fosforo total tiene un valor de 0,43 el cual representa el 75,94 % del aporte para determinar el IQA

Los parámetros que no fueron mencionados representan menos del 10%.

Tabla 4. Datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación del IQA el río “la Compañía”

variables abióticas	T(°C)	pH	Oxi. Disuelto(mg/L)	DBO5 (mg/L)	nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/L)	Coliformes UFC/100ml	Solidos disueltos totales (mg/L)	Turbidez (FTU)
P1 m	15,9	7,35	5,4	4,470	0,16	0,505	5	400	3
P2 m	16,0	7,45	5,47	4,270	0,38	0,478	1300	478	6,31
P3 m	16,2	7,83	6,34	6,000	0,555	1,0145	14000	1333	78
P1 a	14,5	6,45	4,89	3,20	0,15	0,471	6	250	0,21
P2 a	14,9	7,01	6,79	5,60	0,415	0,9275	900	400	2,29
P3 a	15,0	7,09	7,4	7,67	0,475	0,988	13000	414	32,82
P1 my	14,4	6,75	5,31	4,50	0,21	0,437	5	300	0,54
P2 my	14,7	7,09	6,01	5,78	0,38	0,576	1000	431	3,21
P3 my	14,6	7,38	7,26	10,47	0,505	0,788	16000	306	26,1

3.4. Indicadores bióticos

Se identificaron un total de 34 especies de diatomeas epilíticas, ver anexo B, exclusivamente en el punto uno (punto limpio) se encontraron 5 especies abundantes: *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot, *Achnanthes inconspicua*, *Planothidium lanceolatum*. Brébisson ex Kützing, *Planothidium dubium*. Round & Bukhtiyarova, *Mayamaea permitis*. Hustedt; en el punto dos (punto medio) se encontraron 7 especies abundantes: *Pinnularia sp.*, *Frustulia guayanensis ssp. Ecuatoriana*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia amphibia* Grunow, *Fragilaria vaucheriae*, *Planothidium lanceolatum*. Brébisson ex Kützing, *Achnanthes inconspicua*; en el punto tres (punto sucio) se encontraron 4 especies abundantes: *Navicula lanceolata*, *Planothidium frequentissimum*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia sp.* Además existieron especies que se encontraron en los tres puntos, como son: *Planothidium frequentissimum*, *Achnanthes inconspicua*, *Planothidium lanceolatum*, *Navicula lanceolata*, *Navicula gregaria*, *Frustulia guayanensis ssp. Ecuatoriana*, *Mayamaea permitis*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia palea*.

El análisis cuantitativo y la identificación de los taxones de las especies encontradas se realizó mediante las siguientes referencias: (Roa, 2009); (Rodríguez, 2007); (Lobo E. A., 2016).

Las especies abundantes se determinaron dividiendo el número de diatomeas totales entre el número de especies, considerando como abundantes las que están por encima de la media, ver (Tabla 5, 6 y 7), según Lobo et al, 2016. Por lo tanto para el punto uno se consideró un valor superior a 142, para el punto dos un valor superior a 135, y para el punto tres un valor superior a 128.

Durante los meses de Marzo, Abril y Mayo se recolectaron muestras de diatomeas con una frecuencia de treinta días.

Tabla 5. Especies de Diatomeas encontradas en el Punto uno (Punto Limpio)

#	Especie	Marzo	Abril	Mayo	Especies abundantes
1	<i>Gomphonema sp.</i>	6	27	23	56
2	<i>Planothidium frequentissimum</i>	206	104	147	457
3	<i>Achnanthes inconspicua</i>	112	99	76	287
4	<i>Planothidium lanceolatum</i>	219	373	255	847
5	<i>Navicula lanceolata</i>	11	6	-	17
6	<i>Navicula gregaria</i>	24	27	23	74
7	<i>Gomphonema lagenula</i>	17	-	-	17
8	<i>Pinnularia sp.</i>	5	49	1	55
9	<i>Planothidium dubium</i>	147	96	144	387
10	<i>Planothidium rostratum</i>	4	2	-	6
11	<i>Frustulia guayanensis ssp. Ecuatoriana</i>	2	23	8	33
12	<i>Mayamaea permitis</i>	143	55	113	311
13	<i>Ulnaria ulna</i>	-	1	-	1
14	<i>Fragilaria arcus</i>	-	4	-	4
15	<i>Nitzschia amphibia</i>	-	5	-	5
16	<i>Gomphonema parvulum</i>	-	20	-	20

17	<i>Gomphonema cf. subclavatum</i>	-	7	-	7
18	<i>Nitzschia palea</i>	-	-	5	5
19	<i>Planothidium biporum</i>	-	-	4	4
TOTAL		897	897	897	2691

Tabla 6. Especies de Diatomeas encontradas en el Punto dos (Punto Medio)

#	Especie	Marzo	Abril	Mayo	Especies abundantes
1	<i>Gomphonema cf. subclavatum</i>	14	6	11	32
2	<i>Planothidium frequentissimum</i>	30	-	75	105
3	<i>Navicula lanceolata</i>	11	26	15	52
4	<i>Pinnularia sp.</i>	65	45	49	158
5	<i>Gomphonema capitatum</i>	0	-	-	0
6	<i>Frustulia guayanensis ssp. Ecuadoriana</i>	93	19	56	168
7	<i>Navicula gregaria</i>	51	56	50	157
8	<i>Nitzschia amphibia</i>	62	14	59	135
9	<i>Gomphonema lagenula</i>	5	8	26	39
10	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	94	202	89	385
11	<i>Planothidium lanceolatum</i>	201	344	313	859
12	<i>Achnanthes inconspicua</i>	136	73	119	328
13	<i>planothidium incuriatum</i>	132	-	-	132
14	<i>Mayamaea permitis</i>	-	78	-	78
15	<i>Nitzschia palea</i>	-	8	-	8
16	<i>Gomphonema saprophilum</i>	-	11	-	11
17	<i>Fragilaria recapitellata</i>	-	8	-	8
18	<i>Pinnularia sp.</i>	-	-	-	1
19	<i>Nitzschia inconspicua</i>	-	-	34	34
20	<i>Encyonema leibleinii</i>	2	-	-	2
TOTAL					2691

Tabla 7. Especies de Diatomeas encontradas en el Punto tres (Punto Sucio)

#	Especie	Marzo	Abril	Mayo	Especies abundantes
1	<i>Navicula lanceolata</i>	55	49	51	155
2	<i>Navicula tripunctata</i>	8	-	-	8
3	<i>Planothidium frequentissimum</i>	373	332	395	1100
4	<i>Gomphonema parvulum</i>	1	-	-	1
5	<i>Nitzschia amphibia</i>	9	13	13	35
6	<i>Nitzschia inconspicua</i>	338	94	185	655
7	<i>Nitzschia sp.</i>	36	138	45	221
8	<i>Navicula gregaria</i>	10	49	49	107

9	<i>Planothidium incuriatum</i>	8	17	12	37
10	<i>Cocconeis lineata</i>	6	2	-	8
11	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	21	55	35	111
12	<i>Achnanthes inconspicua</i>	33	-	-	33
13	<i>Gomphonema pseudoclavatum</i>	-	4	-	4
14	<i>Rhopalodia operculata</i>	-	2	-	2
15	<i>Mayamaea permitis</i>	-	37	10	47
16	<i>Nitzschia palea</i>	-	17	-	17
17	<i>Gomphonema pseudoaugur</i>	-	34	-	34
18	<i>Frustulia guayanensis ssp. Ecuatoriana</i>	-	55	-	55
19	<i>Luticola cf. goeppertiana</i>	-	1	-	1
20	<i>Planothidium lanceolatum</i>	-	-	100	100
21	<i>Fragilaria recapitellata</i>	-	-	-	2
TOTAL					2691

Para la determinación del índice trófico de calidad del agua se asignaron valores tróficos a las especies abundantes de cada punto de muestreo, obteniendo las siguientes resultados, ver las tablas 8,9,10.

Tabla 8. Valores tróficos de los meses, Marzo, Abril y Mayo de 2017

PUNTO LIMPIO, P1			
#	Especie	h	vt
1	<i>Planothidium frequentissimum</i>	457	1
2	<i>Achnanthes inconspicua</i>	287	1
3	<i>Planothidium lanceolatum</i>	847	1
4	<i>Planothidium dubium</i>	387	1
5	<i>Mayamaea permitis</i>	311	4

Tabla 9. Valores tróficos de los meses, Marzo, Abril y Mayo de 2017

PUNTO MEDIO, P2			
#	Especie	h	vt
1	<i>Pinnularia sp.</i>	158	3,2
2	<i>Frustulia guayanensis ssp. Ecuatoriana</i>	168	4
3	<i>Navicula gregaria</i>	157	4
4	<i>Nitzschia amphibia Grunow</i>	135	2,5
5	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	385	2,5

6	<i>Planothidium lanceolatum</i> . <i>Brébisson ex Kützing</i>	859	1
7	<i>Achnanthes inconspicua</i>	328	1

Tabla 10. Valores tróficos de los meses, Marzo, Abril y Mayo de 2017

PUNTO SUCIO, P3			
#	Especie	h	vt
1	<i>Navicula lanceolata</i>	155	4
2	<i>Planothidium frequentissimum</i>	1100	1
3	<i>Nitzschia inconspicua</i>	655	4
4	<i>Nitzschia sp.</i>	221	4

Tabla 11. Índice trófico de calidad del agua encontrado

	ITQA	Niveles de contaminación
P1	1,4	Oligotrófico
P2	2	β -mesotrófico
P3	2,5	α -mesotrófico

Entre las especies abundantes, *Planothidium dubium* es abundante solo en el punto uno (punto limpio), *Planothidium frequentissimum* lo encontramos abundante en los tres puntos, *Fragilaria vaucheriae* es abundante solo en el punto dos, *Nitzschia inconspicua* y *Nitzschia sp.*, son abundantes en el punto tres (punto sucio).

Tabla 12. Relación entre el Índice Trófico de calidad de Agua (ITQA) y la calidad del agua, Lobo (2016)

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

3.5. Análisis multivariado

3.5.1. Análisis de conglomerados o análisis cluster

Como se evidencia en la figura 14, se han creado tres grupos, el primer grupo que esta de color azul que contiene los puntos P1 (punto limpio) de los meses de marzo, abril y mayo, el segundo grupo que se forma es el de color verde que contiene los puntos P2 (punto medio) que involucran los meses de marzo, abril y mayo y el tercer grupo conformado por el color rojo involucran los puntos P3 de los meses de marzo, abril y mayo (punto sucio).

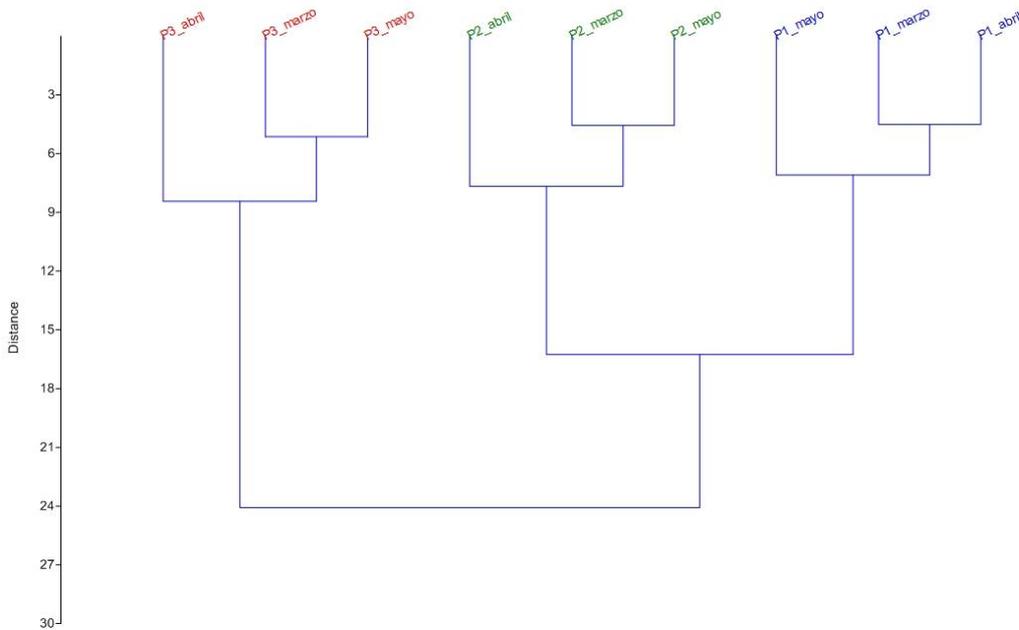


Figura 14. Dendrograma de los puntos de muestreo y las especies de diatomeas epilíticas encontradas en los meses de marzo, abril y mayo en la Cuenca Hidrográfica del río “la Compañía”, Cantón Mejía.

3.5.2. Análisis de correspondencia canónica

Se utilizó el análisis multivariado, con el fin de identificar la relación que existe entre las diatomeas encontradas en los meses de marzo, abril, mayo y los datos abióticos, revelándose 72,74% de la variabilidad total de los datos en los tres primeros ejes (tabla 12).

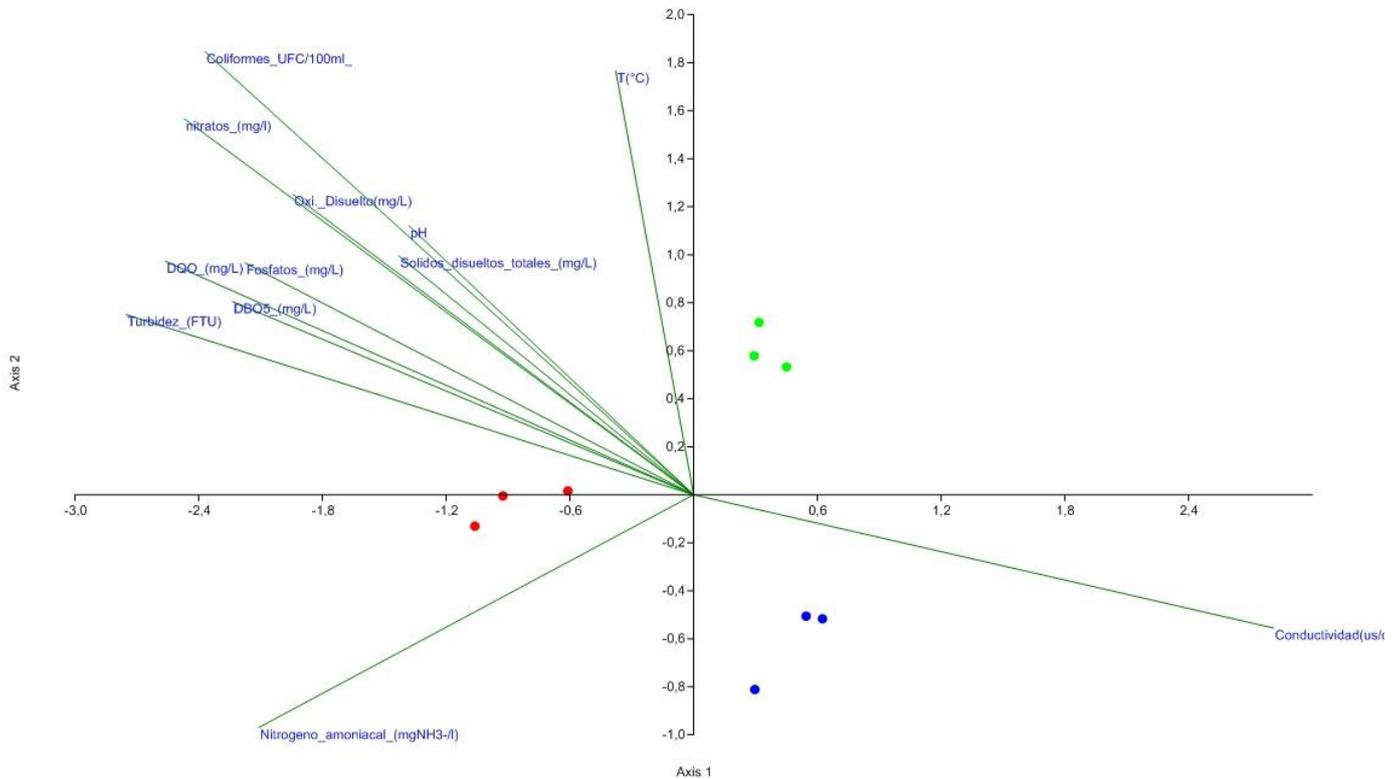


Figura 15. Diagrama de dispersión basado en la CCA de las muestras de diatomeas de tres estaciones de muestreo, correlacionadas con las variables ambientales con relación a los ejes 1 y 2: Temperatura, pH, Conductividad (us/cm), Oxi. Disuelto (mg/L), DBO5 DQO (mg/L), nitratos (mg/l), Nitrógeno amoniacal (mgNH3-l), Fosfatos (mg/L), Coliformes fecales UFC/ml, Solidos disueltos totales (mg/L), Turbidez (FTU). El color azul muestra los puntos Limpios, el verde muestra los puntos medios y el rojo muestra los puntos sucios.

El análisis de correspondencia canónico reveló un 58,25 %, de la variación total en los dos ejes referenciados para el estudio, con valores para los ejes de 39,64% y 26,21% respectivamente (tabla 13). Según (Prentice, 1988) explica la complejidad de los factores abióticos en la determinación de la composición de comunidades de diatomeas. Con las permutaciones de Monte Carlo reveló que la ordenación fue significativa ($p < 0,42$) para los ejes 1, 2 y 3.

En cuanto a los coeficientes canónicos, a lo largo del eje 1, con el 35,07% de la varianza explicada revelan que la conductividad (ms/cm) tiene un valor de ($r = 0,94$), se correlacionan fuertemente con las especies de color azul (punto limpio) como se muestra en la figura 15. La temperatura se correlaciona fuertemente con el eje 2, los puntos de color verde representan el punto dos (punto medio) de los meses de marzo, abril y mayo. En cuanto al primer eje muestran las variables más importantes que representan a los puntos de color rojo (punto sucio) de los meses de marzo, abril y mayo, son: oxígeno disuelto ($r = -0,67$), DBO5 ($r = -0,38$), DQO ($r = -0,85$), nitratos ($r = -0,85$), Nitrógeno amoniacal ($r = -0,70$), Fosfatos ($r = -0,43$), coliformes fecales ($r = -0,82$), sólidos disueltos ($r = -0,05$) y la turbidez ($r = -0,88$), (tabla 13).

Tabla 13. Resumen de resultados de CCA de la matriz de propiedades fisicoquímicas y diatomeas epilíticas en los tres puntos de muestreo.

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues (λ)	0,39645	0,26211	0,16379
Percentage of explained variance (%)	35,07	23,18	14,49
Cumulative variance (%)	35,07	58,25	72,74
Monte Carlo test(p)eigenvalues	0,4455	0,7426	0,07921

Tabla 14. Coeficientes canónicos y correlaciones de interés de doce parámetros fisicoquímicos con los ejes 1,2 y 3, utilizando 34 variables bióticas.

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
T(°C)	-0,13	0,59	0,12
pH	-0,58	0,50	-0,44
Conductividad(ms/cm)	0,94	-0,17	0,17
Oxi._Disuelto(mg/L)	-0,67	0,59	0,10
DBO5_(mg/L)	-0,38	-0,17	0,13
DQO_(mg/L)	-0,85	0,32	-0,22
nitratos_(mg/l)	-0,85	0,31	-0,13
Nitrogeno_ amoniacal (mgNH3-/L)	-0,70	-0,32	-0,15
Fosfatos (mg/L)	-0,43	0,35	-0,05
Coliformes (UFC/mL)	-0,82	0,58	-0,13
Solidos_disueltos_totales_(mg/L)	-0,05	0,03	-0,56
Turbidez_(FTU)	-0,88	0,21	-0,33

4. Discusión

A partir de los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis que establece que dentro de los puntos de muestreo se encuentra una condición oligotrófico que se interpretan como aguas claras con baja contaminación, el punto dos corresponde a β -mesotrófico, interpretándose como aguas claras con contaminación moderada y el punto tres corresponde a α -mesotrófico que indica aguas con contaminación fuerte.

Esos resultados guardan relación con el estudio realizado por Paz et al (2017) cuyo objetivo fue determinar niveles de eutrofización en el río Pita, encontrando condiciones: Xenosapróbica, Oligosapróbica y β mesosapróbica, estos resultados se basan en la escala propuesta por SLÁDEČEK, (1979). Además, el estudio realizado por (Rosero, 2016), el cual fue establecer un índice biótico de calidad del agua, señala que existen variaciones espaciales y temporales de especies de diatomeas epilíticas que se relacionan con los parámetros fisicoquímicos y ambientales como son la presencia de materia orgánica, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígeno y temperatura, ello es acorde con lo que en este estudio se encuentra.

Los estudios realizados por estos autores no determinaron índice de calidad del agua basado en indicadores abiótico, pero si determinaron ciertos parámetros para identificar especies indicadoras, los parámetros más representativos fueron la demanda bioquímica de oxígeno y el oxígeno disuelto, factores importantes en este estudio, puesto que revelan información sobre la auto depuración que sufre el río “la Compañía”.

En cuanto a las especies tolerantes a la contaminación en los dos estudios se demostró que la *Nitzschia inconspicua* es una especie tolerante a la contaminación.

En este estudio se determinaron 12 parámetros fisicoquímicos pero en la determinación del índice de calidad del agua (ICA) (Posselt, IQA-DATA, MANUAL, 2011) se utilizaron nueve parámetros como se muestra en la tabla 4, los nueve parámetros fisicoquímicos indican los niveles de contaminación del agua, calificándolos de la siguiente manera: para el punto uno (punto Limpio) una calificación de buena, en el punto dos (punto medio) una calificación de regular y el punto tres (punto sucio) una calificación de malo como se muestra en la tabla 2. Estos valores fueron determinados con ayuda del IQA-DATA 2015, es un software dedicado al desarrollo e implementación de índices de calidad del agua, con referencia al modelo adoptado por la Universidad de Santa Cruz do Sul (UNISC), Brasil. (Posselt & Costa, 2010)

Las figuras 11,12,13 representan las variables físicas, químicas y microbiológicas con mayor impacto en la calificación para determinar el índice de calidad, si una de ellas varia la calificación aumentara. Las coliformes fecales se presentan en los nueve puntos de muestreo pero en los puntos tres (punto sucio) de los meses de marzo, abril y mayo sobrepasan el límite máximo permisible para aguas de consumo humano y uso doméstico, valores establecidos en el texto unificado de Legislación Ambiental ver

anexos, tabla 25. La demanda bioquímica de oxígeno sobrepasan los límites máximos permisibles en los 9 puntos según lo indica la tabla 25. El aumento de la concentración en los parámetros antes mencionados es indicativo de presencia de materia orgánica, producto de la descarga de aguas residuales, actividad agrícola.

En función a los valores de la tabla 2 se observa que existen diferentes grados de contaminación del agua en el río “la Compañía”, esto se lo corrobora con los niveles de contaminación encontrados con el estudio diatomológico.

De acuerdo con los valores obtenidos con el Índice trófico de calidad del agua presenta una similitud con índice de calidad de agua, puesto que los dos índices presentaron tres clasificaciones del estado del agua. En el IQA con calificaciones de bueno, regular y malo, y en el ITQA con niveles de contaminación de Oligotrófico, β -mesotrófico y α -mesotrófico.

Estos valores son respaldados con el análisis de correspondencia canónica, según (Legendre & Legendre 1998) se pueden analizar las relaciones de dependencia e independencia de un conjunto de variables, en este estudio se analizaron las variables físicas, químicas y, microbiológicas con las especies de diatomeas encontradas en el río la “la Compañía”, como se muestra en la gráfica 15, los puntos tres (punto sucio) están relacionados directamente, por lo tanto determinan las variables de eutrofización.

Como lo señala (Roa, 2009) el análisis de correspondencia canónicas sirve para evaluar la relación entre las especies recolectadas y las variables fisicoquímicas que modelaron el comportamiento en el río la “la Compañía”, evidenciado varias asociaciones, una de ellas las variables de eutrofización.

En cuanto a análisis *cluster* o análisis de conglomerados tuvo como propósito determinar la diferencia que existe en los nueve puntos de muestreo en función de la diversidad de especies de diatomeas, resultando un agrupamiento de los puntos limpios, puntos medios y puntos sucios en función de la distancia medida entre todos los miembros de los grupos, como se muestra en el dendrograma de la figura 14.

La determinación del caudal del río “la Compañía, permitió explicar el aumento del oxígeno disuelto en el punto tres (punto sucio), según María Altamirano en su ESTUDIO HIDROQUIMICO Y CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA DEL RIO MIRA, (2013), determino la importancia de conocer el caudal en los ríos puesto que si el caudal del río es alto, mayor será su capacidad de autodepuración cuando reciba descargas de contaminantes, mientras que en las corrientes pequeñas tienen menos capacidad de diluir y degradar desechos lo que lo llevaría a eutrofizarse. En el ANEXO S, se muestra el comportamiento que tienen los caudales del río la “la Compañía”.

5. Conclusiones

- Los fundamentos teóricos de la calidad del agua y la aplicación de los métodos físico, químicos, microbiológicos y biológicos permitieron conocer de forma global el estado actual de la calidad del agua del río la “la Compañía”, cumpliendo con los objetivos planteados, en lo que se refiere a la determinación la calidad del agua desde el punto de vista físico-químico y microbiológico en diferentes puntos. Además de la determinación de especies indicadoras de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río “la Compañía”.

- Los índices de calidad del agua aplicados en el presente estudio servirán como una herramienta científica para la ejecución de evaluaciones periódicas y futuros estudios.
- La composición de la población de diatomeas del río la compañía varía en función del grado de contaminación.
- Los métodos de análisis físicos, químicos y microbiológicos complementan los métodos biológicos y, en conjunto constituyen una base para la correcta evaluación de la calidad del agua.
- El punto tres (punto sucio) no presenta una contaminación fuerte, esto se debe a la autodepuración que sufre este tramo del río, evidenciándose con el oxígeno disuelto presente en este punto, es mayor a comparación con los puntos uno y dos. El aumento del oxígeno disuelto en este punto se debe a la reaireación producto de su caudal de 1,28 m³/s.
- Basándonos en la escala propuesta por Lobo et al, 2016, encontramos que el río la compañía no está eutrofizado.
- *Planothidium dubium* es susceptible de ser una especie indicadora de aguas limpias.
- *Planothidium frequentissimum* debido a su gran plasticidad, adaptabilidad se la encuentra en los tres puntos pero con una mayor abundancia en el punto tres.
- *Fragilaria vaucheriae* es susceptible de ser considerada como especies bioindicadores de aguas β-mesotrófico.
- *Nitzschia inconspicua* y la *Nitzschia sp* son característica de aguas α-mesotrófico y la encontramos abundante en el punto tres por lo tanto son tolerantes a la eutrofización.

- Se rechaza la hipótesis en cuanto a la diversidad en el punto inicial sea mayor que en los puntos dos y tres, puesto que se encontró mayor diversidad en el punto dos.
- El punto tres representa una menor abundancia de especies en relación con los dos puntos restantes.
- En el río “la Compañía”, existen especies no abundantes que son características de cada punto de muestreo.
- El análisis de correspondencia canónica identifico a la demanda química de oxígeno, nitratos, nitrógeno amoniacal, coliformes fecales y la turbidez como parámetros de eutrofización debido a su agrupamiento multivariado.

6. Recomendaciones

- Se recomienda continuar con el análisis del río “la Compañía”, en la estación climática seca, con ello de determinar la variabilidad de los resultados con el fin de proporcionar mayor número de los resultados y poder realizar correlaciones con la información generada.
- Para estudios posteriores puesto que no es evidente eutrofización en el punto tres(punto sucio) se recomienda buscar lugares donde el agua tenga un caudal de $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que implica corrientes pequeñas, las mismas que van a permitir menos capacidad de diluir y degradar la materia orgánica.
- Durante el muestreo es necesario tomar las debidas precauciones de seguridad, como la utilización de equipos de protección personal, como: botas de lluvia y guantes, overol impermeable, gafas y repelente de insectos.

- En el río “la Compañía”, es indispensable medir el caudal del río para ver el comportamiento del oxígeno disuelto.
- Es importante que las muestras de agua sean analizadas lo antes posible para evitar perturbaciones en las características iniciales del agua, se tiene un máximo de 24 horas previa a la refrigeración de la muestra.
- Se recomienda realizar un análisis de riqueza, diversidad y equidad.
- Se recomienda antes de realizar el fijado de placas revisar si hay presencia de diatomeas o si existe una excesiva cantidad de suciedad que dificulte el conteo de las mismas, en caso de existir suciedad repetir el mismo procedimiento de limpieza. Todo el procedimiento realizarlo en una campana extractora porque los reactivos utilizados son tóxicos.
- Se recomienda la utilización del VORTEX, es esencial para lograr una suspensión de las diatomeas y una mejor limpieza de las muestras.
- Las reacciones de limpieza son exotérmicas, al utilizar el VORTEX se recomienda tapar los tubos con corchos para evitar el desprendimiento de la mezcla.
- Antes de realizar el muestreo verificar si el equipo se encuentra calibrado y se cuenta con los reactivos necesarios.

7. Agradecimientos

- A mis padres, sin su apoyo incansable no llegaría a la meta.
- A la Universidad Internacional SEK por el apoyo académico y económico en esta investigación.
- Al Laboratorio de Limnología, Departamento de Biología y Farmacia, Universidad Santa Cruz do Sul – UNISC, por toda la información brindada.

- A mi Tutora la MSc. Susana Chamorro por su guía en el desarrollo de esta investigación.
- Al PhD. Pablo Castillejo por su tiempo y conocimientos en el desarrollo de esta investigación.
- Al PhD. Juan Carlos Navarro por la revisión de este documento.

8. Citas Bibliográficas

- Altamirano, G. (2013). *Estudio Hidroquímico y calidad del agua superficial en la cuenca del río Mira*. Quito: UCE.
- Dourojeanni, A. (2001). *Evolución de Políticas Hídricas en América Latina y el Caribe*. Santiago.
- E, L. (2014). *Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic*. RS Brazil: University of Santa Cruz do Sul (UNISC).
- Fore, L., & Grafe, C. (2015). *Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho USA*. USA: Freshwater Biology.
- Gobierno Autónomo de Pichincha. (2011). *Gobierno Autónomo de Pichincha*. Obtenido de http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/pgd/2carcantyparr/3mejia/79_cantonmejia.pdf
- Guzmán, I., & Calvo, J. (2013). *Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe*. Costa Rica: 2012.
- Heinrich, C. G. (s.f.). *Epilithic diatoms in headwater areas of the hydrographical subbasin*. Santa Cruz do Sul: University of Santa Cruz do Sul – UNISC.
- Lobo, E. (2010). *Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers*. Brasil: Limactica.
- Lobo, E. A. (2016). *Índice Trófico de Qualidade da Água, Guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros*. Santa Cruz do Sul, RS., Brasil: EDUNISC.
- Mayama, K. a. (1982). *Most pollution to lerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo*. Tokyo: Jap. J. Phycol.
- Mejía, D. (2011). *Diatomeas perifíticas y algunas características limnológicas de un humedal urgano en la sabana de Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Mejía, M. d. (2003). *Plan de desarrollo estratégico*. MACHACHI, Pichincha, Ecuador.
- Paz, L. (2017). *Identificación de especies abundantes de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río Pita en la Provincia de Pichincha*. Quito: UISEK.
- Posselt, E. L., & Costa, A. B. (2010). *IQADATA, manual do programa*. Santa Cruz do Sul: UNISC.
- Prentice, C. J. (1988). *A Theory of Gradient Analysis*. North-Holland, Amsterdam.: H.H. Bock.

- Roa, D. C. (2009). *Desarrollo de un índice de Diatomeas perifíticas para evaluar el estado de los humedales de Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rocha, A. (1993). *Algae as biological indicators of water pollution*. In: *Algae and Environment: A General Approach*. . Sao Paulo: SETEB.
- Rodrigues, C. G. (2007). *Estudo da comunidade de diatomáceas e utilização de índices para a avaliação da qualidade da água de algumas ribeiras da ilha da Madera*. Madera, Brasil: Universidade do Porto.
- Rosero, K. (2016). *Establecimiento de un índice biótico para determinar la calidad de agua de ríos Andinos presentes en el Ecuador basado en poblaciones de diatomeas epilíticas*. Imbabura: UISEK.
- Round, R., Crawford, F., & Mann, G. (1991). *The diatoms: Biology and morphology of the genera*. Cambridge: Cambridge University.
- Schuch, M. (2015). *Spatial Response of Epilithic Diatom Communities*. Brazil: Universidade de Santa Cruz do Sul.
- Tundisi, J. G. (2008). *Limnología*. SAO PAULO.

9. Bibliografía

- Aznar Jiménez, A. (n.d.). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”.
- Almeida Betancour. (2014). *Una revisión de la evaluación de la calidad de agua de los ríos de la provincia de Imbabura (Trabajo de Fin de Titulación)*. UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, Loja Ecuador. Recuperado a partir de Área de Biología.
- Barber, H. G., Haworth, E. (1981). *Guide to the Morphology of the Diatoms Frustule*. Scientific Publication, <http://doi.org/10.2307/3225822>
- Barriga, R. (1991). *Lista de Vertebrados del Ecuador. Peces de agua dulce (Trabajo de Titulación)*. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6769>
- Cabrera W. (2002). *Propuesta de Manejo del río Ambi (propuesta de tesis de grado de ingeniero agroforestal)*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, Quito-Ecuador.
- Calizaya-Anco, J., Avendaño-Cáceres, M., & Delgado-Vargas, I. (2013). *Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (bacillariophyceae)*, TACNA, PERÚ. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Pública*.
- Cejudo-figueiras, C., & Godos, I. De. (2011). *Las diatomeas de los salares del Altiplano boliviano : singularidades florísticas Diatoms of the Bolivian Altiplano salars : floristic singularities*.

- E, Lobo. (2014). *Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic*. RS Brazil: University of Santa Cruz do Sul (UNISC).
- Esteves, F. (2011). *Fundamentos de Limnologia*.
- García Quevedo, T. V. (2012). *Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile*, 157.
- Gil, J. A. G. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa* Gil, J. A. G. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables*.
- Heinrich, C. G. (s.f.). (2011) *Epilithic diatoms in headwater areas of the hydrographical subbasin*. Santa Cruz do Su: University of Santa Cruz do Sul – UNISC
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Secretaría general de la comunidad andina de naciones (SG – CAN) Proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciares en los andes tropicales - PRAA (SBCC – 001 – 2011 – PRAA – SGCA) CONSULTORÍA : Estudio de vulnerabilidad y adaptación*.
- Schuch, M. (2015). *Spatial Response of Epilithic Diatom Communities*. Brazil: Universidade de Santa Cruz do Sul.

10. índice de figuras

Figura 1. Mapa del área de estudio y ubicación de la Cuenca Hidrográfica del río “la Compañía”, Cantón Mejía, y los tres puntos de muestreo a lo largo de la cuenca con los siguientes códigos: P1 (punto limpio), P2 (punto medio) y P3 (punto sucio).....	14
Figura 2. pH obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	16
Figura 3. Temperatura obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	16

Figura 4. Conductividad obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	17
Figura 5. Conductividad obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	18
Figura 6. Fosfato obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	19
Figura 7. Nitrógeno amoniacal obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	19
Figura 8. Turbidez obtenida durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	20
Figura 9. Demanda química de oxígeno obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	20
Figura 10. Demanda bioquímica de oxígeno obtenido durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”	21
Figura 11. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”, punto limpio.....	23
Figura 12. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”, punto medio.	24
Figura 13. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de marzo, abril y mayo de 2017 en el río “la Compañía”, punto sucio.....	25
Figura 14. Dendograma de los puntos de muestreo y las especies de diatomeas epilíticas encontradas en los meses de marzo, abril y mayo en la Cuenca Hidrográfica del río “la Compañía”, Cantón Mejía.	31
Figura 15. Diagrama de dispersión basado en la CCA de las muestras de diatomeas de tres estaciones de muestreo, correlacionadas con las variables ambientales con relación	

a los ejes 1 y 2: Temperatura, pH, Conductividad (us/cm), Oxi. Disuelto (mg/L), DBO5 DQO (mg/L), nitratos (mg/l), Nitrógeno amoniacal (mgNH₃-l), Fosfatos (mg/L), Coliformes fecales UFC/ml, Solidos disueltos totales (mg/L), Turbidez (FTU). El color azul muestra los puntos Limpios, el verde muestra los puntos medios y el rojo muestra los puntos sucios..... 32

11. Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de la Cuenca Hidrográfica del río “la Compañía”, Cantón Mejía	15
Tabla 2. Resultados obtenidos según el IQA-DATA en estaciones de muestreo ubicadas en el río “la Compañía”	22
Tabla 3. Rangos para determinar el Índice de calidad del agua	22
Tabla 4. Datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación del IQA el río “la Compañía”	26
Tabla 5. Especies de Diatomeas encontradas en el Punto uno (Punto Limpio)	27
Tabla 6. Especies de Diatomeas encontradas en el Punto dos (Punto Medio).....	28
Tabla 7. Especies de Diatomeas encontradas en el Punto tres (Punto Sucio)	28
Tabla 8. Valores tróficos de los meses, Marzo, Abril y Mayo de 2017	29
Tabla 9. Valores tróficos de los meses, Marzo, Abril y Mayo de 2017	29
Tabla 10. Valores tróficos de los meses, Marzo, Abril y Mayo de 2017	30
Tabla 11. Índice trófico de calidad del agua encontrado.....	30
Tabla 12. Relación entre el Índice Trófico de calidad de Agua (ITQA) y la calidad del agua.....	30

Tabla 13. Resumen de resultados de CCA de la matriz de propiedades fisicoquímicas y diatomeas epilíticas en los tres puntos de muestreo.	33
Tabla 14. Coeficientes canónicos y correlaciones de interés de doce parámetros fisicoquímicos con los ejes 1,2 y 3, utilizando 34 variables bióticas.	34

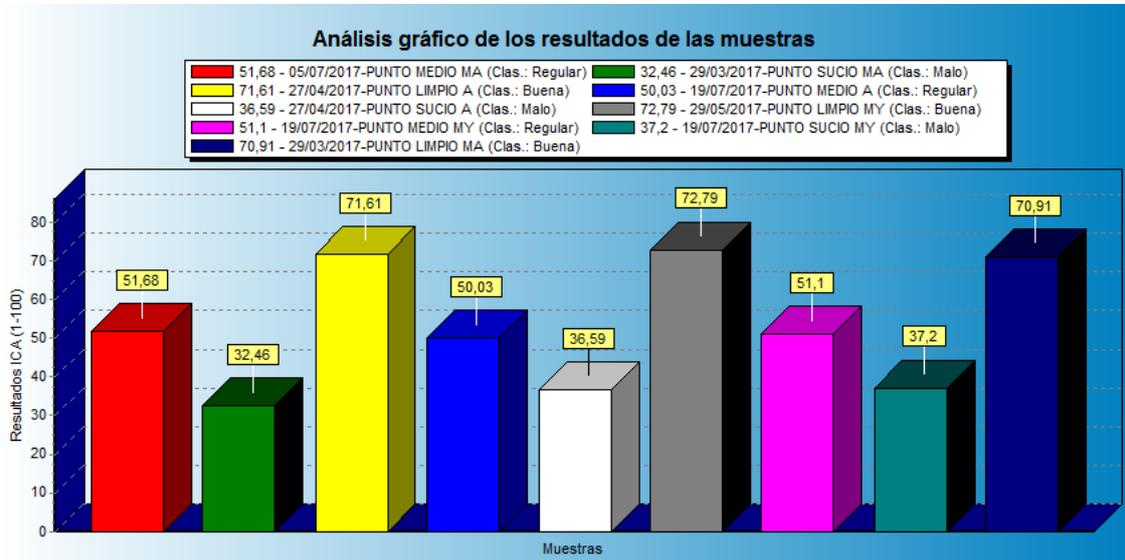
INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Resultados del índice de calidad del agua, durante los meses de marzo, abril y mayo de 2017	48
ANEXO B. Lista de diatomeas epilíticas encontradas en los meses de marzo, abril y mayo de 2017	49
ANEXO C. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/03/29	50
ANEXO D. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/03/29, continuación	51
ANEXO E. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/03/29	52
ANEXO F. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/03/29, continuación	53
ANEXO G. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/03/29 continuación	54
ANEXO H. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/03/29	55
ANEXO I. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/03/29 continuación	56
ANEXO J. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/04/27	57

ANEXO K. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/04/27	
continuación	58
ANEXO L. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/04/27	59
ANEXO M. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/04/27	
continuación	60
ANEXO N. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/04/27	61
ANEXO O. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/04/27	
continuación	62
ANEXO P. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/05/27	63
ANEXO Q. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/05/27	
continuación	64
ANEXO R. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/05/27	65
ANEXO S. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/05/27	
continuación	66
ANEXO T. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/05/27	67
ANEXO U. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional	68
ANEXO V. Caudal del río “la Compañía, de los puntos: limpio, medio y sucio	69

12. Anexos

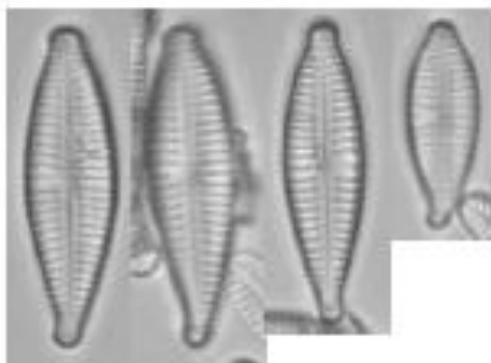
ANEXO A. Resultados del índice de calidad del agua, durante los meses de marzo, abril y mayo de 2017



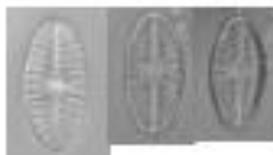
ANEXO B. Lista de diatomeas epilíticas encontradas en los meses de marzo, abril y mayo de 2017

#	Especies
1	<i>Gomphonema sp.</i>
2	<i>Planothidium frequentissimum</i> . Lange-Bertalot
3	<i>Achnanthes inconspicua</i> . Cleve-Euler 1932
4	<i>Planothidium lanceolatum</i> . (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot
5	<i>Navicula lanceolata</i> . (Agardh) Kützing
6	<i>Navicula gregaria</i> . Donkin
7	<i>Gomphonema lagenula</i> . Kützing
8	<i>Pinnularia sp.</i>
9	<i>Planothidium dubium</i> . Grunow
10	<i>Planothidium rostratum</i> . Lange-Bertalot 1999
11	<i>Frustulia guayanensis ssp. Ecuadoriana</i> . Lange-Bertalot & Rumrich
12	<i>Mayamaea permitis</i> . Bruder et Medlin
13	<i>Ulnaria ulna</i> . (C.L. Nitzsch) Compère 2001
14	<i>Fragilaria arcus</i> . (Ehrenberg) Cleve
15	<i>Nitzschia amphibia</i> . Grunow
16	<i>Gomphonema parvulum</i> . Kützing
17	<i>Gomphonema cf. Subclavatum</i> . Grunow 1884
18	<i>Nitzschia pale</i> . (Kützing) Smith
19	<i>Planothidium biporumum</i> . (Hohn and Hellerman) Lange-Bertalot
20	<i>Nitzschia sp.</i>
21	<i>Gomphonema capitatum</i> . Ehrenberg 1838
22	<i>Fragilaria vaucheriae</i> . (Kützing) Petersen
23	<i>planothidium incuriatum</i> . Wetzel et al. 2013
24	<i>Gomphonema saprophilum</i> . Lange-Bertalot & Reichardt
25	<i>Fragilaria recapitellata</i> . Lange-Bertalot and Metzeltin
26	<i>Nitzschia inconspicua</i> . Grunow
27	<i>Encyonema leibleinii</i> . (Agardh) Silva et al. 2013
28	<i>Navicula tripunctata</i> . (Müller) Bory
29	<i>Cocconeis lineata</i> . Ehrenberg
30	<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i> . Lange-Bertalot & Reichardt
31	<i>Gomphonema pseudoclavatum</i> . Lange-Bertalot et Reichardt
32	<i>Rhopalodia operculata</i> . (C. A. Agardh) Håkansson 1979
33	<i>Gomphonema pseudoaugur</i> . Lange-Bertalot 1979
34	<i>Luticola cf. Goeppertiana</i> . Crawford & Mann 1990

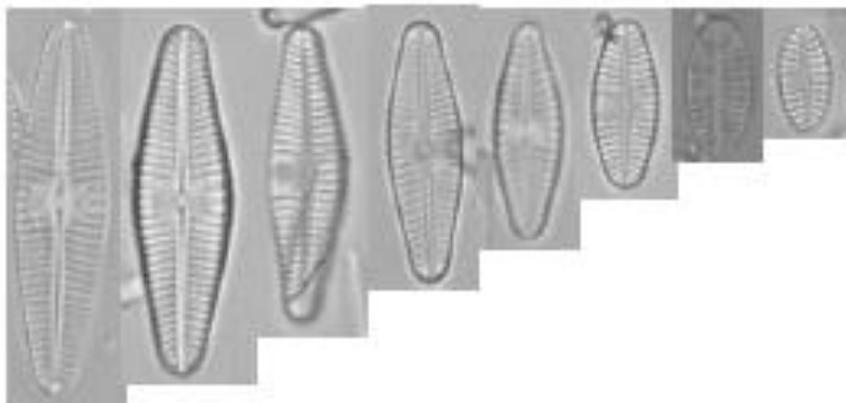
ANEXO C. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/03/29



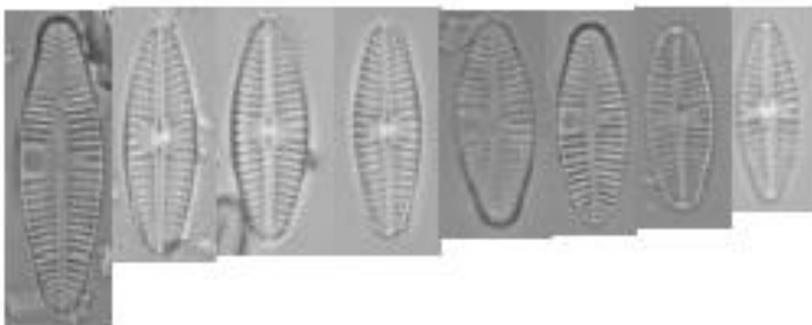
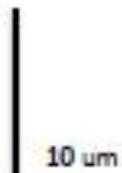
ESP.1 *Gomphonema* sp.



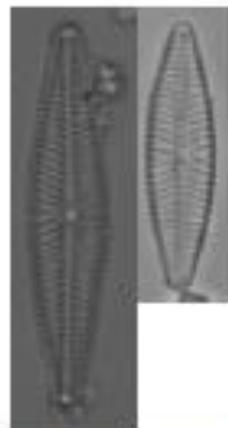
ESP.3 *Achnanthes inconspicua*. Cleve-Euler



ESP.2 *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot

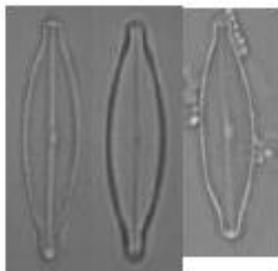


ESP.4 *Planothidium lanceolatum*. (Brèbisson ex Kützing) Lange-Bertalot

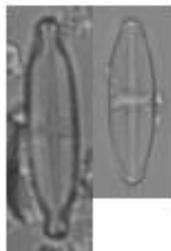


ESP.5 *Navicula lanceolata*. (Agardh) Kützing

ANEXO D. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/03/29, continuación



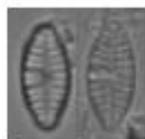
ESP.6 *Navicula gregaria*. Donkin



ESP.7 *Gomphonema lagenula*. Kützing



ESP.8 *Pinnularia* sp.



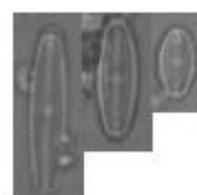
ESP.9 *Planothidium dubium*. Grunow



ESP.10 *Planothidium rostratum*. Lange-Bertalot



ESP.11 *Frustulia guayanensis* ssp. *Ecuadoriana*. Lange-Bertalot & Runrich

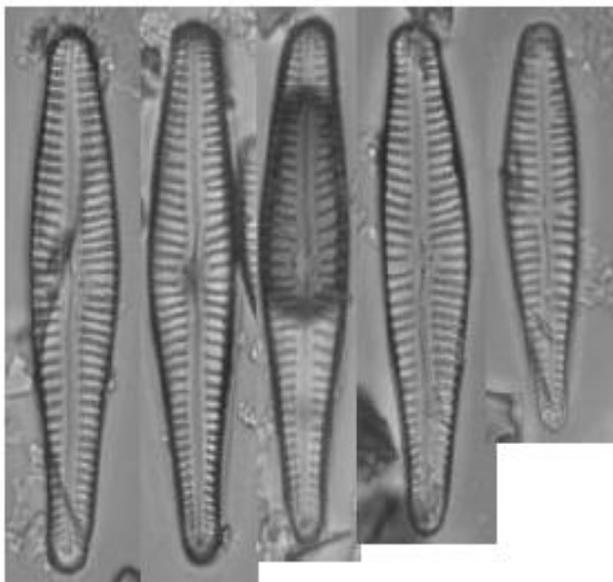


ESP.12 *Mayamaea permitis*. Bruder et Medlin

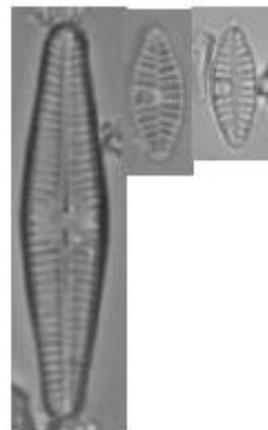


10 um

ANEXO E. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/03/29

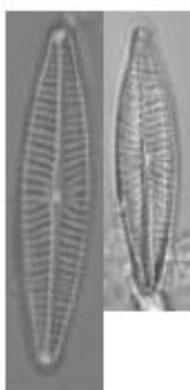


ESP1. *Gomphonema cf subclavatum*. Grunow
1884

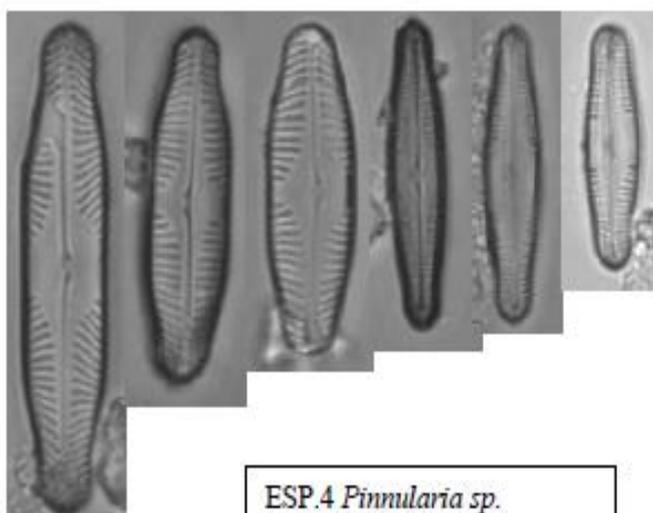


ESP.2 *Planothidium frequentissimum*.
Lange-Bertalot

10 um

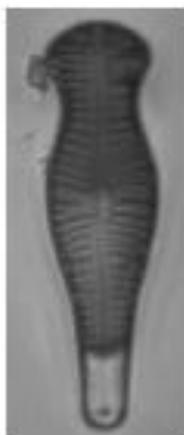


ESP3. *Navicula lanceolata*. (Agardh)
Kützing

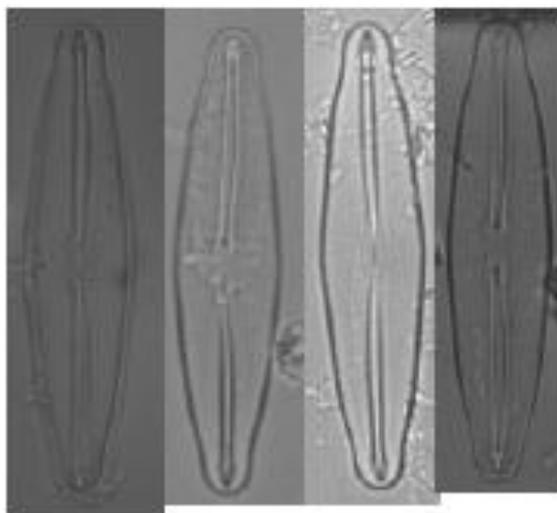


ESP.4 *Pinnularia sp.*

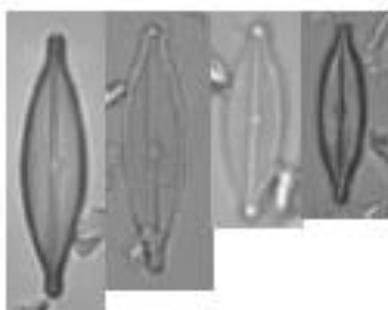
ANEXO F. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/03/29, continuación



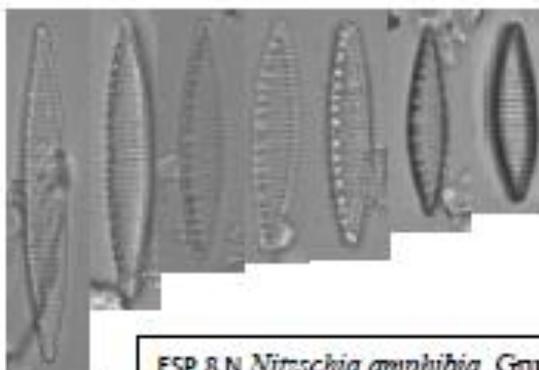
ESP.5 *Gomphonema capitatum*. Ehrenberg 1838



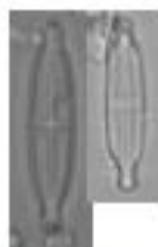
ESP.6 *Frustulia guayanensis* ssp. *Ecuadoriana*. Lange-Bertalot & Rummich



ESP.7 *Navicula gregaria*. Donkin



ESP.8 N *Nitzschia amphibia*. Grunow



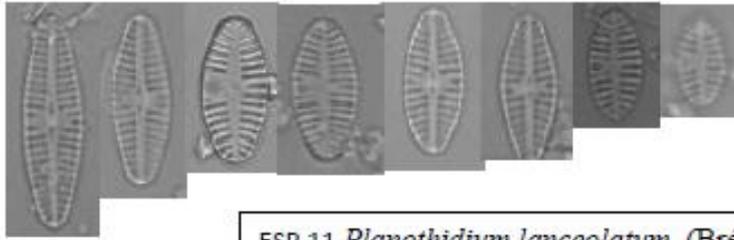
ESP.9 *Gomphonema lagenula*. Kützing



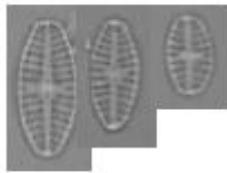
ESP.10 *Fragilaria vaucheriae*. (Kützing) Petersen

10 um

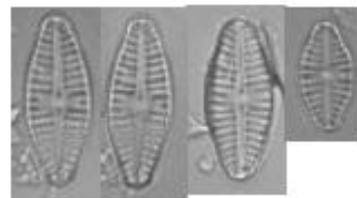
ANEXO G. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/03/29 continuación



ESP.11 *Planothidium lanceolatum*. (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot"



ESP.12 *Achmanthes inconspicua*. Cleve-Euler 1932



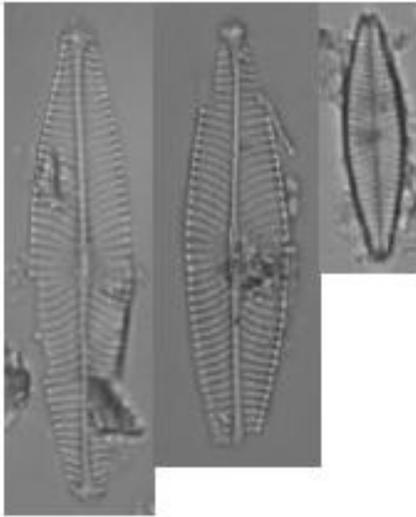
ESP.13 *planothidium incuriatum*. Wetzell et al. 2013



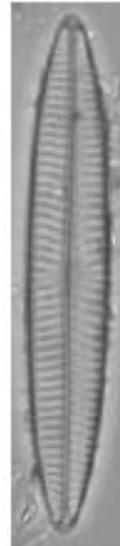
10 um

ESP.14 *Encyonema leibleinii*. (Agardh) Silva et al. 2013

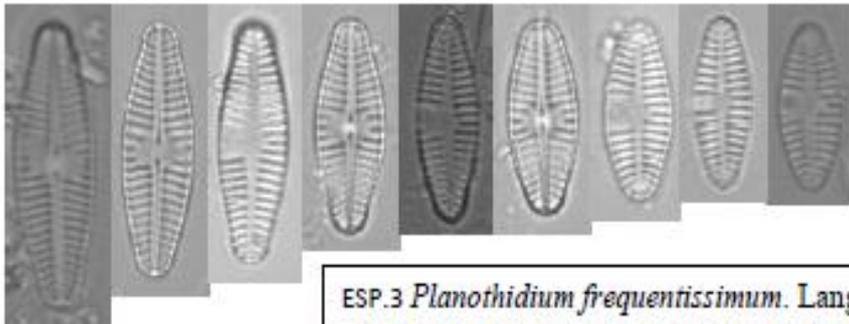
ANEXO H. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/03/29



ESP.1 *Navicula lanceolata*. (Agardh)
Kützing

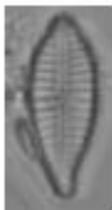


ESP.2 *Navicula tripunctata*. (Müller)
Bory



ESP.3 *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot

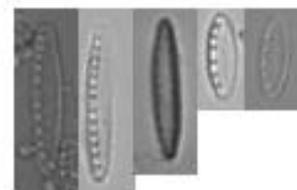
10 um



ESP.4
*Gomphonema
parvulum*. Kützing



ESP.5 *Nitzschia
amphibia*.
Grunow

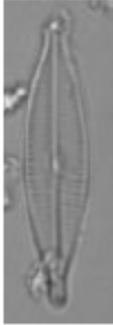


ESP.6 *Nitzschia
inconspicua*. Grunow

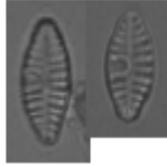


ESP.7 *Nitzschia*
sp.

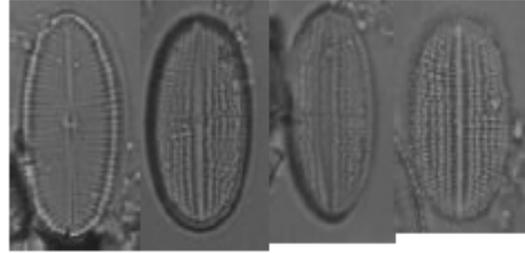
*ANEXO I. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/03/29
continuación*



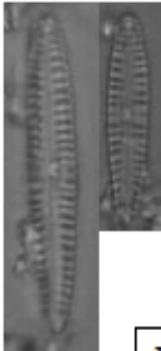
ESP.8
*Navicula
gregaria.*
Donkin



ESP.9 *planothidium
incuriatum.*Wetzel et
al. 2013



ESP.10 *Cocconeis lineata.*
Ehrenberg

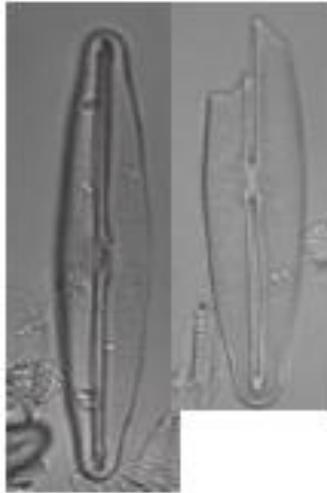


ESP.11 *Gomphonema
pumilum var. Rigidum.*
Lange-Bertalot & Reichardt

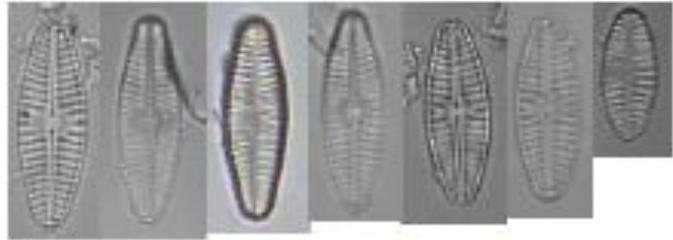


ESP. 12 *Achmanthes
inconspicua.*Cleve-Euler 1932

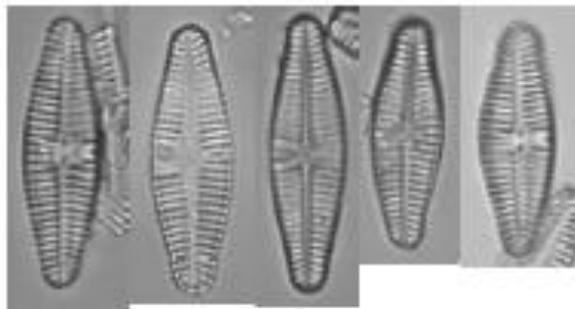
ANEXO J. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/04/27



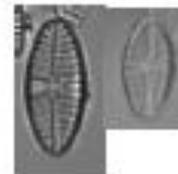
ESP. 1 *Frustulia guayanaensis* ssp. *Ecuadoriana*. Lange-Bertalot & Rumrich



ESP. 2 *Planothidium lanceolatum*. (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot



ESP. 3 *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot

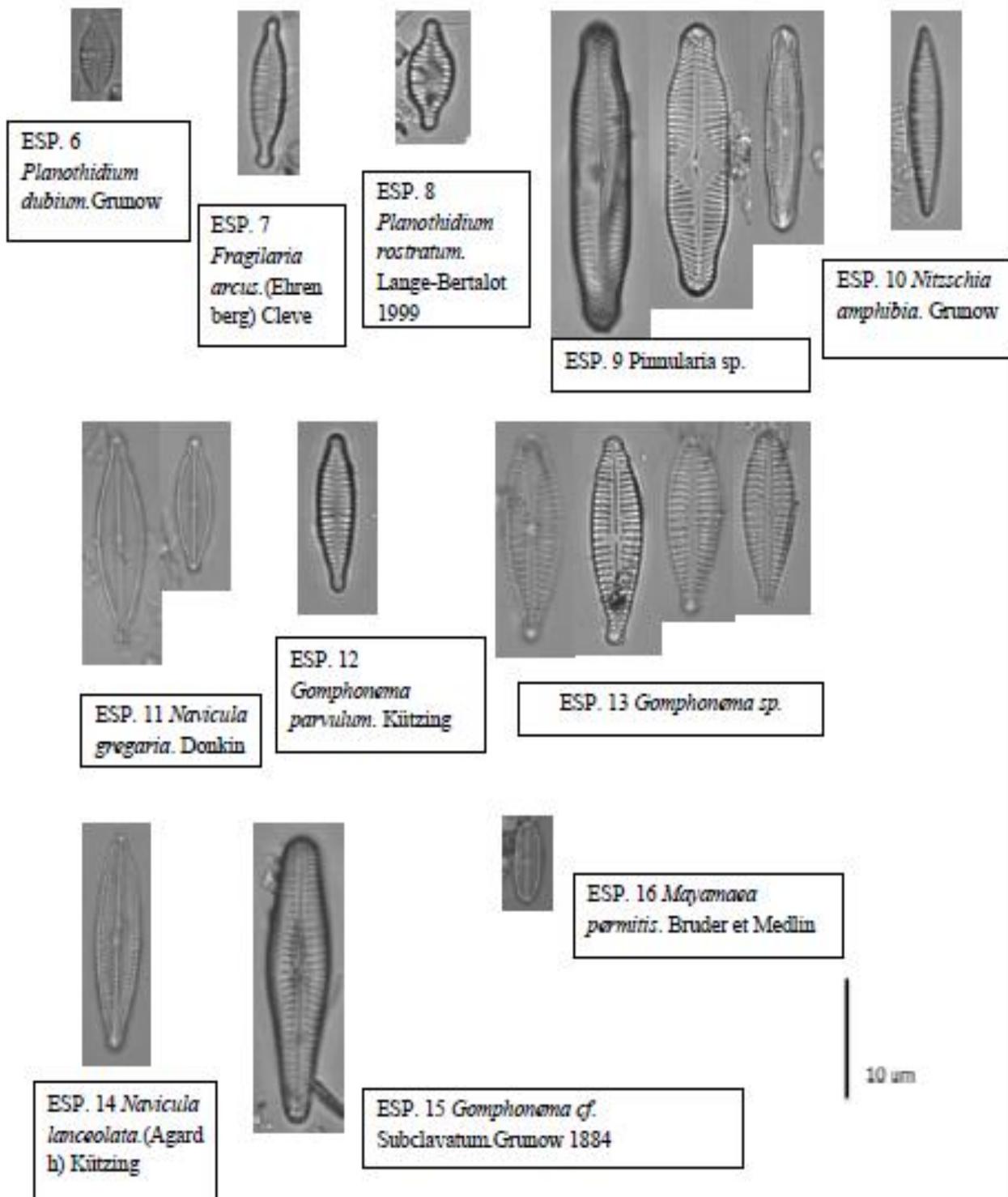


ESP. 4 *Achmanthes inconspicua* Cleve -Euler 1932



ESP. 5 *Ulnaria ulma*. (C.L. Nitzsch) Compère 2001

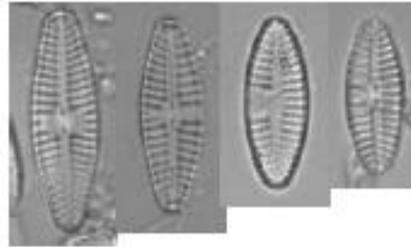
ANEXO K. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/04/27 continuación



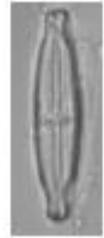
ANEXO L. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/04/27



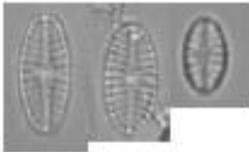
ESP.1 *Fragilaria vaucheriae*. (Kützing) Petersen



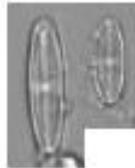
ESP.2 *Planothidium lanceolatum*. (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot



ESP. 8 *Gomphonema lagenula*. Kützing

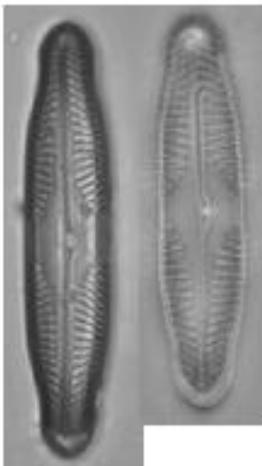


ESP. 14 *Achnanthes inconspicua*. Cleve-Euler
1933

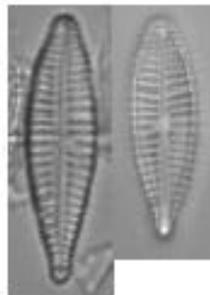


ESP. 3 *Mayamaea permitis*. Bruder et Medlin

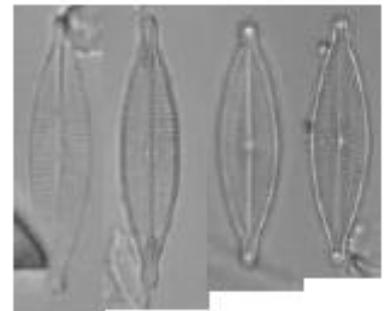
10 um



ESP. 4 *Pinnularia sp.*

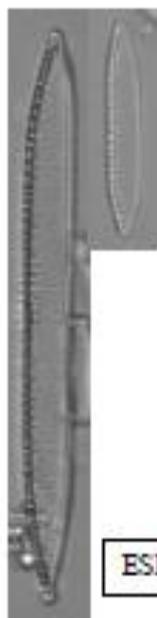


ESP. 6 *Gomphonema saprophilum*. Lange-Bertalot & Reichardt

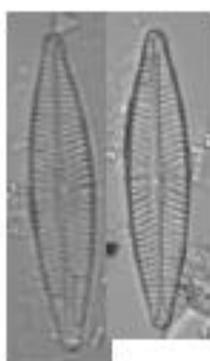


ESP. 7 *Navicula gregaria*. Donkin

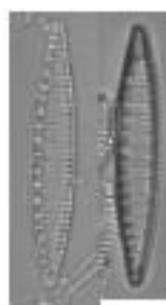
ANEXO M. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/04/27 continuación



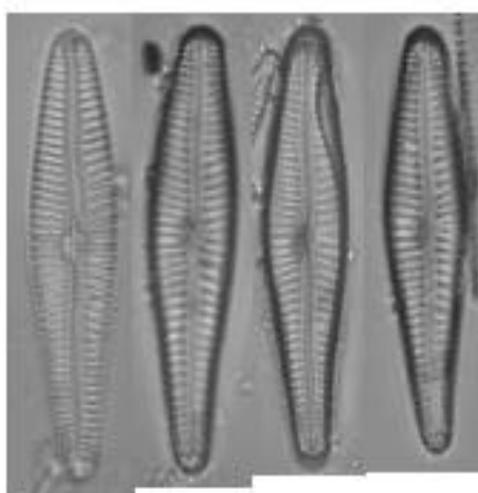
ESP. 5 *Nitzschia pale*. Kützing) Smith



ESP. 9 *Navicula lanceolata*. (Agardh) Kützing



ESP. 10 *Nitzschia amphibia*. Grunow



ESP. 11 *Gomphonema cf. subclavatum*. Grunow 1884



ESP. 12 *Frustulia guayanensis ssp. Ecuadoriana* Lange-Bertalot & Rumrich



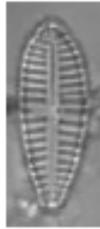
ESP. 7 *Navicula gregaria*. Donkin



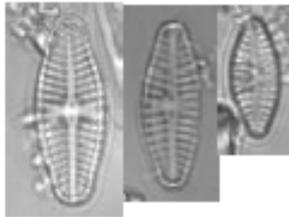
ESP. 13 *Fragilaria recapitellata*. Lange-Bertalot and Metzeltin

10 um

ANEXO N. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/04/27



ESP.1 *Gomphonema pseudoclavatum* Lange-Bertalot et Reichardt



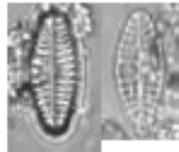
ESP.2 *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot



ESP.4 Nitz *Nitzschia inconspicua*. Grunow



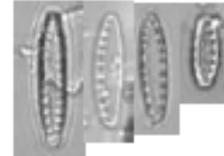
ESP.5 *Mayamaea permitis*. Bruder et Medlin



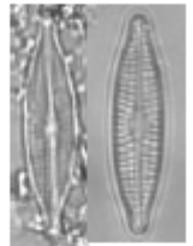
ESP.6 *planothidium incuriatum*. Wetzel et al. 2013



ESP.7 *Nitzschia pale*. Kützing) Smith



ESP.8 *Nitzschia sp*



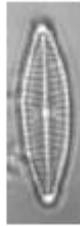
ESP.9 *Navicula gregaria*. Donkin



ESP.3 *Rhopalodia operculata*. (C. A. Agardh) Håkansson 1979

10 um

ANEXO O. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/04/27 continuación



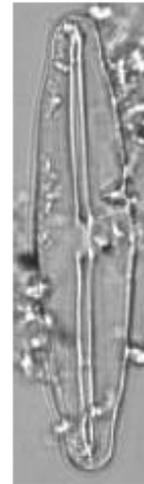
ESP.10 Na
Navicula lanceolata.
(Agardh) Kützing



ESP.11 *Gomphonema pseudoaugur.* Lange-Bertalot 1979

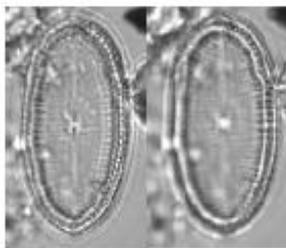


ESP.12 *Gomphonema pumilum var. rigidum.* Lange-Bertalot & Reichardt



ESP.13 *Frustulia guayanensis ssp. Ecuadoriana.* Lange-Bertalot & Rumrich

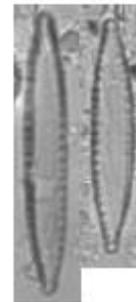
10 um



ESP.14 *Cocconeis lineata.* Ehrenberg

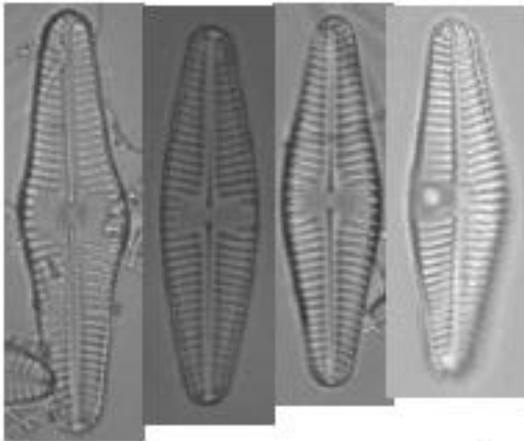


ESP.15 *Luticola cf. Goepfertiana.* Crawford & Mann 1990

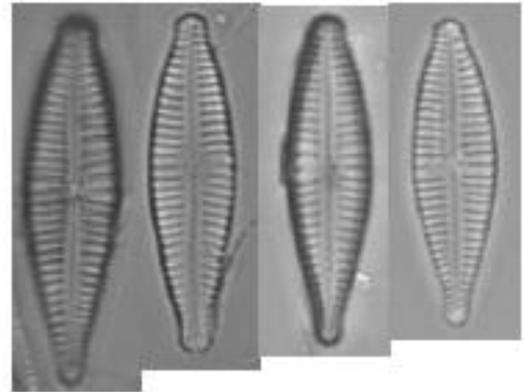


ESP.16 *Nitzschia amphibia.* Grunow

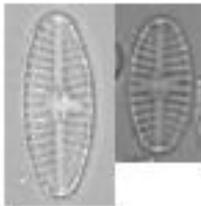
ANEXO P. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/05/27



ESP. 1 *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot



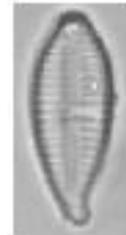
ESP. 2 *Gomphonema sp.*



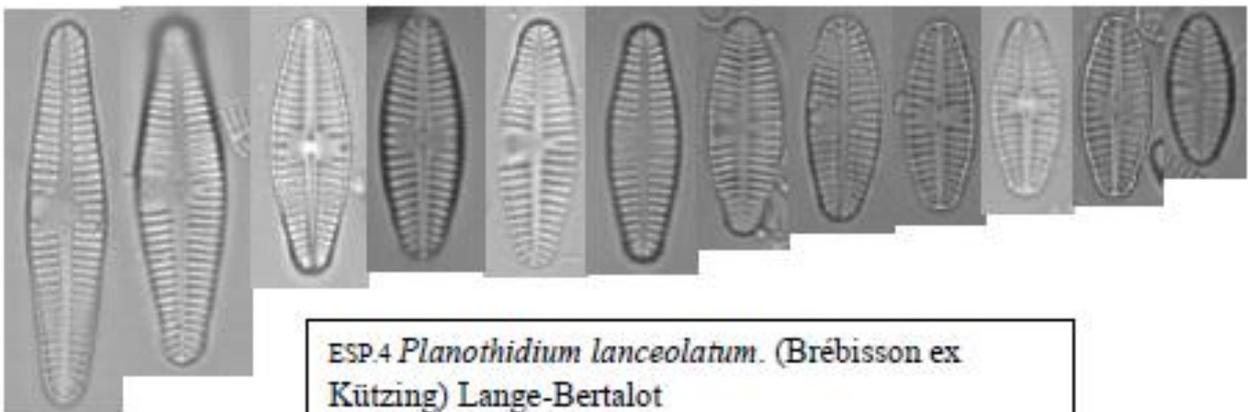
ESP. 3 *Achnanthes inconspicua*. Cleve-Euler 1932



ESP. 5 *Nitzschia pale*. Kützing) Smith



ESP. 6 *Nitzschia sp.*



ESP.4 *Planothidium lanceolatum*. (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot

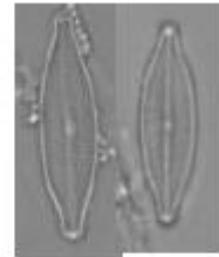
ANEXO Q. Diatomeas encontradas en el punto uno (punto limpio) del 2017/05/27 continuación



ESP. 7 *Planothidium biporumum*. (Hohn and Hellerman)
Lange-Bertalot



ESP. 12 *Frustulia guayanensis* ssp.
Ecuadoriana. Lange-Bertalot & Rumrich



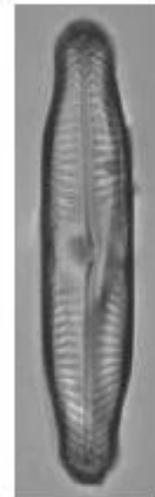
ESP. 8 *Navicula gregaria*. Donkin



ESP. 9 *Mayamaea permitis*. Bruder et
Medlin



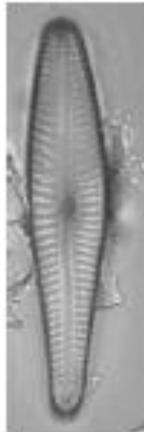
ESP. 10 *Planothidium dubium*. Grunow



ESP. 11 *Pinnularia* sp.

10 um

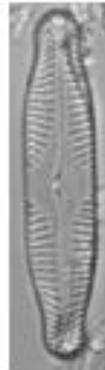
ANEXO R. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/05/27



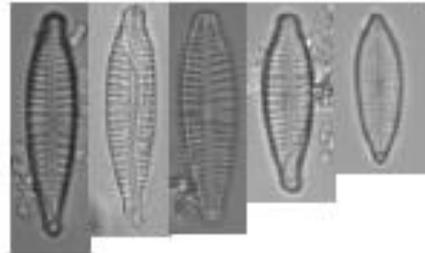
ESP. 1 *Gomphonema cf. Subclavatum*. Grunow 1884



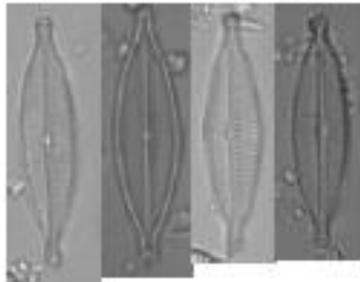
ESP. 2 *Frustulia guayanensis ssp. Ecuatoriana* Lange-Bertalot & Runnich



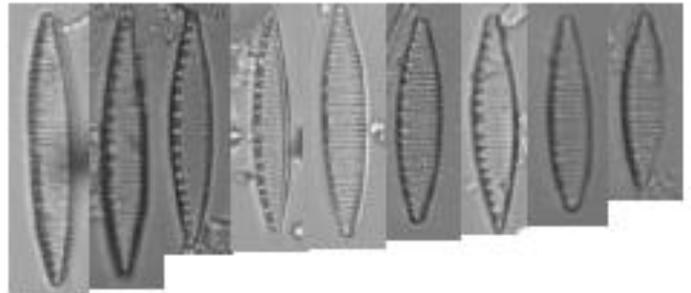
ESP. 3 *Pinnularia sp.*



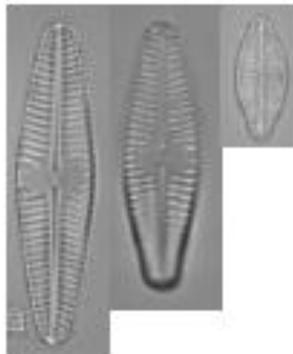
ESP. 4 *Gomphonema lagenula*. Kützing



ESP. 5 *Navicula gregaria*. Donkin



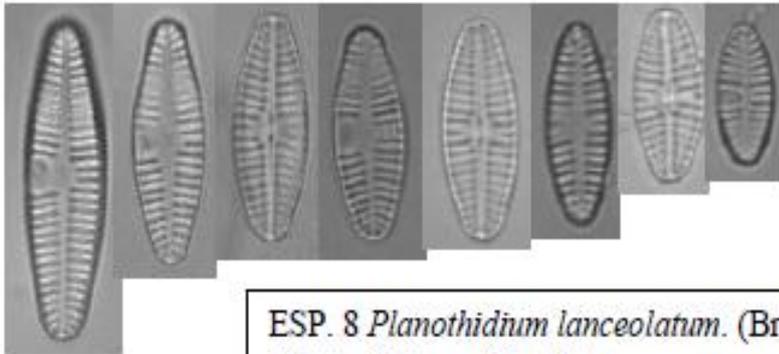
ESP. 6 *Nitzschia amphibia*. Grunow



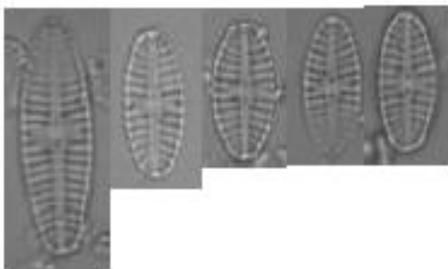
ESP. 7 *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot

10 um

*ANEXO S. Diatomeas encontradas en el punto dos (punto medio) del 2017/05/27
continuación*



ESP. 8 *Planothidium lanceolatum*. (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot



ESP. 10 *Achmanthes inconspicua*. Cleve-Euler 1932



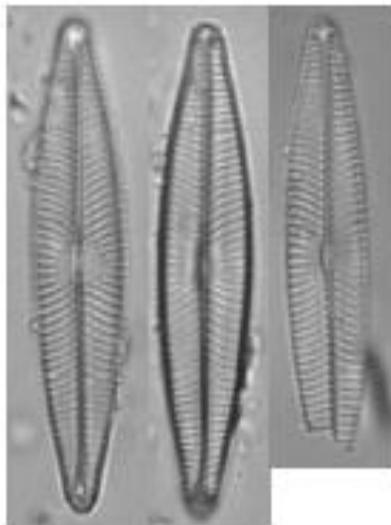
ESP. 11 *Navicula lanceolata*. (Agardh) Kützing



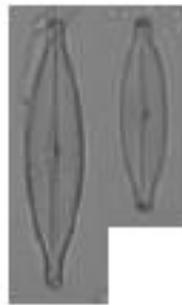
ESP. 12 *Nitzschia inconspicua*. Grunow

10 um

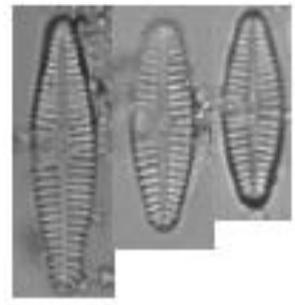
ANEXO T. Diatomeas encontradas en el punto tres (punto sucio) del 2017/05/27



ESP. 1 *Navicula lanceolata*.
(Agardh) Kützing

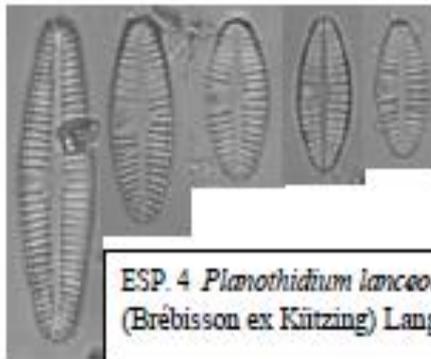


ESP. 2 *Navicula gregaria*. Donkin



ESP. 3 *Planothidium frequentissimum*. Lange-Bertalot

10 um



ESP. 4 *Planothidium lanceolatum*.
(Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot



ESP. 5 *Fragilaria recapitellata* Lan-
ge-Bertalot and Metzeltin



ESP. 10
planothidium incrustatum. Wetzel
et al. 2013



ESP. 6 *Nitzschia inconspicua*.
Grunow



ESP. 7
Nitzschia isp



ESP. 8
Mayamaea permissis.
Bruder et
Medlin



ESP. 9 *Nitzschia amphibia*. Grunow



ESp. 11
Gomphonema pumilum var.
Rigidum. Lange-
Bertalot & Reichardt

ANEXO U. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Fuente: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE descarga de EFLUENTES : RECURSO AGUA

ANEXO V. Caudal del río “la Compañía, de los puntos: limpio, medio y sucio

