UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado**:**

"COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RIO PORTOVIEJO DE LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR"

Realizado por:

JUAN ROBERT MERO SANTANA

Director del proyecto:

Bióloga Susana Chamorro Arias.

Como requisito para la obtención del título de:

MASTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 28 de marzo del 2019

Composición de la comunidad de Diatomeas Epilíticas del Rio Portoviejo de la Provincia de Manabí, Ecuador

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JUAN ROBERT MERO SANTANA, con cédula de identidad # 130375777-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para 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.

FIRMA

130375777-5

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RIO PORTOVIEJO DE LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

Realizado por:

JUAN ROBERT MERO SANTANA

como Requisito para la Obtención del Grado de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Ha sido dirigido por la profesora

SUSANA CHAMORRO ARIAS

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA:

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

KATTY CORAL CARRILLO

JUAN CARLOS NAVARRO

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador

FIRMA FIRMA

Quito, 28 de marzo de 2019

DEDICATORIA

Dedicado al personal docente de la Universidad Internacional SEK

AGRADECIMIENTO

A mi esposa e hijos

A mi familia

Mis amigos compañeros de trabajo como equipo: Iván Molina, Gonzalo Espinosa, Daniel Acosta.

Universidad Internacional SEK por el financiamiento al presente proyecto,

A mi ex profesor Pablo Castillejo Pons,

A mi tutora Susana Elizabeth Chamorro

A los profesores de la institución: Katty Coral Carrillo y Juan Carlos Navarro,

A las comunidades de la rivera del Rio Portoviejo por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Dr. Eduardo Lobo, profesor de la Universidad Santa Cruz do Sul – UNISC, Brasil

Ing Yessenía García Montes, Decana de la Facultad Ciencias Agropecuarias e Ing. Cesar López responsable de laboratorio de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

30/07/2018 12:30:12

Para

someter a:

To be

submitted:

Composición de la comunidad de Diatomeas Epilíticas del Rio Portoviejo de la Provincia de Manabí.

Robert Mero Santana[1], Susana Chamorro Arias[1], Katty

Coral Carrillo[1], Juan Carlos Navarro[1]

[1] Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y

Ambientales, Quito, Ecuador. 28/03/2019 14:00:12

Quito, Ecuador. 28/03/2019 14:00:12

*AUTOR DE CORRESPONTENCIA: Bióloga Susana Chamorro Arias,

Universidad Internacional SEK - UISEK, Facultad de Ciencias Naturales y

Ambientales, Quito, Ecuador.

Teléfono: +593-984180275; email:
susana.chamorro@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Diatomeas Epilíticas del agua Rio Portoviejo,

Resumen.

En el rio Portoviejo localizado en la provincia de Manabí, se determinó el índice de Calidad del agua entre la represa Poza Honda y su desembocadura, mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos considerados como variables abióticas paralelamente se realizó la identificación taxonómica de diatomeas presentes en el sistema considerada variables bióticas. Se tomaron cuatro puntos en el río para determinar las especies de diatomeas epilíticas cada uno de los cuales con diferente grado de eutrofización: Honorato Vásquez, Santa Ana, Mejía y El Ceibal. Las muestras se tomaron en piedras sumergidas y plantas acuáticas en los cuatros puntos seleccionados a lo largo del río. Este rio alberga una densidad de población alta en la parte baja y baja densidad poblacional en la parte alta, disponiendo de un gradiente de eutrofización que está reflejado en la composición de la población de diatomeas epilíticas desde la cabecera del rio, punto medio y desembocadura del rio. La identificación de diatomeas epilíticas logró identificar 54 especies y 25 géneros asociados a diferentes niveles de calidad de agua. En el primer punto, aguas arriba, considerado como el sector menos contaminado, se identificó ocho especies abundantes, para el punto dos, previo al ingreso de zona poblada, se identificó seis especies abundantes, en el punto tres, a la salida de la zona poblada la identificación arrojó seis especies y, en el cuarto punto definido como contaminado se detecta la presencia de seis especies abundantes.

Se utilizó el programa IQAData, para determinar el índice de calidad de agua para los meses de enero, febrero y marzo, usando los datos de los diez parámetros entre físico-químicos y microbiológicos, dando como resultado para el punto uno con una

calificación de calidad media, mientras que los puntos dos, tres y cuatro arrojaron una calidad mala. Seguidamente se compara el ITCA; dando como resultado el punto uno nivel de contaminación Oligotrófico o contaminación despreciable; el punto dos presenta en un nivel de contaminación β-meso trófico o contaminación moderada, el punto tres exhibe un nivel de contaminación α–meso trófico o contaminación fuerte, y, para el punto tres se obtiene un de contaminación α–meso trófico o contaminación fuerte.

Palabras clave: Eutrofización, Índice Biótico, bioindicador, Diatomeas Epilíticas, Calidad de agua, Rio Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Abstract

In the Portoviejo river located in the province of Manabí, the water quality index was determined between the Poza Honda dam and its mouth, by means of physical, chemical and microbiological parameters considered as abiotic variables. In parallel, the taxonomic identification of diatoms present in the river was determined. system considered biotic variables. Four points were taken in the river to determine the epilithic diatom species, each with a different degree of eutrophication: Honorato Vásquez, Santa Ana, Mejía and El Ceibal. The samples were taken in submerged stones and aquatic plants in the four selected points along the river. This river houses a high population density in the lower part and low population density in the upper part, with a gradient of eutrophication that is reflected in the composition of the population of epilithic diatoms from the head of the river, midpoint and mouth of the river. River. The identification of epilithic diatoms managed to identify 54 species and 25 genera associated with different levels of water quality. In the first point, upstream, considered as the least polluted sector, eight abundant species were identified, for point two, prior

to the entry of populated area, six abundant species were identified, at point three, at the exit of the zone populated the identification yielded six species and, in the fourth point defined as contaminated, the presence of six abundant species is detected.

The IQAData program was used to determine the water quality index for the months of January, February and March, using the data of the ten physical-chemical and microbiological parameters, resulting in point one with a quality rating. average, while points two, three and four showed poor quality. The ITCA is then compared; resulting in point one level of Oligotrophic contamination or negligible contamination; point two presents at a level of contamination of trophic β-meso or moderate contamination, point three exhibits a level of contamination of α-meso trophic or strong contamination, and, for point three, a contamination of α-meso trophic or contamination is obtained strong.

Key words: Eutrophication, Biotic Index, bioindicator, Epilithic Diatoms, Water Quality, Portoviejo River, Manabí, Ecuador.

Composición de la comunidad de Diatomeas Epilíticas del Rio Portoviejo de la Provincia de Manabí, Ecuador

Introducción.

Las diatomáceas constituyen uno de los grupos más importantes que integran la comunidad fitoplanctónica de ambientes continentales. Desempeñan un papel relevante en los ecosistemas acuáticos que participan como el eslabón inicial de la cadena alimentaria y, principalmente, como productores primarios (Wetzel, 1983). Las diatomáceas que no son planctónicas, a su vez, incluyen individuos que crecen sobre otras plantas (epifíton), sobre rocas (epilíton), granos de arena (episamon) o sobre sedimentos (epipélon). Generalmente se constituyen en el grupo dominante de esos ambientes, aunque acompañadas por otros grupos de algas (Round, 1993).

Las diatomeas, son las más extendidas dentro de las especies de microalgas en ecosistemas lóticos, debido a que tienen un ciclo de vida rápido y colonizan los substratos de forma eficiente, tienen una alta sensibilidad ante los cambios de calidad del agua (Licursi y Gómez, 2003) y brindan información sobre la integridad biológica de un sistema acuático (Hernández, 2012)

Las diatomeas son las microalgas más numerosas del fitobentos y fitoplancton que debido a sus características biológicas y ecológicas reflejan adecuadamente el estado ecológico de las aguas superficiales frente a impactos antrópicos (Cox 1991).

Las condiciones ecológicas cambiantes en sistemas loticos, han sido evaluados por distintos autores (Tang et al 2006), (Lobo et al 2006) (Zampella 2007), permite evaluar de forma rápida factores como la temperatura, luz, velocidad de corriente, nutrientes, conductividad, polución orgánica e inorgánica, acidificación y herbivoría (Turner et al 1991, lobo et al 2001, Licursi et al 2006, Tall et al 2006, Equiús 2008)

La taxonomía de las diatomeas está basada en la morfología de la pared de sílice, por lo que la mejor interpretación de las ornamentaciones de la estructura silícea de las células a menudo origina nuevas propuestas taxonómicas para el grupo. Esta pared de sílice posee alta resistencia, muchas veces permaneciendo intacta por un largo período incluso después de la muerte celular (Barber et al., 1981)

Los mayores indicadores de contaminación orgánica y eutrofización a nivel mundial son las diatomeas (Lobo el al 2010, Céspedes et al 2015, Diaz 2004), porque se colonizan en diversos habitats (Cèspedes et al 2015), y tienen una alta tasa reproductiva (Schneck et al 2007). Evidencian sensibilidad a los cambios biológicos, fiscos y químicos del entorno (López, Siqueiros 2011).

El estudio sobre las comunidades de diatomeas justifica su empleo para determinar la calidad del agua y evaluar la evolución del ambiente. Los investigadores Prygiel y Coste (1993) exponen que las diatomeas ofrecen información sobre la contaminación orgánica de los ríos, las diatomeas se manifiestan como la mejor opción, en términos de su uso como organismos indicadores de la calidad del agua (Round 1993).

Conforme a Lobo et al. (2002), entre las ventajas para la utilización de las diatomáceas como indicadores de la calidad del agua, se destacan:

(1) Las diatomeas ocurren en cualquier lugar a lo largo del río, desde el nacimiento hasta la desembocadura.

(2) Algunas especies de este grupo son muy sensibles a los cambios ambientales mientras que otras son muy tolerantes.

(3) Responden a los cambios medioambientales a corto y largo plazo.

(4) Pueden recogerse fácilmente en grandes cantidades en superficies pequeñas y en forma rápida.

(5) El material limpio (material oxidado) puede ser preservado, re-examinado y distribuido a otros laboratorios.

(6) Las láminas o placas montadas para su identificación son permanentes.

(7) Son un grupo particularmente tratable de algas, ya que la pared celular fuertemente silificada (frústulos) es raramente dañada cuando el material es retirado de sustratos naturales o artificiales. La taxonomía de las diatomeas se basa en la morfología del frústulo.

(8) Existen protocolos estándar para el cultivo en laboratorio, luego, son apropiados para trabajos experimentales bajo condiciones controladas, para determinar la respuesta a cambios de factores específicos.

(9) Se conoce una gran cantidad de información sobre la ecología de las diatomeas.

Las diatomeas son unicelulares, constituyendo, en algunos casos, colonias de aspecto filamentoso formados por numerosos individuos laxamente unidos. La característica más peculiar de las diatomeas es su pared translúcida constituida por dióxido de sílice y restos de otras sustancias, como azúcares, aminoácidos y ácido urónico (Gallardo, 1997). En zonas tropicales se han encontrado extensas coberturas de diatomeas en areniscas, rocas deterioradas y edificios (Wee y Lee 1980).

Se encuentran en cualquier tipo de hábitat, desde los salados mares hasta en condiciones de altas temperaturas que hacen el ambiente extremadamente seco, pueden vivir interactuando con otros organismos como las cianofíceas (Paul et al., 2016). Las mismas que han sido estudiadas desde 1908 por Kolkwitz & Marsson (1908) y después de las investigaciones de Patrick (1949, 1957, 1964) se tienen un sinnúmero de investigaciones sobre el tema. En Ecuador se inicia el estudio de diatomeas al frente de

las costa de la Provincia Santa Elena (Andrade C., Vera E., 2004) y el primer trabajo de investigación sobre diatomeas epilíticas se lo realizó en el rio Ambi, región interandina (Rosero, K. 2016).

De las desventajas se puede citar dos: el conocimiento de taxonomía y el problema de identificación de células vivas en las láminas permanentes. Las diatomeas son reconocidas como los componentes biológicos de los sistemas lóticos más idóneos para la evaluación de la calidad del agua, en especial la contaminación orgánica (Sabater et al 1991, Round 1993).

En el estudio para la evaluación de la calidad de las aguas valiéndose de diatomeas puede ser clasificado en cuatro categorías: índices bióticos, análisis multivariados, índices de diversidad y el análisis de la relación abundancia – especies (Lobo et al., 1995).

Eutrofización

Proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos. Las aguas eutróficas en contraste con las oligotróficas son más productivas. Sin embargo, más allá de ciertos límites, el proceso reviste características negativas al aparecer grandes cantidades de materia orgánica cuya descomposición microbiana ocasiona un descenso en los niveles de oxígeno. La eutrofización se produce en muchas masas de agua como resultado de los vertidos agrícolas, urbanos e industriales (Moreno, D., 2010).

Las principales causas de la eutrofización son las siguientes:

- La contaminación urbana mediante residuos orgánicos e inorgánicos, como el fosfato.
- La contaminación atmosférica por óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con el agua atmosférica para formar ion sulfato e ion nitrato.
- La contaminación agropecuaria como fertilizantes o excrementos.
- La contaminación forestal por abandono en los ríos de residuos forestales.

Las causas pueden ser diversas, pero principalmente es debido a la contaminación agropecuaria (contaminación difusa de los suelos y acuíferos con fertilizantes) pero también por contaminaciones forestales, esto es tirar a los ríos de residuos forestales relacionados con la madera. La contaminación atmosférica juega otro papel determinante en este proceso, así como los efluentes urbanos contaminados en el caso que no haya depuración (Fraile, 1998), como el caso de la mayoría de las ciudades del Ecuador.

Parámetros de calidad de las aguas.

El cálculo del índice de la calidad del Agua ICA, se lo implantó después de una encuesta a varios expertos ambientales. Cada especialista seleccionó las variables más significativas y resultando como definitivas: coliformes termotolerantes (TTC), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), fosfato (PO_4^{-3}), nitrato (NO_3^-), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrogeno (pH), sólidos disueltos totales (SDT), temperatura (^oT) y turbidez (TU) (Chapman, D., 1996). La definición de la calidad relativa para cada variable se estableció mediante curvas de variación que pueden relacionar el valor respectivo de cada variable con un grado, que varía de 0 a 100, en el que 100 representa la mejor calidad (NSF, 2010).

METODOLOGÍA

Área de estudio

La Cuenca del Río Portoviejo se encuentra ubicada íntegramente dentro de la provincia de Manabí. Se desarrolla de norte a sur, tiene su origen en las estribaciones de la cordillera costera y está compuesta por 43 micro-cuencas, sumando todas ellas una extensión de 422 km². En relación con la producción de caudales, la cuenca posee regiones donde las precipitaciones anuales alcanzan apenas los 450 mm por año, concentradas en los meses invernales, razón por la cual, los caudales disponibles son bajos y muchos ríos son intermitentes. La extensión del Río Portoviejo es de aproximadamente 101 Km, siendo su amplitud variable dentro de un rango de 10 a 40 m (MAE-Manabi, 2015). Con un caudal promedio en época seca de 12,5 m^3/s y 20 m^3/s en estación lluviosa, que superando los 25 m^3/s da lugar a inundaciones en el sector. Su extensión es de 2133 km^2 y está conformada por la cuenca alta, cuya altura sobre el nivel del mar fluctúa entre los 496 y 70 msnm, una zona intermedia y la cuenca baja. La cuenca alta comprende desde el embalse Poza Honda (construido hace 30 años con capacidad de 100 millones de m^3), hasta la parroquia Lodana en el río Portoviejo, cubriendo los cantones de 24 de Mayo, Santa Ana y parte de Jipijapa, así como la parte alta del cantón Portoviejo en la cuenca del río Chico. La zona intermedia va desde Lodana hasta la Parroquia Mejía (30 msnm) en el cantón Portoviejo. Aquí se localiza la mayor parte de la población de la cuenca. La cuenca baja comprende desde los 30 msnm hasta la desembocadura del río Portoviejo en el Océano Pacífico y cubre básicamente el cantón Rocafuerte y parte del cantón Sucre (Chamorro et al., 2005).

Las muestras fueron tomadas a lo largo del rio Portoviejo, desde su inicio en la represa Poza Honda hasta su desembocadura, se consideraron cuatros puntos de muestreo (Figura 1): Honorato Vásquez (1), Santa Ana (2), Mejía (3) y El Ceibal (4). Los habitantes que viven en la ribera del rio Portoviejo entre Honorato Vásquez y Santa Ana son personas dedicadas al cultivo de diferentes productos agrícolas, que hacen uso de plaguicidas y productos químicos que alteran el eco sistema, entre Santa Ana y Portoviejo se puede observar población de área urbana que desecha sus basuras o desperdicios al rio. Y por último, los puntos comprendidos después de las ciudades y desembocaduras al océano pacífico son considerados zonas rurales con la poca presencia de asentamiento humano.

LOCALIDAD: Provincia de Manabí.

Tabla 1 La cuenca del Rio Portoviejo

CUENCA	PROVINCIA	ÁREA PARCIAL (km^2)	ÁREA TOTAL (km^2)	LATITUD UTM	LONGITUD UTM	LATITUD	LONGITUD	ÁREA km^2
Portoviejo	Manabí	2132.81	2132.81	99137505 N 98505005 S	611780 W 547200 E	0°46'48" 1°21'00"	80°34'48" 79°59'24"	2132.81

Fuente: Chamorro et al. (2005)

Los puntos de muestreos están localizados en con las siguientes coordenadas:

Tabla 2.- puntos de muestreo

N	Sector	Altitud, msnm	Latitud	Longitud
1	Honorato Vásquez	78	17M0586705	9877159
2	Santa Ana	54	17M0569985	9866840
3	Mejía	30	17M0559124	9890660
4	El Ceibal	18	17M0558907	9898035

Figura 1. Mapa del rio Portoviejo, puntos de muestreo,
Fuente: (Montilla, A., Pacheco, H., 2016).

La recolección de las muestras, de acuerdo a la planificación realizada, se realizó considerando el primer punto limpio, el segundo punto sector donde ha pasado comunidades menores, tercer punto donde ha pasado ciudades grandes y el cuarto punto en la toma de agua para la ciudad de Manta:

P1.- A la salida de la Presa Poza Honda o antes de pasar a la parroquia Honorato Vásquez. Se debe tomar en cuenta, que en la represa se capta agua de algunos ríos y por medio de un túnel abastece agua desde la presa la Esperanza, es decir, se mezclan aguas de algunas fuentes.

P2.- Ante de ingresar a la ciudad de Santa Ana, para comparar el grado de eutrofización en comunidades pequeñas.

P3.- En el puente Mejía, punto estratégico, ya que el rio Portoviejo ha pasado por dos ciudades Santa Ana y Portoviejo.

P4.- El Ceibal, después de pasar por tres ciudades importantes: Santa Ana, Portoviejo y Rocafuerte. Este punto final se ubica previo a la desembocadura en el océano Pacífico, este punto tiene mucha relevancia, pues en este sector se capta agua para ser tratada para bombearla y abastecer de agua a la población de la Ciudad de Manta.

Diseño de Muestreo

La Norma ISO 5667-6 brinda la pauta para la toma de muestras, se realizó un muestreo simple en los meses enero, febrero y marzo del 2018, la forma de muestreo se efectuó de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana INEN 2176:2013. Las muestras recolectadas fueron individuales y puntuales, debido a que el caudal no es uniforme y por consiguiente los datos de la variables a medir no son constantes, estas muestras tomadas en los cuatros puntos se las recogió de manera manual en la superficie del rio.

El autor fue el responsable de tomar, conservar, tratar las muestras, tomando consideración lo siguiente:

1.- Recipientes de un litro de capacidad, para ensayos físico – químicos.

2.- Recipientes de 150 mL sellados y esterilizados para la toma de muestras de agua para ensayos microbiológicos.

3.- Recipientes de 250 mL para muestras de diatomeas.

Todos los recipientes fueron rotulados, con fecha, punto de muestreo y responsable. (NTE-INEN 2176, 2013).

Muestras para análisis físico – químicos y microbiológicos:

Los parámetros medidos in situ en el agua fueron: Temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. Los parámetros medidos en laboratorio fueron: Demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, sólidos disueltos totales, nitratos, fosfatos y coliformes fecales. En campo se determinaron con un equipo multiparámetro HACH ® DR 4000 los parámetros pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto; la temperatura fue determinada con la sonda del pH para los puntos. Posteriormente, empleando el espectrofotómetro HACH ® DR 4000 determinó los parámetros fosfatos y nitratos (Molina et al., 2003).

Las muestras fueron tomadas *in situ*, en los lugares designados o puntos de muestreos, se tomaron tres muestras por cada punto.

Toma de muestras de diatomeas en el campo:

La recolecta de las muestras de diatomeas se la realizó en los meses enero, febrero y marzo de 2018 en los cuatro puntos definidos en el rio Portoviejo como se indica en la

tabla 2, para la realización de la evaluación cualitativa y cuantitativa se siguió la metodología propuesta por Lobo (Lobo et al, 2015), se seleccionaron de entre tres a cincos piedras sumergidas, de 10 a 20 cm de diámetro por cada punto de muestreo, se procedió a cepillar la superficie de la piedra orientada hacia arriba, se evitaron rocas con superficie erosionada o sedimentación, se procede a lavar la superficie con agua destilada, esta muestra se la recolecta, se deposita en un recipiente de plástico de 250 mL previamente etiquetado y rotulado y se coloca en un cooler con hielo para su conservación y traslado al laboratorio (Sala et al., 2015).

Procesamiento de diatomeas en Laboratorio

Para este procedimiento se consideró la metodología planteada por Lobo (Lobo et al., 2016) y que ha sido adaptada (Round et al., 1993). La preparación de las muestras de diatomeas consistió en tomar, para cada punto, muestras en un tubo de ensayo con un volumen aproximado de 10 mL, tomando muestra y agua destilada (30%), luego son lavadas con agua destiladas (Battarbee 1986). Se colocan los tubos de ensayos en un vaso de precipitación en el que a su vez se colocan trozos de cerámica para evitar el burbujeo del agua por ebullición, la ebullición se la realiza en una campana extractora de gases, por un tiempo de una hora. Después se enfría la muestra y se añade 0.8 gramos de dicromato potásico en cada tubo de ensayo, para nuevamente volver a calentar por una hora a una temperatura de 90°C, posteriormente se deja en reposo por 24 horas, después de este paso se centrifuga a 3.000 rpm durante dos minutos y con una pipeta de plástico tipo Pasteur se retira el sobrenadante, se enjuaga con agua destilada hasta completar 10 ml, se centrifuga y se retira el sobrenadante. Este procedimiento se lo repite hasta observar la transparencia del agua destilada tomada como enjuague.

Continuando con el procedimiento al tubo de ensayo retirado el sobrenadante se le añade 2 mL de ácido clorhídrico junto con 10 mL de agua destilada, el juego de tubos con muestras, son sometidos a baño María durante media hora en la campana extractora. Se retira la muestra para enfriar, y se procede a centrifugar a 3000 rpm durante dos minutos y se retira el sobrenadante, este proceso se lo realiza de cinco a seis veces con el objetivo de retirar el ácido clorhídrico de la muestra preparada y dejar solo dos mL de muestra final con agua destilada.

En la preparación de las placas con diatomeas, se toma el cubre-objeto colocado en una plancha de calentamiento a 50°C, se coloca agua destilada al cubre-objeto y del tubo de ensayo que contiene las diatomeas tratadas se toman dos gotas del sobrenadante para ser colocada en el cubreobjetos junto con dos gotas de alcohol etílico al 70%, se retira el cubre-objeto una vez seca, paralelamente al porta-objeto se le coloca una gota de Naphrax, que es un medio de montaje para ubicar el cubre-objeto de manera invertida, y se procede a colocar las placas en la plancha de calentamiento hasta una temperatura de cercana a 200ºC, se retira y aplica una ligera presión al cubre-objeto para realizar un fijado homogéneo y finalmente se procede a identificar la placa.

Identificación de diatomeas epilíticas:

Para identificar y contar las diatomeas epilíticas se sigue el procedimiento propuesto en la Norma Europea EN 14407 – versión 2004.

Se utilizó el microscopio óptico Leica DM750, adaptado con una platina mecánica y un objetivo de inmersión para obtener un aumento elevado de 100x, además el equipo dispone de un micrómetro ocular para realizar la medición (EN14407, 2005, págs. 7-8).

Lentamente se realiza un barrido vertical en el porta objeto milimetrado y al encontrar diatomeas se toma una fotografía incluyendo la medidas, basándose en taxonomía de cada especie y se compara con diversas fuentes bibliográficas o estudios realizados en Ecuador (Uvillus, 2017), (Castillejo et al, 2018). Se recuentan y se suman las diatomeas encontradas hasta un máximo de 600, número importante para realizar el cálculo de índice de contaminación.

Las muestras se fijaron con alcohol y rotuladas se incorporaron al Herbario de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la UISEK, bajo la sigla RMS.

Análisis de Datos:

Para el análisis ambiental, la evaluación de la calidad del agua se llevó a cabo mediante el índice de calidad del agua (ICA) adaptado para los sistemas de lotos del sur de Brasil por Moretto et al., (2012). Para calcular el ICA, se utilizó el software IQAData, (Posselt et al, 2015). Las variables ambientales consideradas fueron OD, DBO_5, NO_3^-, PO_4^{3-}, pH, coliformes fecales, conductividad, temperatura y turbidez. Este ICA considera 0–25 como calidad de agua muy mala, 26–50 como calidad de agua mala, 51–70 como calidad de agua moderada, 71–90 como calidad de agua buena, y 91–100 como calidad de agua excelente. Se aplicó un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) para encontrar variables hipotéticas (componentes) que dan cuenta de la mayor parte posible de la varianza en los datos multivariados. Esta técnica se usa ampliamente para enfatizar la variación y captura patrones fuertes en un conjunto de datos, en este caso, particularmente aquellos patrones relacionados con los procesos de contaminación orgánica y eutrofización. Los análisis se realizaron utilizando el software PAST (Hammer et al, 2001). Los datos se transformaron utilizando logaritmo natural “Ln (x + 1)”. Para los datos biológicos, se realizó un

análisis multivariado con el fin de agrupar las abundancias relativas de diatomeas epilíticas en las estaciones de muestreo basadas en el método Ward (Ward, 1963).

Índice Trófico De Calidad Del Agua

Para el cálculo del índice trófico de calidad del agua se asignaron valores tróficos a las especies abundantes que se encontraron en cada punto de muestreo, haciendo uso de la formula adaptada de Plantle y Buck (1995):

$$\textbf{ITCA=}\ (vt * \%h)/h$$

Donde, vt es valor trófico de la especie, % h es el porcentaje de las especies y h es el total de la especie presente en la muestra. Así tenemos, 1.0 –1.5 oligotrófico (contaminación despreciable), 1.5–2.5 β–mesotrófico (contaminación moderada), 2.5–3.5 α– mesotrófico (contaminación fuerte) y 3.5–4.0 eutrófico (contaminación excesiva) (Lobo, 2015).

Resultados y discusión

Los parámetros medidos *in situ* con el equipo multiparámetro HACH ® DR 4000, fueron: Temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (2510-B). Los parámetros medidos en el laboratorio de Química de la UISEK, fueron: Demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, sólidos disueltos totales, nitratos, fosfatos y coliformes fecales, obteniéndose que en el punto uno la calidad del agua es "media", para los puntos dos, tres y cuatro la calidad del agua es "mala" (Tabla 3 y 4). Las variables de temperatura y pH no presentan variación significativa entre los cuatro puntos de muestreos. Para el parámetro oxígeno disuelto se detectó un ligero descenso en su concentración en los puntos tres y cuatro, para las variables conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, sólido totales disueltos y turbidez se nota incremento

acentuándose en el punto tres y cuatro debido a la presencia o actividad antropogénica, agrícola del sector. La presencia de fosfato se tiene desde el punto uno y se nota incremento hasta el punto cuatro lo que indica una gradiente de eutrofización, de igual manera la variable nitrato se presenta con incremento de concentraciones desde el punto uno hasta el punto cuatro. Para la variable microbiológica el incremento para el punto uno y dos ubicados en el sector más elevado (78 msnm) es leve, versus los puntos tres y cuatro ubicados en los tramos más bajos (18 msnm) que tienen un incremento significativo con valores de 1933 UFC.100ml^{-1}. Que están relacionados con condiciones mesotróficas a aguas eutróficas (contaminación moderada a excesiva), según Lobo y Kobayasi (Lobo et al 1990). Resumiendo los datos en la tabla 3, los conjuntos de datos físicos, químicos y microbiológicos exponen claramente un gradiente significativo de eutrofización desde sectores altos hacia aguas abajo.

Utilizando las diez variables temperatura, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, turbidez, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno, nitratos, fosfatos y microbiológicas se aplica el índice de calidad del agua (ICA) desarrollado por Moretto el al (Moretto et al, 2012) se obtiene los niveles de contaminación del agua en un rango de 44.90 – 60.50 como se muestra en la tabla 4. El punto uno tiene un promedio de 60.50 considerado como calidad de agua “media”, mientras que para para el punto dos se determinó la calificación 49.75 equivalente a “malo”, para el punto tres se obtiene un valor de ICA de 42.15 correspondiente a una calificación de “malo” y por último para el punto cuatro el promedio es de 33.56 lo que indica una calificación del ICA de “malo”. Este gradiente coincide con las ubicaciones de los sitios de muestreo en la cuenca: P1 sector alto, P2 sector medio alto, P3 en tramo intermedio y P4 en el tramo más bajo.

Tabla 3.- Resultados de Parámetros físico-químicos promedio por punto durante tres meses

Variables	P1	P2	P3	P4
T, ºC	26.6±0.79	26.37±0.32	27.37±1.87	26.80±1.06
pH	7.49±0.28	7.69±0.29	7.66±0.33	7.35±0.46
O.D. (mg.L^{-1})	7.22±0.81	7.25±0.65	5.55±0.42	5.67±0.41
Conduct (uS.cm^{-1})	135.27±17.79	295.67±69.25	655.67±180.56	625.67±168.35
DBO5 (mg.L^{-1})	16.72±3.10	32.2±3.10	28.24±2.54	267.84±56.69
Nitratos (mg.L^{-1})	0.09±0.05	0.16±0.05	0.31±0.08	0.34±0.08
Fosfatos (mg.L^{-1})	0.70±0.44	0.90±0.42	1.61±0.43	1.60±0.54
Colif tot UFC.100ml^{-1})	8.67±6.11	20.33±3.51	1133.33±723.42	1933.33±305.50
TDS (mg.L^{-1})	108.33±12.58	221.33±60.87	545.33±91.19	546.33±147.45
Turb (NTU)	37.17±12.51	57.23±17.72	476.33±346.49	520.33±436,16

*T= Temperatura, O.D.= Oxígeno disuelto; TDS= sólidos totales Disueltos; Colif_tot.= coliformes totales; Turb.= turbidez; Conduct.= conductividad eléctrica. DBO_5= demanda bioquímica de oxígeno durante 5 días.; mg.L^{-1} =miligramos por litro, µS.cm^{-1} = microsiemen por centímetro, UFC.100 ml^{-1} = Unidad Formadora de colonia por 100 mililitros; NTU=Unidad Nefelométrica de Turbidez

Tabla 4.- Resultados calculados según IQAData

Puntos	**Valor de IQA**	**Calificación**
P1	60.50	Media
P2	49.75	Malo
P3	42.15	Malo
P4	44.90	Malo

Las especies *Cocconeis lineata*, *Surirella brebissonii var* y *Unaria Ulna* fueron abundantes exclusivamente en sitios de calidad media y mala (P1 y / o P2). *Navicula Cryptotenella* y *Nitzchia palea* fueron abundantes exclusivamente en agua de calidad mala (P3 y P4), en este caso la *N. palea* está asociada a contaminación (Kelly et al 2008) y *Navicula gregaria* es abundante exclusivamente en P2 y P3, sectores con agua de contaminación moderada y contaminación fuerte respectivamente. La especie *Mayamaea permitis*, con un valor trófico (vt) = 4 para aguas contaminadas se la encuentra en un sitio de contaminación despreciable o sitio más limpio. La especie *Navicula gregaria*, con valor trófico (vt) = 4 se la detectó en el punto 2 y 3 o zonas intermedias, correspondiente a calidad de contaminación modera y contaminación fuerte respectivamente. La especie, *C. lineata* se ha clasificado de acuerdo con el nivel de

contaminación, teniendo un valor trófico (vt) = 2.5, correspondiente a especies con tolerancia intermedia a la eutrofización según la clasificación propuesta por Lobo (Lobo 2014) para sistemas lóticos brasileños subtropicales y templados. El grado de tolerancia atribuido a estas especies en los ecosistemas subtropicales y templados no se adaptó bien a su presencia exclusiva en ecosistemas tropicales de calidad de agua buena / intermedia.

Las especies *A. exigum, A. minutissimu, N. dissipata, N. inconspicua, G. lagenula*, tienen un valor trófico (vt) de 1 a 2.5, que corresponde a especies con tolerancia baja a intermedia a la eutrofización según Lobo (Lobo 2014). En cambio, según el mismo autor, *R. abbreviata, Gyrosigma kuetzingii, N. symmetrica, N. clausii* se clasifican con un valor trófico (vt) = 4, que corresponden a especies con alta tolerancia a la eutrofización.

Para la evaluación del ITCA, mediante las especies de diatomeas abundantes para el punto, uno localizado agua arriba (Honorato Vásquez), se tiene la presencia de una mayor cantidad de especies de diatomeas con ochos microalgas con un ITCA de 1.07 correspondiente a Oligotrófico (contaminación despreciable), considerado como el sector más limpio. Para el punto dos que pertenece a la ciudad de Santa Ana se tienen siete especies de diatomeas con un ITCA de 1.73 correspondiente β-mesotrófico (contaminación moderada). El sector tres perteneciente al sector Mejía y después de pasar la zona urbana, presenta cincos especies de diatomeas con ITCA de 2.77 equivalente α–mesotrófico (contaminación fuerte), y, para el punto cuatro perteneciente a aguas abajo del rio (El Ceibal) se tiene un valor de 2.81 α–mesotrófico (contaminación fuerte), como se indica en la tabla 6.

Tabla N° 5 Especies identificadas en los sitios de muestreo P1-P4 del río Portoviejo, Manabí, Ecuador, recolectadas en enero, febrero y marzo de 2018, destacando en negrita las 27 especies abundantes determinadas según el criterio de Lobo y Leighton (1986).

N	**Especies**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**
1	*Achnanthidium exigguum*	**156**	15	13	0
2	*Achnanthidium minutissimum*	**144**	25	0	0
3	*Coconeins lineata*	**155**	**277**	31	0
4	*Cyclotella meneghiniana*	27	13	36	6
5	*Diadesmis confervacea*	30	23	15	0
6	*Diploneis subovalis*	22	0	0	0
7	*Diatoma moniliformis*	0	0	15	0
8	*Encyonema minutum*	6	1	0	13
9	*Encyonema neogracile*	49	44	0	0
10	*Encyonema silesiacum*	9	18	0	0
11	*Encyonema ventricosum*	0	0	0	11
12	*Fragilaria pectinalis*	0	0	41	0
13	*Gomphonema Lagenula*	**138**	69	**152**	19
14	*Gonphonema Parvulum*	32	20	26	0
15	*Gomphonema cf. Gracile*	21	0	0	0
16	*Gyrosigma kuetzingii.*	42	30	**93**	26
17	*Humiduphila canlenta*	20	0	0	0
18	*Hantzschia amphioxys*	0	0	0	1
19	*Luticola goeppertiana*	14	33	13	15
20	*Mayamaea permitis*	**117**	0	0	23
21	*Navicula notha*	19	0	0	27
22	*Navicula gregaria*	29	**243**	**639**	34
23	*Navicula lanceolata*	36	14	23	**162**
24	*Navicula cryptotenella*	39	24	**107**	**150**
25	*Navicula cruxmeridionalis*	0	9	0	0
26	*Navicula cryptocephala*	29	0	0	0
27	*Navicula tripunctata*	0	16	23	8
28	*Navicula symmetrica*	24	22	0	**362**
29	*Navicula rostellata*	0	0	0	8
30	*Nitzschia clausii*	7	7	21	**245**
31	*Nitzschia palea*	25	24	**352**	**335**
32	*Nitzschia dissipata*	**128**	26	25	0
33	*Nitzchia amphibian*	18	13	22	**107**
34	*Nitzschia acidoclinata*	0	11	0	0
35	*Nitzschia linearis*	0	2	0	0

N	Especies	P1	P2	P3	P4
36	*Nitzchia archibaldii*	0	0	0	29
37	*Nitzchia sp.*	26	20	0	46
38	*Nitzschia inconspicua*	18	**113**	24	17
39	*Nitzchia fonticola*	0	4	0	0
40	*Nitzschia costei*	13	0	0	0
41	*Nitzschia paleacea*	0	0	10	18
42	*Nitzschia brevissima*	8	0	0	46
43	*Nitzchia umbonata*	14	31	37	26
44	*Neidium iridis.*	0	0	0	5
45	*Pinnularia sp.*	0	15	0	0
46	*Planothidium frequentissimum*	0	41	0	0
47	*Planothidium incuriatum*	22	0	0	0
48	*Reimeria sinuate*	7	4	0	0
49	*Rhopalodia gibberula*	15	0	0	25
50	*Rhoicosphenia abbreviate*	37	**249**	0	0
51	*Sellaphora seminulum*	0	19	0	0
52	*Sellaphora auldreekie*	10	0	18	0
53	*Surirella brebissonii var*	**106**	**214**	25	31
54	*Ulnaria ulna*	**194**	**128**	16	5

Tabla 6 Índice Trófico de calidad del Agua

Nombres	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia relativa	Vt%	ITCA
Achnanthidium exigguum	**156**	1	8.67	8.67	***ITCA – P1*** = 1.07 Oligotrófico: contaminación despreciable.
Achnanthidium minutissimum.	**144**	1	8.00	8.00	
Cocconeis lineata.	**155**	2.5	8.61	21.53	
Gomphonema lagenula.	**138**	2.5	7.67	19.17	
Mayamaea permitis	**117**	4	6.50	26.00	
Nitzschia dissipata	**128**	1	7.11	7.11	
Surirella brebissonii var.	**106**	1	5.89	5.89	
Ulnaria ulna.	**194**	1	10.78	10.78	
Cocconeis lineata	**277**	2.5	15.39	38.47	***ITCA - P2***= 1.73 β-mesotrófico (contaminación moderada)
Navicula gregaria	**243**	4	13.50	54.00	
Nitzschia inconspicua	**113**	1	6.28	6.28	
Rhoicosphenia abbreviata	**249**	4	13.83	5533	
Surirella brebissonii var	**214**	1	11.89	11.89	
Ulnaria ulna	**128**	1	7.11	7.11	
Gomphonema lagenula	**152**	2.5	8.44	21.11	***ITCA – P3***= 2.77 α–mesotrófico
Gyrosigma kuetzingii	**93**	4	5.17	20.67	

Navicula cryptotenella	**107**	2.5	5.94	14.86	(contaminación fuerte)
Navicula gregaria	**639**	4	35.50	142.00	
Nitzchia palea	**352**	4	19.56	78.22	
Navicula cryptotenella.	**150**	2.5	8.33	20.83	***ITCA –P4*** = 2.81 α–mesotrófico (contaminación fuerte)
Navicula lanceolata.	**162**	4	9.00	36.00	
Navicula symmetrica	**362**	4	20.11	80.44	
Nitzchia amphibia.	**107**	2.5	5.94	14.86	
Nitzchia clausii	**245**	4	13.61	54.44	
Nitzschia palea	**335**	4	18.61	74.44	

En la figura 3 se indica la dispersión basada en el Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) de las muestras de diatomeas de cuatros sectores de muestreo, correlacionadas con las variables ambientales en relación a los ejes 1 y 2: Temperatura (T), pH, Conductividad eléctrica (CE), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Nitratos (NO_3^-), Fosfatos (PO_4^{3-}), Coliformes fecales ($UFC.100mL^{-1}$), Sólidos disueltos totales (TDS), Turbidez (NTU), Los puntos de color verde representa las diatomeas del sector 1, los puntos en azul indican las presente en el sector 2, los puntos negro sector 3 y puntos en rojo muestra sector 4.

Se empleó un análisis de componentes principales (PCA) para comparar los patrones de composición entre los conjuntos de datos físicos y químicos examinados para los cuatro sitios de muestreo (P1-P4) en el río Portoviejo e identificar los factores que influyen en cada uno. Los tres primeros componentes muestran un porcentaje de varianza acumulada igual a 68.07% (Tabla 7); sin embargo, el PC1 fue el único componente significativo, que representa el 30.96% de la varianza total en el conjunto de datos (Jackson, 1993).

La Tabla 8 resume los resultados de PCA para los tres primeros PC, incluidos los vectores propios de la matriz de correlación. Teniendo en cuenta que las variables físicas, químicas y microbiológica se midieron utilizando diferentes unidades, se utilizó

la correlación (matriz de varianza-covarianza normalizada). La Figura 3 muestra la gráfica bivariada de las puntuaciones de las PC 1 y 2 según diez variables abióticas en los cuatros puntos de muestreo (P1-P4) en el río Portoviejo.

De acuerdo con la Tabla 8 y la Figura 3, el primer eje se correlacionó con OD (r = 0.779452), caracterizando los sitios de muestreo P1, en cambio para el P2 se correlacionó con el pH (r = 0.52449). En contraste, podemos observar correlaciones fuertes y positivas, > 0.68, para NTU, UFC, NO_3^-, PO_4^{3-}, TDS y conductividad eléctrica, caracterizando a los sitios de muestreo P3 y P5 correlacionados con la variable DBO5 (r=0.7339).

Como señalaron Janzekovic y Novak (Janzekovic 2012), cuanto más fuerte es la correlación entre una variable y un factor, mayor es la correlación entre la variable correspondiente y los ejes de factores. Las variables que están correlacionadas con un factor particular pueden, por lo tanto, ser identificadas, proporcionando así información sobre qué variables pueden explicar el factor dado. En este contexto, estos resultados muestran que PC1 corresponde claramente a una gradiente de eutrofización de sitios limpios ubicados en el cuadrante positivo, caracterizado por aguas con mayor concentración de oxígeno disuelto y representadas por los sitios de muestreo P1. Para el cuadrante positivo, para el segundo cuadrante están correlacionado la variable pH y el punto dos de muestreo, para el tercer cuadrante, caracterizado por aguas con alta concentración de Coliformes Fecales, fosfato, nitrato, turbidez, TDS y conductividad eléctrica y representados por el punto de muestreo P3 y el punto P4 se correlaciona con la variable DBO_5. Estos resultados coinciden con el gradiente de eutrofización obtenido en base al análisis estadístico básico de los conjuntos de datos físicos, químicos y microbiológico que se muestran en la Tabla 4, así como con el ICA, con P1 de calidad

de “agua media”, P2 clasificado como sitio de muestreo de "agua mala" que se ubica en área intermedia y ubicados en los tramos superiores de la cuenca, P3 y P4 se clasifican como sitios de muestreo que tiene calidad de agua "mala', ubicándose en los tramos más bajos.

El gradiente de eutrofización detectado en la cuenca del río Portoviejo se puede explicar considerando las actividades de contaminación antropogénica (agricultura y aguas residuales) que se producen en las áreas que rodean los sitios de muestreo, desde los tramos superiores correspondientes a los sitios P1 y P2, ubicados en la parte alta del rio (78 msnm), con altas interferencias antropogénicas, a los alcances inferiores correspondientes a los sitios P3, ubicados después de pasar las ciudades de Santa Ana y Portoviejo (30 msnm), y P4 ante de la desembocadura del rio (18 msnm), con fuertes influencias de Fuentes puntuales como efluentes municipales, así como fuentes no puntuales como la escorrentía agrícola.

La agrupación de los sitios de muestreo se realizó mediante un análisis de conglomerados basado en los datos de abundancia relativa de las especies de diatomeas, como se muestra en la figura 4. Se observó la formación de dos grupos principales: un grupo que contiene los sitios de muestreo P1 y P2 (calidad del agua despreciable y moderada) y un segundo grupo compuesto por sitios de muestreo con mala calidad del agua, contaminación fuerte (P3 y P4). Estos resultados demuestran claramente la separación de los puntos de muestreo que fueron más impactados correspondientes a los tramos inferiores de la cuenca del río Portoviejo, de los puntos de muestreo con menor impacto ambiental, correspondientes a los sectores superiores.

En la figura 5 se indica la tendencia de dos grupos definidos, así, el primer grupo contiene los puntos uno y dos, para el segundo grupo conformado por los puntos tres y cuatro (punto sucio) formado por los meses de enero, febrero y marzo.

Tabla7. Resumen de resultados del análisis Canónico de Correspondencia de la matriz de propiedades bióticas y abióticas en los cuatros puntos de muestreo

Ejes	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Autovalores (ʎ)	0.28052	0,2132	0.12301
Porcentaje de varianza explicada (%)	30.96	23.53	13.58
Varianza acumulada (%)	30.96	54.49	68.07

Tabla8. Coeficientes canónicos y correlaciones de interés de diez parámetros físico químicas y microbiológicas con los ejes 1,2 y 3, utilizando 54 variables bióticas.

Variables	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Temperatura = T (°C)	-0.160207	0.0894659	0.0749429
Potencial de Hidrógeno = pH	0.257276	0.523449	-0.091614
Oxígeno Disuelto = O. D. ($mg.L^{-1}$)	0.779452	-0.020611	-0.347080
Conductividad Eléctrica = CE ($uS.cm^{-1}$)	-0.798207	0.392405	-0.032874
Demanda Bioquímica de oxigeno = DBO_5 ($mg.L^{-1}$)	-0.406906	-0.252904	-0.733913
Nitratos = NO_3^- ($mg.L^{-1}$)	-0.868308	0.181162	0.0557606
Fosfatos = PO_4^{3-} ($mg.L^{-1}$)	-0.681291	0.163927	0.314935
Coliformes Fecales UFC/100ml	-0.943857	0.141324	0.155070
Sólido Totales Disueltos = TDS ($mg.L^{-1}$)	-0.847906	0.29903	0.0266029
Turbidez = Tur (FTU)	-0.856115	0.0542395	0.277745

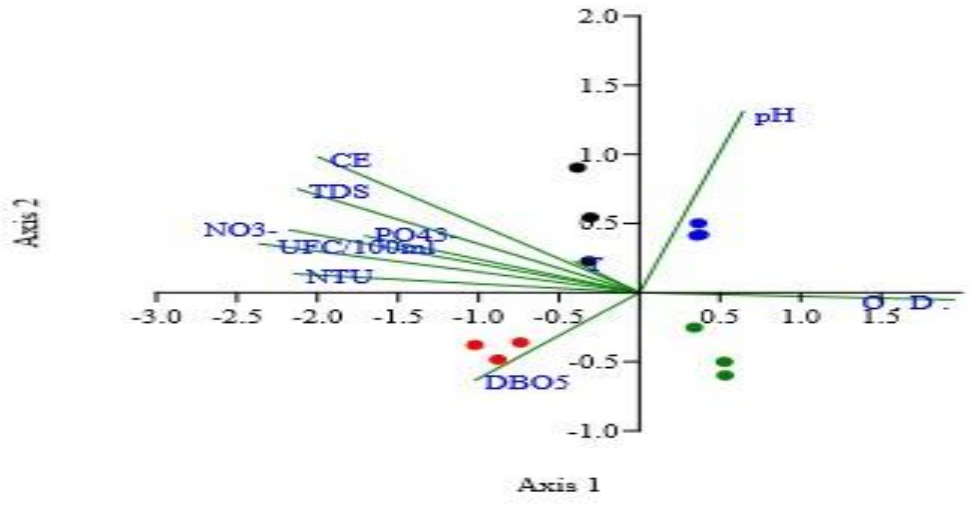


Figura 3 Análisis canónico de correspondencia del rio Portoviejo.

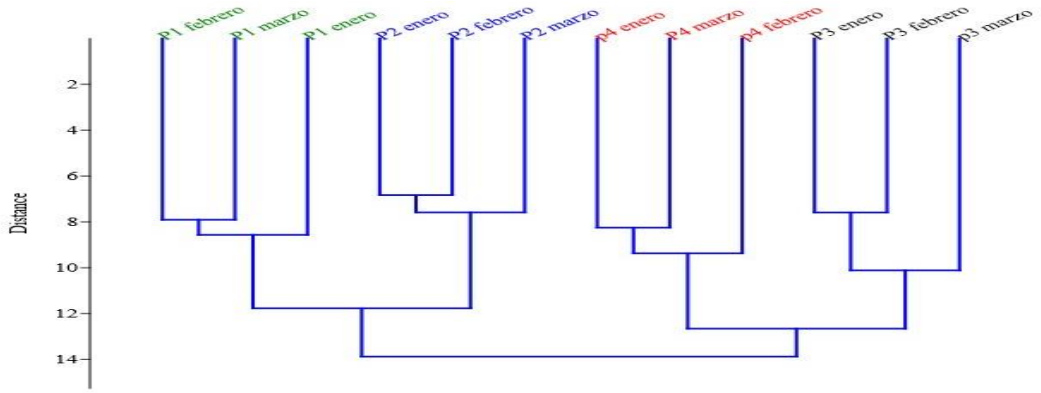
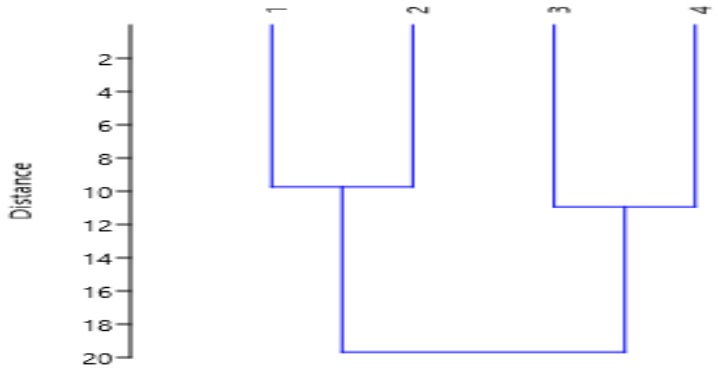


Figura 4 Análisis de Clúster para las Diatomeas epilíticas encontradas en el rio Portoviejo, durante el periodo enero – marzo 2018
Dendrograma de los puntos de muestreo y las especies de diatomeas epilíticas encontradas en los meses de enero, febrero y mazo del 2018 en Cuenca Hidrográfica del río Portoviejo



Figuras 5 Análisis de Clúster para las Diatomeas epilíticas para los puntos 1, 2 3 y 4
Dendrograma de las tendencias por grupo y puntos de las especies de diatomeas epilíticas encontradas en Cuenca Hidrográfica del río Portoviejo

El grado de tolerancia, atribuido a estas especies en los ecosistemas subtropicales y templados no se adaptó a su presencia exclusiva en los ecosistemas tropicales con mala calidad del agua, como es el caso de la presencia de *Mayamaea permitis* (tolerante a la contaminación) en el punto uno considerado limpio o contaminación despreciable, así se tiene que, en el punto dos de contaminación moderada la presencia de *Navicula gregaria* y *Rhoicosphenia abbreviata*, especie de diatomeas con vt = 4 consideradas especies de diatomeas tolerantes a la contaminación ambiental.

Como se esperaba, en el río Portoviejo hay una tendencia en la corriente descendente de la eutrofización desde la cabeceras del río que es meno poblada (sitios de muestreo P1 y P2) hacia las zonas más pobladas (sitios de muestreo P3 y P4), como se demostró claramente en base al análisis estadístico básico de conjuntos de datos físicos, químicos y microbiológico, el índice de calidad del agua (ICA), valor trófico de calidad del agua (ITCA) y el análisis de componentes principales (PCA). Se demuestra que las comunidades de diatomeas experimentan cambios en la composición de las especies a lo largo de un gradiente descendente de eutrofización creciente, con especies sensibles que prevalecen en los alcances aguas arriba y su reemplazo gradual hacia abajo por especies que son más tolerantes.

Además, la tolerancia a la contaminación / eutrofización determinada para algunas especies de diatomeas (*M. permitis*, *N.gregaria* y *R. abbreviata*) en ecosistemas subtropicales y templados en base a la clasificación propuesta por Lobo et al. (2016) no se ajusta adecuadamente a los valores tróficos de algunas especies de diatomeas en los ecosistemas de la costa ecuatoriana. Se concluye que los valores tróficos de las especies de diatomeas disponibles en la literatura científica no siempre son adecuados para diagnosticar la calidad del agua del río Portoviejo. Por lo tanto, es necesario determinar la tolerancia a la eutrofización de las especies de diatomeas de los ecosistemas tropicales para desarrollar un índice de diatomeas tróficas para la región costanera de Ecuador.

Bibliografía

Blanco, S., Cejudo-Figueiras, C., Álvarez-Blanco, I., Bácares, E., Hoffman, L., & Ector, L. (2010). Atlas de las Diatomeas de la cuenca del Duero, Diatom Atlas of the Duero Basin. Duero: Universidad de León.

Battarbee, R.W., (1986). R.W. Battarbee. Diatom analysis. Handbook of holocene paleoecology and paleohydrology. London: John Wiley and Sons; 1986. 527p

Castillejo, P., Chamorro, S., Paz, L., Heinrich, C., Carrillo, I., Salazar, J., Navarro, J. & Lobo, E. (2018). Response of epilithic diatom communities to environmental gradients along an Ecuadorian Andean River, *C.R. Biologies*, 341, 256 -263.

Céspedes, E., Umaña, G., y Silva, A., (2015). Tolerancia de diez especies diatomeas (Bachillariophycaca) a los factores físico-químicos del agua en el Rio Sarapiquí, Costa Rica. *Biología Tropical*, 64 (1) 1 – 13

Chapman, D., (1996). World Health Organization, Unesco & United Nations Environment Programme. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring / edited by Deborah Chapman, 2nd ed. London : E & FN

Cox, E. (1991).What in the basis for using diatoms as monitors of river quality? En: Whitton BA, Rott E, Friedrich G, editors. Use of algae for monitoring rivers. *Innsbruck: Institut für Botanik, Universität Innsbruck*;. p. 33-40

Diaz, C. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. *Limnología Caldasia* 26 (2) 381- 394

Esquiús, K., Escalante, A., y Solar L.(2008). Algas Epífitas Indicadoras de Calidad del Agua en Arroyos vinculados a la laguna de Los Padres. *Biología Acuática*, *24*, 95 – 102

Hammer, Ø., Harper, D.A., Ryan, P., PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis, Palaeontologia Electronica 178 kb, T. Harper, Geol. Mus. 4 (4) (2001) 5–7 (Retrieved from http://palaeo-electronica.org).

Hernández, S. (2012) Indicadores biológicos de calidad de agua superficiales de la subcuenca del Rio Viejo, utilizando fitobentos (Diatomeas) Centro para la investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, CIRA/UNAN – Managua.

Hoffman, G., Werum, M., & Lange-Bertalot, H. (2013). Diatomeen in Sübwasser Benthos von mitteleuropa.Bestimmungssfloras Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigstenm Arten und ihre Ökologie. Koeltz Scientific Books

https://maemanabi. files.wordpress.com/2015/12/6-descripcic3b3n-del-proyecto.pdf

Jackson, D.A., Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches, Ecology 74 (8) (1993) 2204–2214.,

Janzekovic, F., Novak, T., PCA – A powerful method for analyze ecological niches, in: principal component analysis – multidisciplinary applications, InTech 1 (2012) 127–142.

Kelly, M., Juggins, S., Guthrie, R., Pritchard, S., Jamieson, J., Rippey, B., Yallop, M., Assessment of ecological status in UK rivers using diatoms, Freshw. Biol. 53 (2008) 403–422.

Licursi, M., y Gómez, N.(2003). Aplicación de índices bióticos en la evaluación de la calidad del agua en sistemas lóticos de la llanura pampeana a partir del empleo de diatomeas. *Biología Acuatica, 21, 31 – 49*

Lobo E.A., Heinrich C.E., Schuch M., Wetzel C.E., Düpont A., Da Costa A., Ector L., (2016). Índice Trófico de qualidade da agua: Guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. EDUNISC.

Lobo E.A. & Kobayasi, H. (1990). Shannon's diversity index applied to some freshwater diatom assemblages in the Sakawa River System (Kanagawa Pref., Japan) and its use as an indicator of water quality. Japanese Journal of Phycology 38: 229-243.

Lobo, E.A. & Leighton, G. (1986). Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona Central de Chile. Revista Biología Marina, Valparaíso, 22: 1-29.

Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M. & Bender, P. (2002). Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. 127 p.

Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M., Hermany G., Bes D., Wetzel, C.E. & Oliveira, M.A. (2004). Use of epilithic diatoms as bioindicators, with special emphasis to the eutrophication problem of lotic systems in Southern Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia 16: 25-40.

Lobo E.A., Schuch M., Heinrich C.G., Da Costa A., Düpont A., Wetzel C.E., Ector L., (2015). Development of the Trophic Water Quality Indez (TWQI) for subtropical températe Brazilian lotic systems.

Lobo E.A., Wetzel, C.E., Ector, L., Katoh, K., Blanco, S. & Mayama, S. (2010). Response of epilithic diatom community to eutrophication in subtropical temperate Brazilian rivers. Limnetica 29(2): 323-340

Lobo E.A., Wetzel C.E., Schuch M., Ector L., (2014). Diatomáceas epilíticas como Indicadores da qualidade da água em sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. Santa Cruz do Sul. EDUNISC.

Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H. (1998). Tropical diatomsof South America I, about 700 predominanlty rarely known or new taxa representative of the neotropical flora . Königstein: Koeltz Scientific Books.

Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H., & García-Rodríguez, F. (2005). Diatoms of Uruguay. Compared with of othertaxa from South america and elsewhere, Iconographia Diatomológica, Ruggsell.Uruguay: A.R.G. Ganther Verlang K. G.

Montilla, A., Pacheco, H., (2016), Comportamiento Temporal Y Espacial Del Bosque Ribereño En El Curso Bajo Del Río Portoviejo Y La Quebrada Chilán, Provincia De Manabí, Ecuador.

Moreno, D., Quintero, J., & Lopez, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. Koeltz Scientific Books

Moretto D.L., Panta R.E., Da Costa A.B., Lobo E.A., (2012).Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution no. 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA).

Morrone, J. (2004).Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición.

Necchi JR. O., (2016). River Algae. Sao Paulo. Brasil.

National Sanitation Foundation - NSF. *Water Quality Index (WQI).* Available from: <http://www.nsf. org/consumer/earth_day/wqi.asp>. Access in: 10 jan. 2010.

Oliviera, M., Torgan, L., Lobo, E., y Scharzbold, A. (2001). Association of Periphytic Diatom Species of Artificial Substrate in Lotic Environments in the Arroio Sampaio Basin, RS, Brazil: relationships with abiotic variables. Brazilian Journal of Biology, 61 (4), 523 – 540

OMNIDIA, Omnidia software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. v. 6.0.2, 2017 http://www.omnidia.fr.

Pantle, R., & Buck, H. (1955). Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserfach Wasser und Abwasser, 96,609–620.

Paul, S. S., Mallik, B., Mandal, M., Biswas, B., Sekh, S., & Sarkar, N. Sen. (2016). Epilithic diatoms as biological water quality indicators--A study in three geographically isolated hill streams in India. *Journal of Environmental Biology*, *37*(2), 275–283. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27097448

Posselt, E., Costa, A., Lobo, E., Software IQAData (2015). Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC, 2010, 2015 (Retrieved from http://www.unisc.br/ppgspi).

Round, F.E., R.M. Crawford & Mann, D.G. (1990). *The diatoms. Biology and morphology of the genera*. - Cambridge University Press, Cambridge.

Sala, S. E., Vouilloud, A. A., Plata-Díaz, Y., Pedraza, E., & Pimienta, A. (2015). Taxonomía Y Distribución De Diatomeas Epilíticas Registradas Por Primera Vez En Colombia I. *Caldasia*, *37*(1), 125

Salomoni, S., Rocha, O., Callegaro, V., y Lobo, E. (2006). Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravatai river, Rio Grande do Sul, Brazil. Hydrologia Springer, 559, 233-247.

Schneck, F., Torgan, L., Schwarzbold, A. (2007). Epilithic diatom community in a high altitude stream impacted by fish farming in southern Brazil. Study area Epilithic diatom sampling. *Acta Limnologica Brasiliensia.* 19 (3). 341 - 355

Tall, L., Cloutier, L., Cattaneo A. (2006). Grazer-diatom size relationships in an epiphytic community. *Linmology and Oceanography*, 51 (2), 1211 – 1216

Tang, T., Cai, Q. Lui, J., (2006). Using Epilithic Diatom communities to assess ecological condition of Xiangxi river system. *Environmental and Assessment, 112., 347 – 361.*

Tundisi J.G., (2014)Recursos hídricos no Brasil, problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro.

Turner, M., Howell, E., Summerby, H., Hesslein, R., Finfdlay, D., Jackson, M. (1991). Changes in epilithon and epiphyton associated with experimental acidification of lake to pH 5. *Limnology and Ocenaography, 36 (7), 1390* - 1405

Uvillús, S., (2017)Caracterización de la Composición Florística de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización en el río "La Compañía" del cantón Mejía. Universidad SEK.

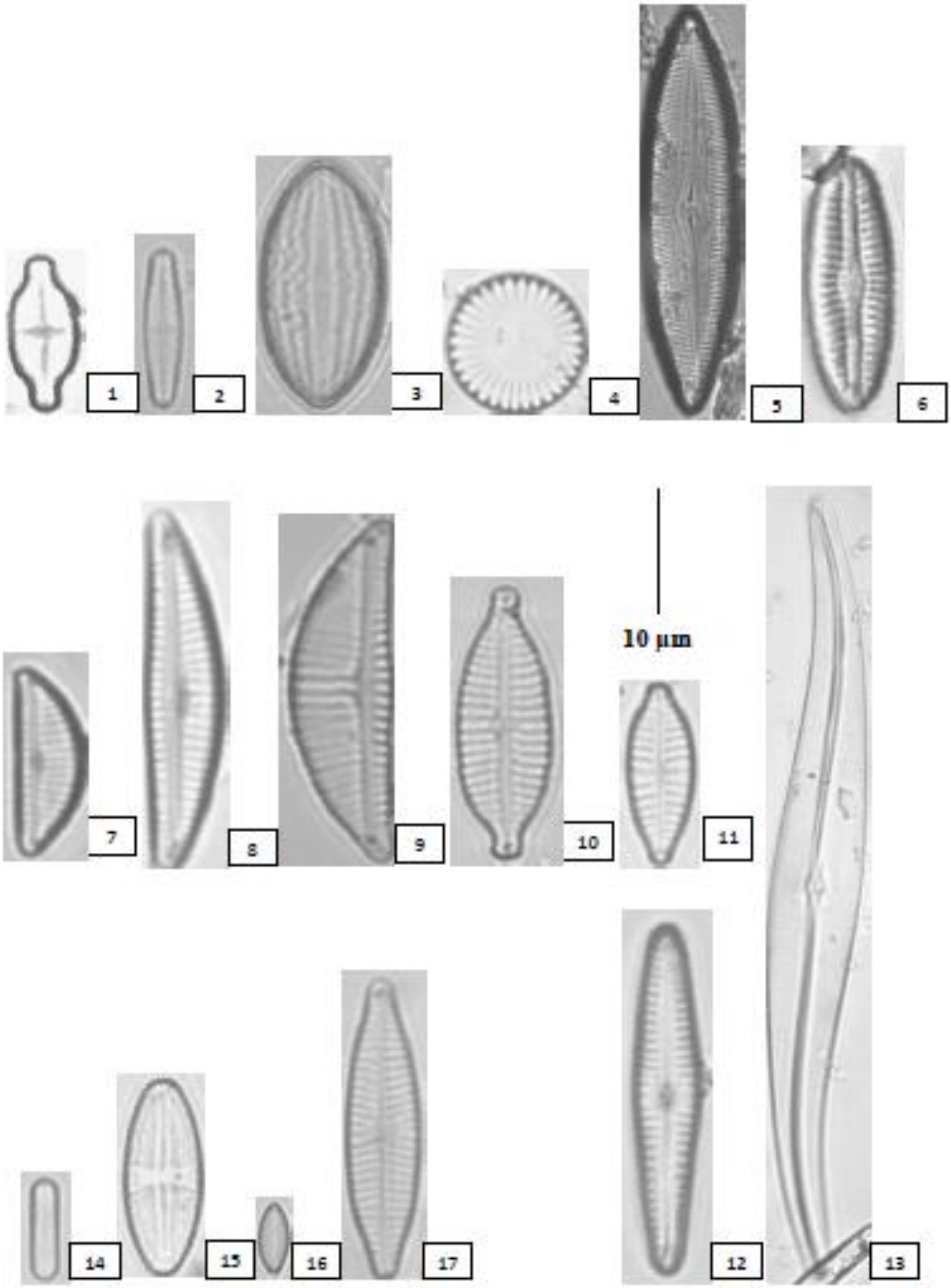
Ward, J. H., JR. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, *58*(301), 236–244.

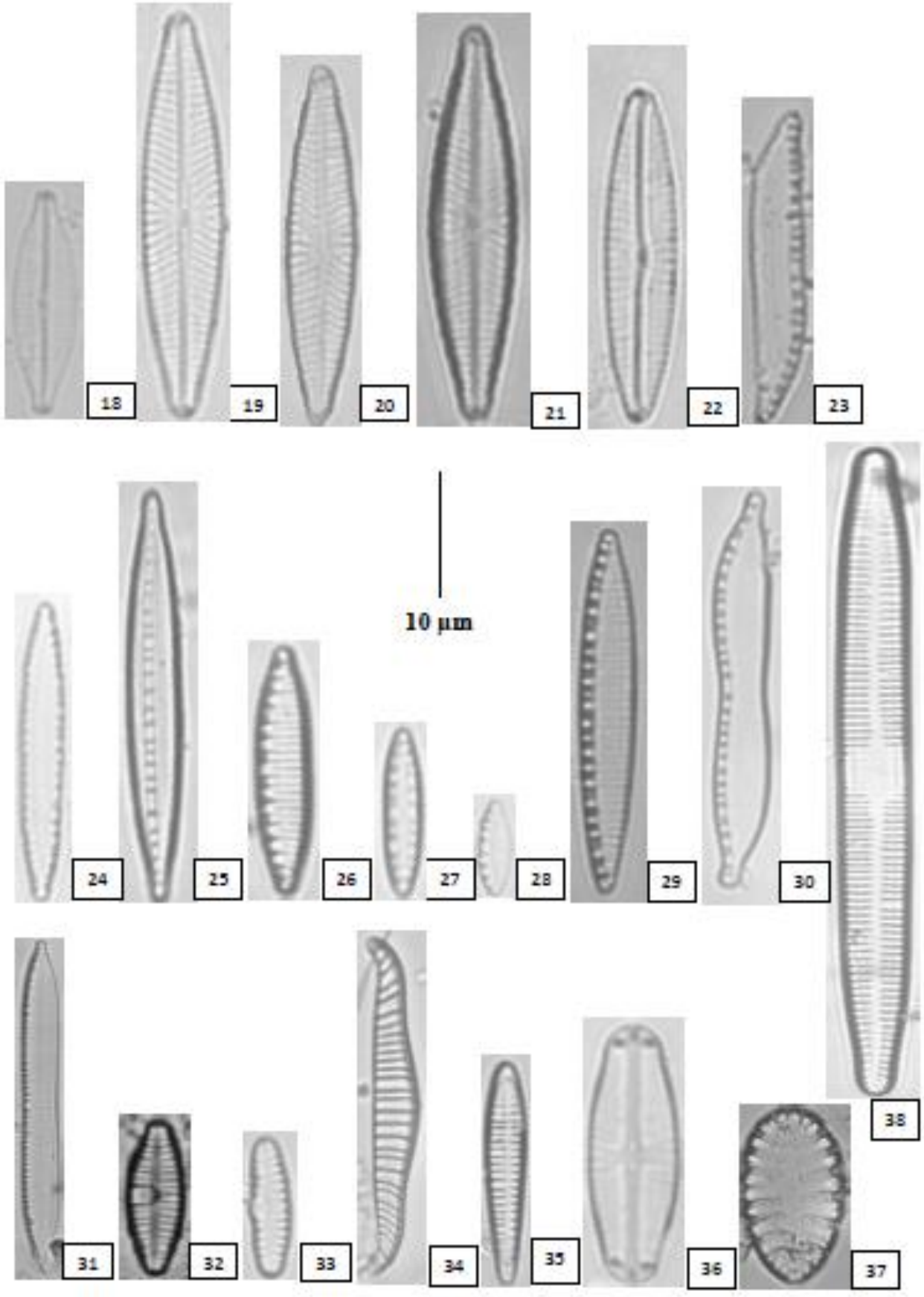
Wetzel, C.E., Ector, L., Hoffmann, L. & Bicudo, D.C. (2010). Colonial planktonic *Eunotia* (Bacillariophyceae) from Brazilian Amazon: Taxonomy and biogeographical considerations on the *E. asterionelloides* species complex. Nova Hedwigia 91(1-2):49-86.

ANEXO A. Diatomeas encontradas en el primer punto (Honorato Vásquez) del río Portoviejo durante los meses de enero, febrero y marzo de 2018

#	Nombre	Características
1	*Achnanthidium exigguum. Grunow (1994)*	*Largo: 11µm - Ancho: 6µm*
2	*Achnanthidium minutissimum. Kützing (1994)*	*Largo: 12µm - Ancho: 3µm*
3	*Coconeins lineata. Ehrenberg (1849)*	*Largo: 20µm - Ancho: 10µm*
4	*Cyclotella meneghiniana.Kützing (1844)*	*Largo: 12µm - Ancho: 12µm*
5	*Diadesmis confervacea. Crawford & D.G.Mann (1990)*	*Largo: 34µm - Ancho: 8µm*
6	*Diploneis subovalis. Skvortzov (1937)*	*Largo: 20µm - Ancho: 6µm*
7	*Encyonema minutum. (Hilse) D.G.Mann*	*Largo: 15µm - Ancho: 5µm*
8	*Encyonema neogracile. Krammer (1997)*	*Largo: 29µm - Ancho: 5µm*
9	*Encyonema silesiacum. Bleisch (1990)*	*Largo: 28µm - Ancho: 8µm*
10	*Gomphonema Lagenula. Kützing (1844)*	*Largo: 26µm - Ancho: 7µm*
11	*Gonphonema Parvulum. Kützing (1849)*	*Largo: 14µm - Ancho: 6µm*
12	*Gomphonema cf. Gracile Kützing (1894)*	*Largo: 27µm - Ancho: 5µm*
13	*Gyrosigma kuetzingii. (Grunow) Cleve (1894)*	*Largo: 58µm - Ancho: 10 µm*
14	*Humiduphila canlenta*	*Largo: 12µm - Ancho: 3µm*
15	*Luticola goeppertiana. . Crawford & Mann (1990)*	*Largo: 17µm - Ancho: 6µm*
16	*Mayamaea permitis. Bruder et Medlin*	*Largo: 10µm - Ancho: 3µm*
17	*Navicula nota. Wallace (1960)*	*Largo: 24µm - Ancho: 6µm*
18	*Navicula gregaria. Donkin (1861)*	*Largo: 23µm - Ancho: 6µm*
19	*Navicula lanceolata. (Agardh) Kützing*	*Largo: 40µm - Ancho: 10µm*
20	*Navicula cryptotenella. Krammer & Lange-Bertalot (1985)*	*Largo: 27µm - Ancho: 6µm*
21	*Navicula cryptocephala. Kützing(1844)*	*Largo: 30µm - Ancho: 6µm*
22	*Navicula symmetrica. Patrick, R.M. (1944)*	*Largo: 26 µm - Ancho: 6µm*
23	*Nitzschia clausii. Hantzsch (1860)*	*Largo: 21 µm - Ancho: 4µm*
24	*Nitzschia palea.(Kützing) Smith*	*Largo: 24µm - Ancho: 6µm*
25	*Nitzschia dissipata .Kützing (1860)*	*Largo: 33 µm - Ancho: 4µm*
26	*Nitzchia amphibia. Grunow (1862)*	*Largo: 19µm - Ancho: 4µm*
27	*Nitzchia sp.*	*Largo: 13µm - Ancho: 3µm*
28	*Nitzschia inconspicua. Grunow (1862)*	*Largo: 8µm - Ancho: 3µm*
29	*Nitzschia costei. Rimet, F. & Ector, L. (2008)*	*Largo: 28µm - Ancho: 4µm*
30	*Nitzschia brevissima. Grunow (1885)*	*Largo: 33 µm - Ancho: 5µm*
31	*Nitzchia umbonata Lange-Bertalot, H. (1978)*	*Largo: 25µm - Ancho: 4µm*
32	*Planothidium incuriatum. Hoffmann, L. & L.Ector (2013)*	*Largo: 12µm - Ancho: 5µm*
33	*Reimeria sinuata. Kociolek, J.P. (1987)*	*Largo: 10µm - Ancho: 3µm*
34	*Rhopalodia gibberula. (Ehrenberg) O.Müller 1895*	*Largo: 27µm - Ancho: 5µm*
35	*Rhoicosphenia abbreviata. Lange-Bertalot (1980)*	*Largo: 18µm - Ancho: 4µm*

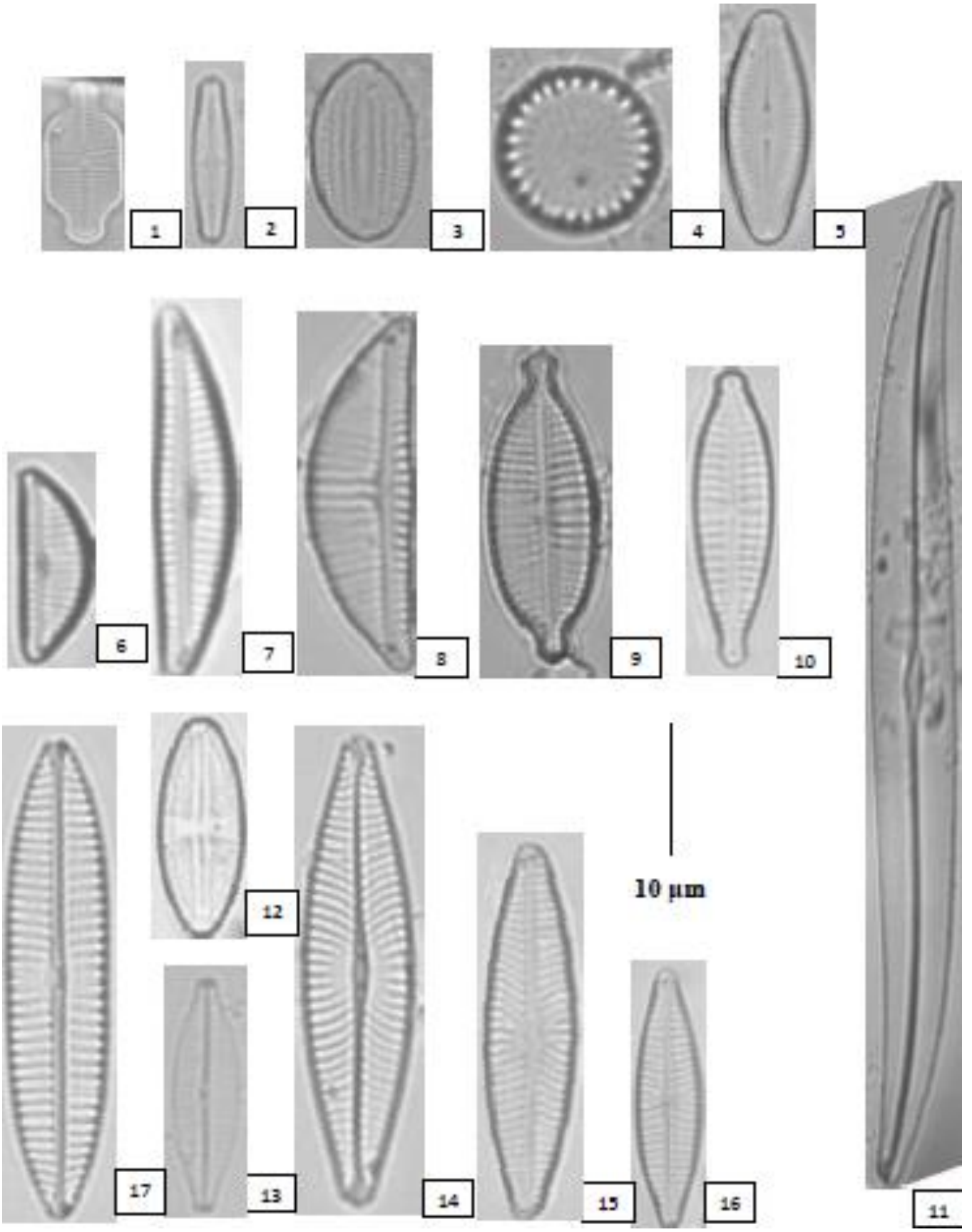
36	*Sellaphora auldreekie.*	*Largo: 24µm - Ancho: 8µm*
37	*Surirella brebissonii var*	*Largo: 17µm - Ancho:10 µm*
38	*Ulnaria ulna. (C.L. Nitzsch) Compère (2001*	*Largo: 76µm - Ancho: 7µm*

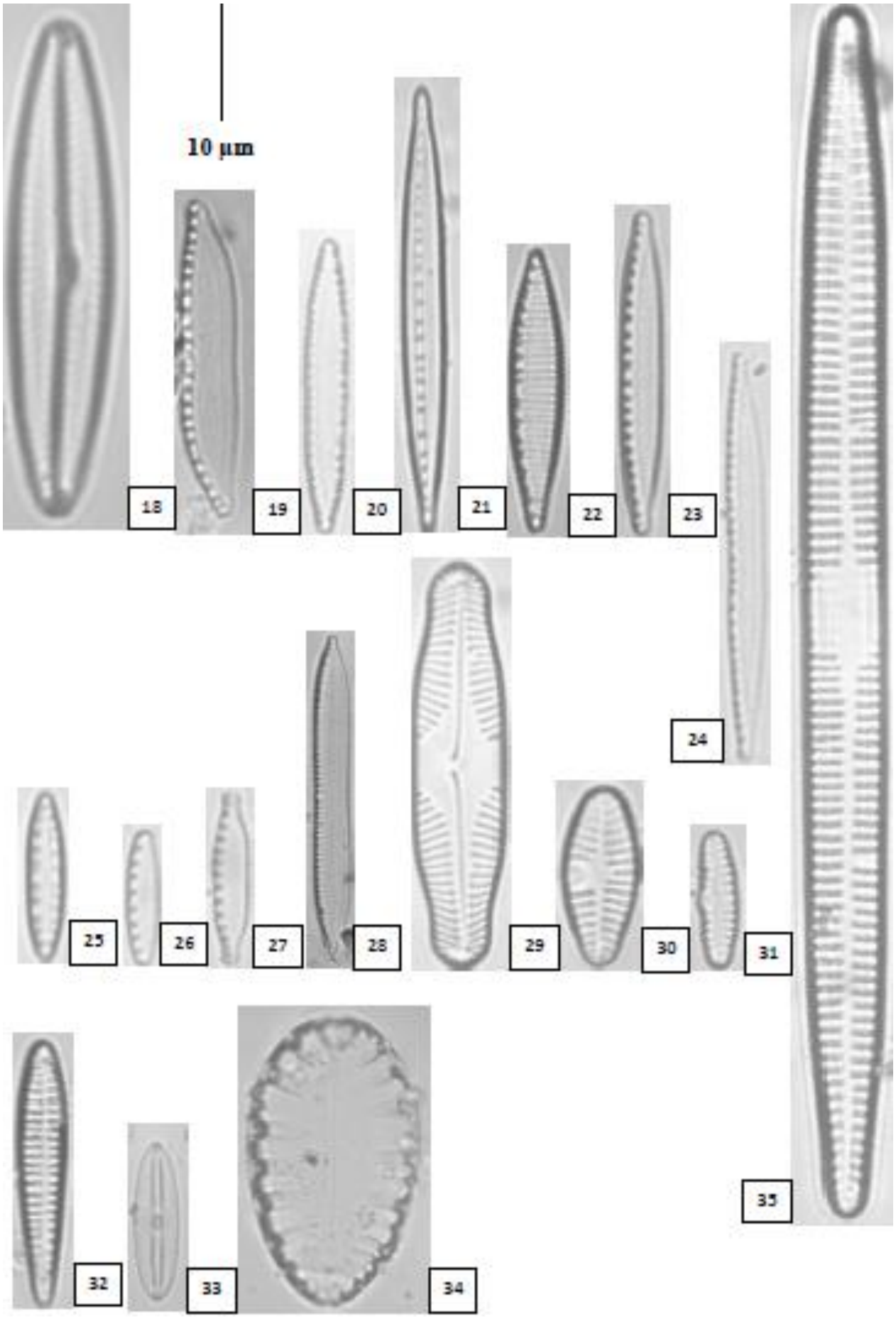

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
10 µm
11
12
13
14
15
16
17


18
19
20
21
22
23
10 µm
24
25
26
27
28
29
30
38
31
32
33
34
35
36
37

ANEXO B. Diatomeas encontradas en el segundo punto (Santa Ana) del río Portoviejo durante los meses de enero, febrero y marzo de 2018

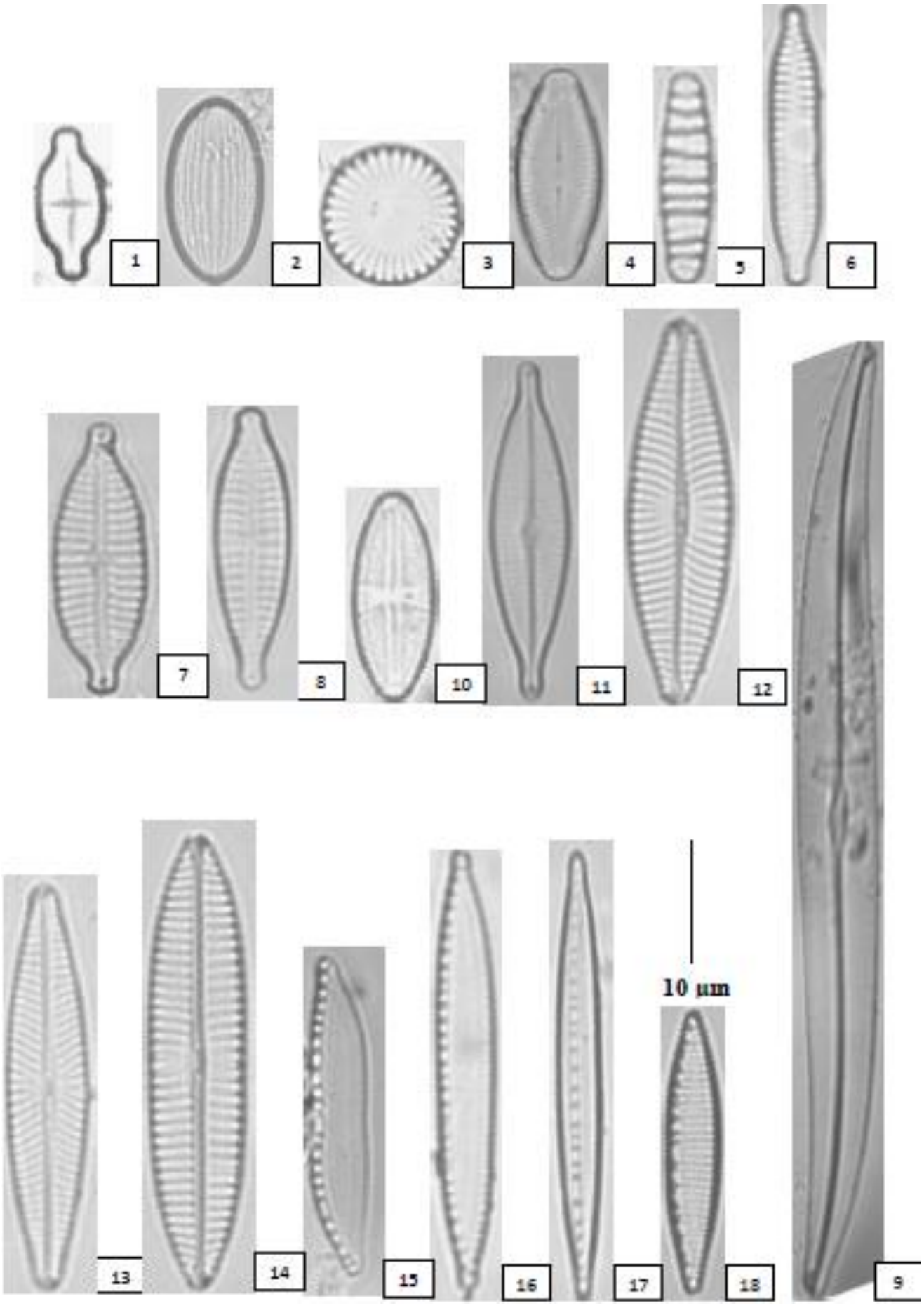
#	Nombre	Características
1	*Achnanthidium exigguum. Grunow (1994)*	*Largo: 12µm - Ancho: 6µm*
2	*Achnanthidium minutissimum. Kützing (1994)*	*Largo: 11µm - Ancho: 3µm*
3	*Coconeins lineata. Ehrenberg (1849)*	*Largo: 14µm - Ancho: 10µm*
4	*Cyclotella meneghiniana. Kützing (1844)*	*Largo: 13µm - Ancho: 13µm*
5	*Diadesmis confervacea. Crawford & D.G.Mann (1990)*	*Largo: 16µm - Ancho: 6µm*
6	*Encyonema minutum. (Hilse) D.G.Mann*	*Largo: 15µm - Ancho: 5µm*
7	*Encyonema neogracile. Krammer (1997)*	*Largo: 26µm - Ancho: 5µm*
8	*Encyonema silesiacum. Bleisch (1990)*	*Largo: 25µm - Ancho: 8µm*
9	*Gomphonema Lagenula. Kützing (1844)*	*Largo: 22µm - Ancho: 7µm*
10	*Gonphonema Parvulum. Kützing (1849)*	*Largo: 21µm - Ancho: 6µm*
11	*Gyrosigma kuetzingii. (Grunow) Cleve (1894)*	*Largo: 98 µm - Ancho: 9 µm*
12	*Luticola goeppertiana. Crawford & Mann (1990)*	*Largo: 17µm - Ancho: 6µm*
13	*Navicula gregaria. Donkin (1861)*	*Largo: 19µm - Ancho: 5µm*
14	*Navicula lanceolata. (Agardh) Kützing*	*Largo: 35µm - Ancho: 10µm*
15	*Navicula cryptotenella. Krammer & Lange-Bertalot (1985)*	*Largo: 24µm - Ancho: 6µm*
16	*Navicula cruxmeridionalis. García.R, (2005)*	*Largo: 18µm - Ancho: 4 µm*
17	*Navicula tripunctata. (Müller) Bory*	*Largo: 38µm - Ancho: 8µm*
18	*Navicula symmetrica. Patrick, R.M. (1944)*	*Largo: 37µm - Ancho: 6µm*
19	*Nitzschia clausii. Hantzsch (1860)*	*Largo: 22 µm - Ancho: 4µm*
20	*Nitzschia palea. .(Kützing)Smith*	*Largo: 20µm - Ancho: 4µm*
21	*Nitzschia dissipata. Kützing (1860)*	*Largo: 31 µm - Ancho: 4µm*
22	*Nitzchia amphibia. Grunow (1862)*	*Largo: 21µm - Ancho: 4µm*
23	*Nitzschia acidoclinata. Lange-Bertalot (1976)*	*Largo: 23µm - Ancho: 3µm*
24	*Nitzschia linearis. Smith, W. (1853).*	*Largo: 27µm - Ancho: 4µm*
25	*Nitzchia sp.*	*Largo: 12µm - Ancho: 3µm*
26	*Nitzschia inconspicua Grunow (1862)*	*Largo: 10µm - Ancho: 3µm*
27	*Nitzchia fonticola. Grunow (1881)*	*Largo: 13µm - Ancho: 3µm*
28	*Nitzchia umbonata. Lange-Bertalot, H. (1978)*	*Largo: 24µm - Ancho: 4µm*
29	*Pinnularia sp.*	*Largo: 31µm - Ancho: 9µm*
30	*Planothidium frequentissimum.. Lange-Bertalot (1999)*	*Largo: 15µm - Ancho: 6µm*
31	*Reimeria sinuata. Kociolek, J.P. (1987)*	*Largo: 10µm - Ancho: 3µm*
32	*Rhoicosphenia abbreviata. Lange-Bertalot (1980)*	*Largo: 18µm - Ancho: 4µm*
33	*Sellaphora seminulum. (Grunow) D.G.Mann 1989*	*Largo: 13 µm - Ancho: 4µm*
34	*Surirella brebissonii var. Lange-Bertalot, H. (1987)*	*Largo: 22 µm - Ancho: 13µm*
35	*Ulnaria ulna.(C.L. Nitzsch) Compère (2001)*	*Largo: 120µm - Ancho: 8µm*

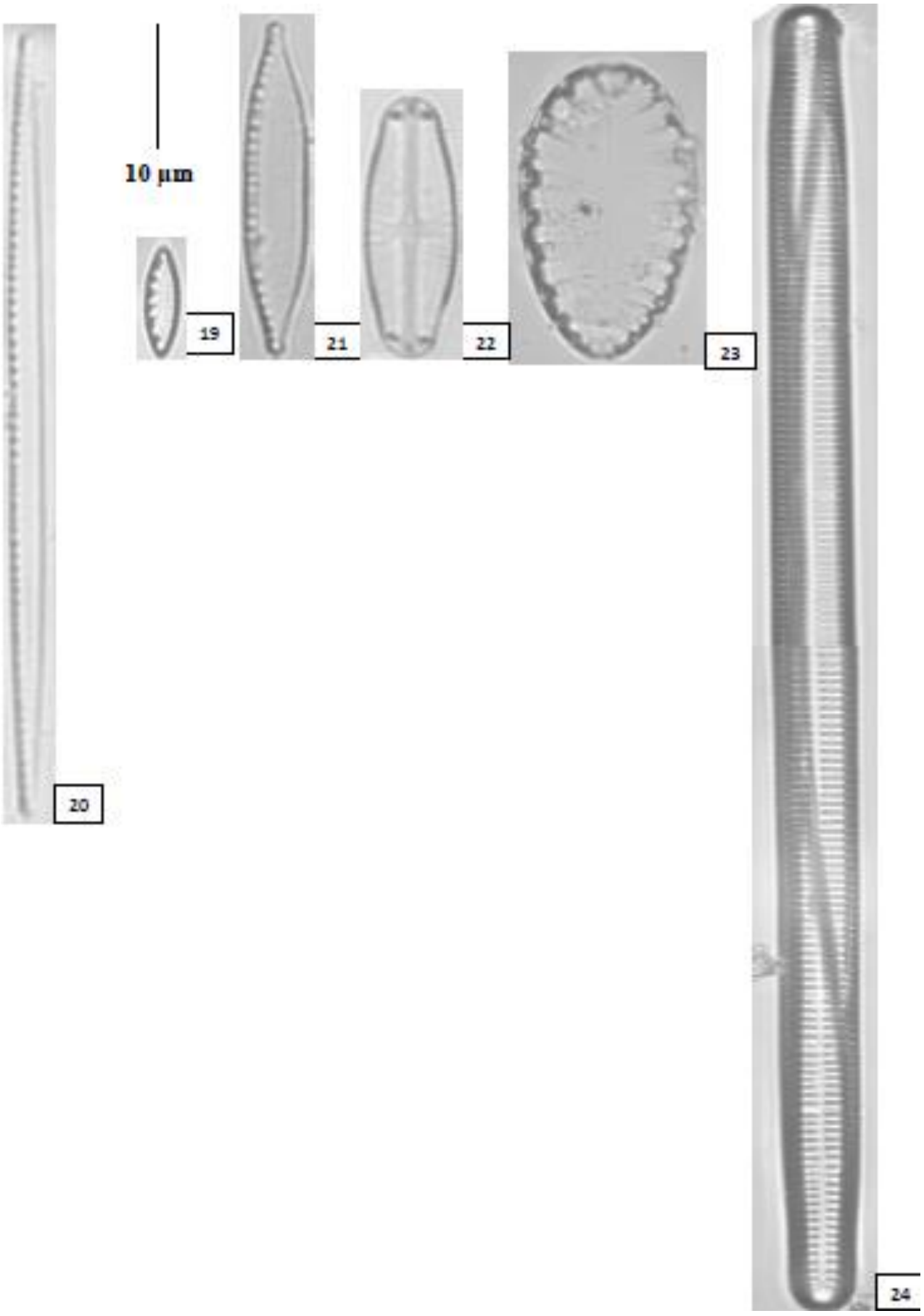

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
10 µm


10 µm
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

ANEXO C. Diatomeas encontradas en el tercer punto (Mejía) del río Portoviejo durante los meses de enero, febrero y marzo de 2018

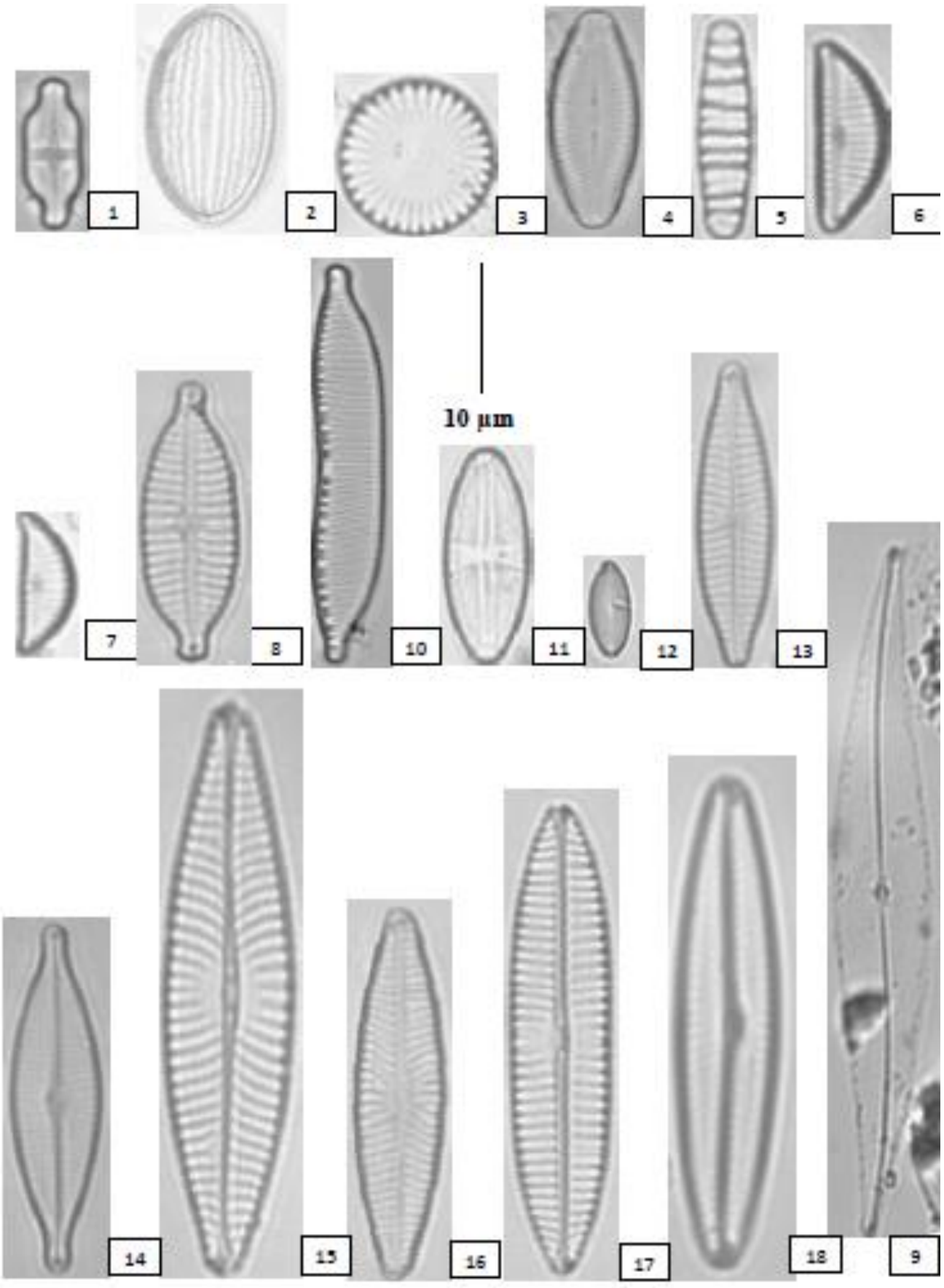
#	Nombre	Características
1	*Achnanthidium exigguum. Grunow (1994)*	*Largo: 11µm - Ancho: 6µm*
2	*Coconeins lineata. Ehrenberg (1849)*	*Largo: 14µm - Ancho: 8µm*
3	*Cyclotella meneghiniana. Kützing (1844)*	*Largo: 11µm - Ancho: 11µm*
4	*Diadesmis confervacea. Crawford & D.G.Mann (1990)*	*Largo: 16µm - Ancho: 5µm*
5	*Diatoma moniliformis. Kützing (2012)*	*Largo: 17µm - Ancho: 4µm*
6	*Fragilaria pectinalis. Lyngbye (1819)*	*Largo: 21µm - Ancho: 4µm*
7	*Gomphonema Lagenula. Kützing (1844)*	*Largo: 20µm - Ancho: 6µm*
8	*Gonphonema Parvulum. Kützing (1849)*	*Largo: 21µm - Ancho: 6µm*
9	*Gyrosigma kuetzingii. (Grunow) Cleve (1894)*	*Largo: 76µm - Ancho: 10 µm*
10	*Luticola goeppertiana. Crawford & Mann (1990)*	*Largo: 15µm - Ancho: 6µm*
11	*Navicula gregaria. Donkin (1861)*	*Largo: 24µm - Ancho: 6µm*
12	*Navicula lanceolata. (Agardh) Kützing*	*Largo: 32µm - Ancho: 10µm*
13	*Navicula cryptotenella. Krammer & Lange-Bertalot (1985)*	*Largo: 30µm - Ancho: 6µm*
14	*Navicula tripunctata. (Müller) Bory*	*Largo: 33µm - Ancho: 8µm*
15	*Nitzschia clausii. Hantzsch (1860)*	*Largo: 22 µm - Ancho: 4µm*
16	*Nitzschia palea.(Kützing) Smith*	*Largo: 31µm - Ancho: 4µm*
17	*Nitzschia dissipata*	*Largo: 32µm - Ancho: 4µm*
18	*Nitzchia amphibia. Grunow (1862)*	*Largo: 21µm - Ancho: 4µm*
19	*Nitzschia inconspicua. Grunow (1862)*	*Largo: 7µm - Ancho: 3µm*
20	*Nitzschia paleacea. Grunow (1881)*	*Largo: 53µm - Ancho: 3,5µm*
21	*Nitzchia umbonata. Lange-Bertalot (1978)*	*Largo: 25µm - Ancho: 5µm*
22	*Sellaphora auldreekie. Mann et al. (2004)*	*Largo: 18µm - Ancho: 8µm*
23	*Surirella brebissonii var. Lange-Bertalot, H. (1987)*	*Largo: 22 µm - Ancho: 13µm*
24	*Ulnaria ulna.(C.L. Nitzsch) Compère (2001)*	*Largo: 171µm - Ancho: 10µm*

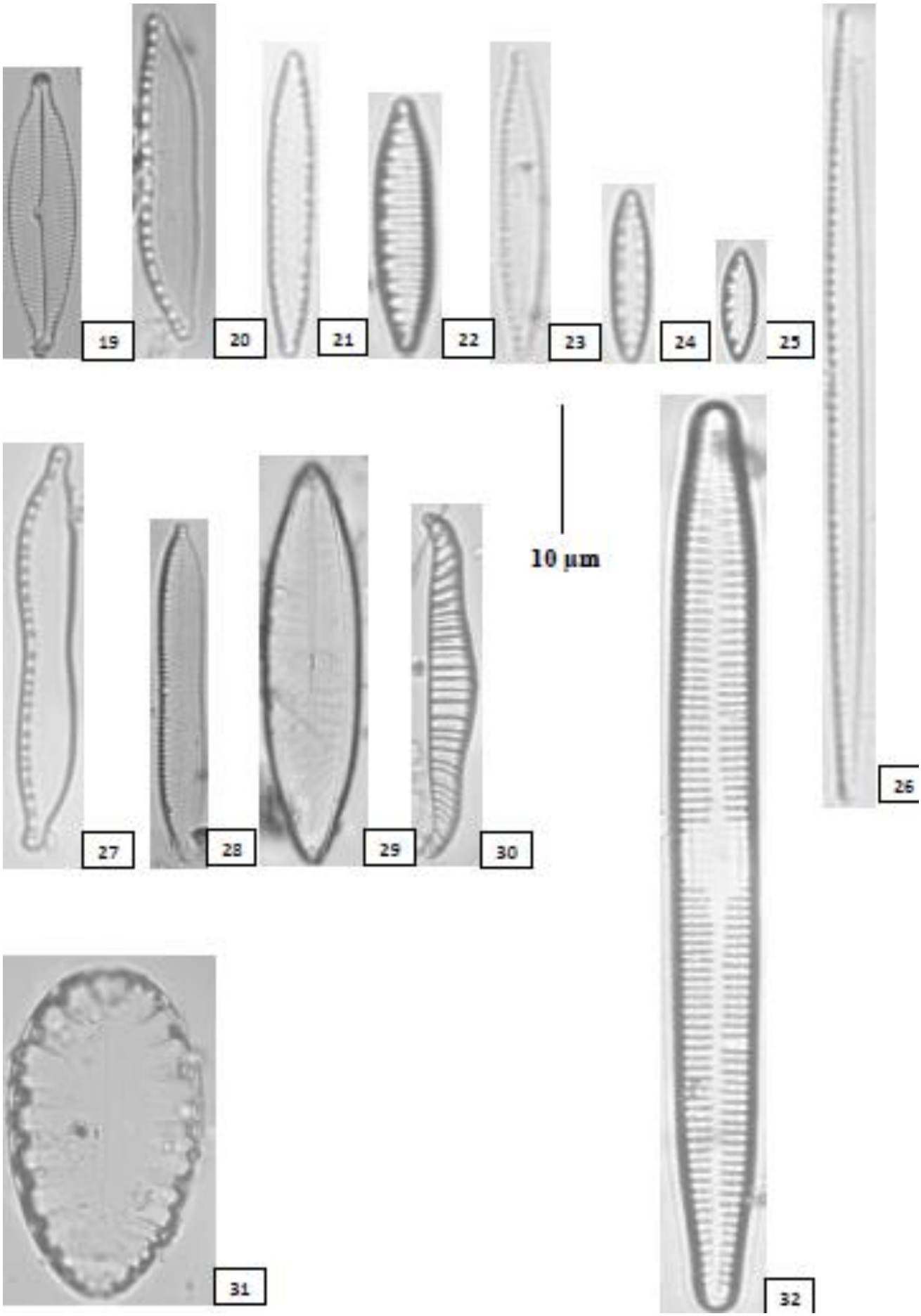

1
2
3
4
5
6
7
8
10
11
12
13
14
15
16
17
18
9
10 µm


10 µm
19
20
21
22
23
24

ANEXO D. Diatomeas encontradas en el cuarto punto (El Ceibal) del río Portoviejo durante los meses de enero, febrero y marzo de 2018

#	Nombre	Características
1	*Achnanthidium exigguum. Grunow (1994)*	*Largo: 10µm - Ancho: 5µm*
2	*Coconeins lineata. Ehrenberg (1849)*	*Largo: 16µm - Ancho: 8µm*
3	*Cyclotella meneghiniana. Kützing (1844)*	*Largo: 11µm - Ancho: 11µm*
4	*Diadesmis confervacea. Crawford & D.G.Mann (1990)*	*Largo: 16µm - Ancho: 5µm*
5	*Diatoma moniliformis. Kützing (2012)*	*Largo: 16µm - Ancho: 4µm*
6	*Encyonema minutum. (Hilse) D.G.Mann*	*Largo: 15µm - Ancho: 5µm*
7	*Encyonema ventricosum. Grunow(1875)*	*Largo: 11µm - Ancho: 4µm*
8	*Gomphonema Lagenula. Kützing (1844)*	*Largo: 21µm - Ancho: 7µm*
9	*Gyrosigma kuetzingii. (Grunow) Cleve (1894)*	*Largo: 45µm - Ancho: 8 µm*
10	*Hantzschia amphioxys. Grunow, A. (1880).*	*Largo: 29µm - Ancho: 5µm*
11	*Luticola goeppertiana. Crawford & Mann (1990)*	*Largo: 15µm - Ancho: 6µm*
12	*Mayamaea permitis. Hustedt (2008)*	*Largo: 7µm - Ancho: 3µm*
13	*Navicula nota. Wallace (1960)*	*Largo: 22µm - Ancho: 6µm*
14	*Navicula gregaria. Donkin (1861)*	*Largo: 25µm - Ancho: 6µm*
15	*Navicula lanceolata. (Agardh) Kützing*	*Largo: 40µm - Ancho: 10µm*
16	*Navicula cryptotenella. Krammer & Lange-Bertalot (1985)*	*Largo: 24µm - Ancho: 6µm*
17	*Navicula tripunctata. (Müller) Bory*	*Largo: 33µm - Ancho: 8µm*
18	*Navicula symmetrica. Patrick, R.M. (1944)*	*Largo: 35µm - Ancho: 8µm*
19	*Navicula rostellata. Grunow (1880)*	*Largo: 19µm - Ancho: 4µm*
20	*Nitzschia clausii. Hantzsch (1860)*	*Largo: 23 µm - Ancho: 4µm*
21	*Nitzschia palea. .(Kützing)Smith*	*Largo: 22µm - Ancho: 4µm*
22	*Nitzchia amphibia. Grunow (1862)*	*Largo: 18µm - Ancho: 4µm*
23	*Nitzchia archibaldii*	*Largo: 23µm - Ancho: 3µm*
24	*Nitzchia sp.*	*Largo: 12µm - Ancho: 3µm*
25	*Nitzschia inconspicua. Grunow (1862)*	*Largo: 7µm - Ancho: 3µm*
26	*Nitzschia paleacea. Grunow (1881)*	*Largo: 53µm - Ancho: 3,5µm*
27	*Nitzschia brevissima Grunow (1885)*	*Largo: 31 µm - Ancho: 5µm*
28	*Nitzchia umbonata. Lange-Bertalot, H. (1978)*	*Largo: 24 µm - Ancho: 4µm*
29	*Neidium iridis. (Ehrenberg) Cleve (1894)*	*Largo: 32 µm - Ancho: 6µm*
30	*Rhopalodia gibberula. (Ehrenberg) O.Müller 1895*	*Largo: 24µm - Ancho: 4µm*
31	*Surirella brebissonii var. Lange-Bertalot, H. (1987)*	*Largo: 23 µm - Ancho: 14µm*
32	*Ulnaria ulna. .(C.L. Nitzsch) Compère (2001)*	*Largo: 67µm - Ancho: 7µm*


1
2
3
4
5
6
10 µm
7
8
10
11
12
13
14
15
16
17
18
9


19
20
21
22
23
24
25
26
10 µm
27
28
29
30
31
32