UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

¨ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN RÍOS DE ALTA MONTAÑA DE LA RESERVA ECOLÓGICA ANTISANA UTILIZANDO DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES¨

Realizado por:

PAULINA NICOLD GUTIERREZ AVILÉZ

Director del proyecto:

Magíster Susana Chamorro.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Quito, 17 de agosto de 2018

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, PAULINA NICOLD GUTIERREZ AVILEZ , con cédula de identidad # 0502652530, 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.

Nicold G.

Psulina Nicold Gutierrez Avilez

C.C: 050265253-0

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN RÍOS DE ALTA MONTAÑA DE LA RESERVA ECOLÓGICA ANTISANA UTILIZANDO DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES "

Realizado por:

PAULINA NICOLD GUTIERREZ AVILEZ

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

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

LINO ARISQUETA

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

FIRMA

FIRMA

Quito, 17 de AGOSTO de 2018

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Ada Maria y Pablo, quienes han sido mi pilar fundamental.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Ada Maria y Pablo por su esfuerzo, paciencia y amor durante todos estos años. A mis hermanos Adita, Sofy y Cristian por su apoyo incondicional. A mis amigos y familia por acompañarme en este camino.

Resumen.

El volcán Antisana y los ríos Antisana, Jatunhuayco y Diguchi, ubicados en la reserva con el mismo nombre, abastecen a alrededor de 270 mil personas del sur de Quito, por lo cual el estudio de su calidad es primordial. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua en ríos de alta montaña de la Reserva ecológica Antisana, utilizando diatomeas epilíticas como bioindicadoras. Para esto se monitorearon los parámetros fisicoquímicos y biológicos de la zona protegida, turística y poblada durante los meses de abril, mayo y junio de 2018.

Mediante la identificación y conteo de diatomeas epilíticas de cada uno de los puntos y haciendo uso del índice trófico de calidad de agua se obtuvo que, la zona protegida es oligotrófica, mientras que las zonas turística y poblada son β- mesotrófica. De igual manera se realizó un análisis canónico de correspondencia ,en donde se obtuvo que las especies encontradas en las zonas turística y poblada se encuentran alineadas a los vectores de los parámetros fisicoquímicos relacionados con la eutrofización.

Se identificaron 54 especies en la zona protegida, de estas 16 pueden ser consideradas bioindicadoras, entre estas se encuentran *Rophalodia gibberula y Surirella ovalis.* En la zona turística se encontraron 47 especies, de estas 7 pueden ser consideradas bioindicadoras como *Cymbella tumida y Pinnularia gibba.* Finalmente para la zona poblada se encontraron 37 especies, de estas 3 pueden ser consideradas como bioindicadoras, estas son *Encyonema vulgare*, *Gomphonema pumilum* y *Navicula cryptotenella*.

Finalmente se estimó la diversidad y equidad de diatomeas epilíticas con los índices de Shannon-Wiener y de Hill. Se obtuvo que la zona protegida cuenta con valores de 3.37 y 0.76 correspondientemente, la zona turística con valores de 2.78 y 0.55 y la zona poblada con valores de 2.93 y 0.71 para la diversidad y equidad.

Palabras Clave:

Diatomeas epilíticas/ Eutrofización/ Bioindicador/ Calidad de agua/ Índice trófico

Abstract.

The Antisana volcano and the Antisana, Jatunhuayco and Diguchi rivers, located in the reserve with the same name, supply around 270 thousand people from the south of Quito, for which the study of its quality is paramount. The objective of this research was to evaluate the water quality in high mountain rivers of the Antisana Ecological Reserve, using epilithic diatoms as bioindicators. For this, the physicochemical and biological parameters of the protected, tourist and populated area were monitored during the months of April, May and June of 2018.

By identifying and counting epithelial diatoms of each of the points and making use of the trophic index of water quality, it was obtained that the protected zone is oligotrophic, while the tourist and populated areas are β-mesotrophic. Likewise, a canonical correspondence analysis was carried out, where it was obtained that the species found in the tourist and populated areas are aligned to the vectors of the physicochemical parameters related to eutrophication.

54 species were identified in the protected area, of these 16 can be considered bioindicators, among these are *Rophalodia gibberula* and *Surirella ovalis*. In the tourist area 47 species were found, of these 7 can be considered bioindicators such as *Cymbella tumida* and *Pinnularia gibba*. Finally for the populated area 37 species were found, of these 3 can be considered as bioindicators, these are *Encyonema vulgare*, *Gomphonema pumilum* and *Navicula cryptotenella*.

Finally, the diversity and fairness of epilithic diatoms were estimated with the Shannon-Wiener and Hill indices. It was obtained that the protected area has values of 3.37 and 0.76

correspondingly, the tourist area with values of 2.78 and 0.55 and the populated area with values of 2.93 and 0.71 for diversity and equity.

Keywords: *Epilithic diatoms / Eutrophication / Bioindicator / Water quality / Trophic index*

1. INTRODUCCIÓN

Las fuentes de agua superficial son un pilar fundamental para el desarrollo de los seres humanos, ya que gracias al abastecimiento de este recurso se pueden llevar acabo las diferentes actividades socioeconómicas en los distintos asentamientos poblacionales; sin embargo el mal uso y la falta de tratamiento a las aguas residuales producidas por las diferentes industrias y actividades económicas han causado el deterioro y la alteración de dichas fuentes (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

El gran deterioro de dichos cuerpos de agua trae consigo consecuencias tanto al ambiente como a la población. Según la Agenda 21 de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, el 80% de enfermedades y más de la tercera parte de las defunciones en países en vías de desarrollo tienen como causa el consumo o contacto con agua contaminada. Es por esto que la evaluación a las diferentes fuentes de agua es una acción de gran importancia en la mayoría de países (Rojas, 2002).

Determinar la calidad de un cuerpo hídrico es parte fundamental para el desarrollo económico y el bienestar social de cualquier población (Guzmán-Arias & Calvo-Alvarado, 2012). La calidad de agua puede ser definida como el conjunto de características que un cuerpo hídrico presenta, y que puede valorarse a partir de variables físicas, químicas y biológicas, las cuales pueden ser evaluadas individualmente o en forma grupal. Sin embargo, para mejores resultados es esencial evaluar los tres tipos de variables mencionadas (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007).

La herramienta más común con la que se lleva a cabo la determinación del estado en el que se encuentran los cuerpos de agua, son los índices de calidad de agua. El uso de estos surge de la necesidad de tener una herramienta simple y eficaz para la evaluación del recurso hídrico. Estos consisten en integrar dos o más parámetros que representan el estado en el que se encuentra la fuente. Las ventajas que estos índices presentan son varias como que muestran la variación espacial y temporal de la calidad de agua, permiten identificar tendencias sobre el estado del cuerpo hídrico y las principales áreas problemáticas, es decir las causas principales por las que está siendo contaminado dicha fuente (Torres et al., 2009).

Los índices usados para determinar la calidad de agua se dividen según el parámetro de control que se use, existen los índices fisicoquímicos, hidromorfológicos y bióticos. Dentro del primero se usan parámetros físicos y químicos, como pH, nitratos, conductividad, etc; el segundo se basa tanto en las condiciones morfológicas que posee el cuerpo hídrico como en el régimen hidrológico y la continuidad del río. Finalmente los índices bióticos usan la fauna acuática que se encuentra en el cuerpo de agua (Moreno, 2001).

La mayoría de índices que se llevan a cabo para lograr este objetivo se basan en la determinación de parámetros fisicoquímicos, a pesar de las ventajas que estos tienen, representa un gasto importante para las diferentes entidades o personas que los realizan. Esto debido a los altos costos que los diferentes equipos y reactivos, necesarios para realizar los estudios correspondientes, tienen (Samboni et al., 2007).

Sin embargo como se mencionó en párrafos anteriores, se obtienen mejores resultados cuando se determina la calidad de agua mediante el uso de los tres tipos de variables. A partir de este precepto surge la necesidad de realizar estudios donde los índices además se basarse en variables fisicoquímicas se basen en variables biológicas, de tal manera que para obtener una visión clara

del estado en el que se encuentra el cuerpo de agua, es necesario hacer uso de los índices previamente mencionadas y relacionarnos entre sí (Moreno, 2001).

La directiva Marco del Agua de la Unión Europea, da un ejemplo de la importancia del uso de factores biológicos y fisicoquímicos para la determinación de calidad de agua ya que exige a todos sus miembros que se evalúe el estado ecológico de los cuerpos hídricos mediante el uso de bioindicadores (Blanco et al., 2014).

Según (González, 2014) los bioindicadores son organismos o el conjunto de organismos que tienen la habilidad de responder a ciertos cambios ya sea de variables abióticas o bióticas del ecosistema donde estos se desarrollan. Dichos organismos presentan sensibilidad frente al ambiente donde habitan, de esta manera permiten cuantificar y calificar el grado de contaminación que su medio presenta.

Un claro referente acerca del uso de bioindicadores son las diatomeas epilíticas, estas son microalgas unicelulares, estas son bioindicadores por excelencia debido a sus diferentes características. La estructura de estos organismos está compuesta por sílice lo que permite que su morfología no difiera incluso después de su tratamiento (Seisdedos & Hernández, 2011). Además, su procesamiento es simple, rentable y las especies individuales responden a ciertos tipos de calidad de agua, es decir, existe cierta abundancia de especies dependiendo de los parámetros fisicoquímicos (Lobo, Eduardo A., Carla Giselda Heinrich, Marilia Schuch, Adriana Düpont, Adilson Ben da Costa, Carlos Eduardo Wetze, 2016).

A nivel internacional se han desarrollado diferentes estudios haciendo uso de diatomeas como bioindicadores, en el caso de México (Mora, Carmona, & Cantoral-Uriza, 2015)realizó un estudio sobre diatomeas epilíticas en la cuenca alta del río Laja, Guanajuato. En Brasil (Lobo., et al, 2016)

desarrolló el índice trófico de calidad de agua para sistemas lóticos subtropicales y temperados brasileños, en España (Seisdedos & Hernández, 2011), realizó una guía de diatomeas de la cuenca del Duero, mientras que en Estados Unidos se han desarrollado programas de monitoreo, como el de la National Water Quality Assessment según (Mejía Rodriguez, 2011).

En el Ecuador, la mayoría de estudios respecto al uso de diatomeas epilíticas como bioindicadores de calidad de agua se han realizado en sistemas lénticos, arrojando resultados favorables (Casallas G & Gunkel, 2001) (Burneo & Gunkel, 2003) (Michelutti et al., 2016) (Guamán & Gonzáles, 2016) (Kreft, Koster, Kuper, Nieder, & Barthlott, 2004) mientras que en sistemas lóticos son muy escasos (Castillejo et al., 2018). Por lo que implementar este tipo de estudio a sistemas lóticos contribuirá a obtener conocimiento sobre estas microalgas en un ámbito diferente.

La reserva ecológica Antisana, está ubicada en la cordillera Oriental de los Andes, entre las provincias de Pichincha y Napo. Ésta cuenta con una extensión de alrededor de 120000 hectáreas, dentro de las cuales se encuentran diversas formaciones vegetales. El principal objetivo de la reserva es conservar la diversidad biológica existente dentro de la misma, en especial los humedales y cabeceras de ríos que proveen de agua a la ciudad de Quito y otras poblaciones cercanas (Espinosa, Andino, Jacobsen, & Dangles, 2010).

El volcán Antisana y los ríos Antisana, Jatunhuayco y Diguchi, ubicados en la reserva con el mismo nombre, abastecen a alrededor de 270 mil personas del sur de Quito, por lo cual el estudio de su calidad de agua es primordial. Ya que a pesar de encontrarse protegida, dentro de la reserva se desarrollan diferentes actividades económicas como lo son el turismo, la agricultura y la ganadería (Espinosa et al., 2010). Dichas actividades podrían generar contaminación a los cuerpos

hídricos aportantes del recurso, ya sea por escorrentía o por el mal manejo de las diferentes sustancias contaminantes en las diferentes actividades económicas. (Castillejo et al., 2018).

A pesar de la importancia que este sistema hídrico representa, los estudios acerca de éste son limitados. En su mayoría estos estudios se han desarrollado haciendo uso de macro invertebrados (Kuhn et al., 2011). Sin embargo no se han realizado estudios a fondo de la calidad de agua usando diatomeas como bioindicadores. Por lo que la presenta investigación brindará información sobre la calidad de agua que los diferentes cuerpos hídricos poseen usando tanto parámetros fisicoquímicos como biológicos en este caso diatomeas epilíticas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente metodología de campo y laboratorio se basa en la los trabajos realizados por (Blanco et al., 2014) y (Lobo, Eduardo A., Carla Giselda Heinrich, Marilia Schuch, Adriana Düpont, Adilson Ben da Costa, Carlos Eduardo Wetze, 2016).

2.1. Metodología de campo

2.1.1. Área de trabajo

Se determinaron tres zonas de muestreo en base a las diferentes actividades económicas que se llevan a cabo dentro de la reserva. La primera zona se denominó protegida ya que en ésta no se realiza ningún tipo de actividad y comprende el volcán y sus alrededores. En la segunda zona la principal actividad económica es el turismo y adicionalmente se encuentran las captaciones Diguchi y Jatunhayco, las cuales proveen de agua a la ciudad de Quito. Finalmente la tercera zona se encuentra fuera del área protegida y se denominó zona poblada. Se tomaron cuatro puntos en cada zona de muestreo, estos fueron seleccionados en base a una gradiente altitudinal. Se realizó el muestreo durante tres meses (Abril, Mayo y Junio).

		coordenadas		
Zona	punto	X	Y	altitud
Protegida	1	812231	9945249	4221
	2	811140	9943868	4103
	3	811086	9943739	4097
	4	809288	9943623	4070
Turistica	5	808458	9940237	3925
	6	808418	9940106	3919
	7	807764	9940367	3932
	8	804675	9936633	3932
Poblada	9	807434	9943705	4026
	10	801360	9945245	3781
	11	800458	9946289	3668
	12	798879	9948725	3466

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo del sistema hídrico de la Reserva Ecológica Antisana

Ilustración 1. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo del sistema hídrico de la REA

2.1.2. Colección de muestras.

En lo que respecta a parámetros físicos del río donde se tomaron las muestras, se evalúo el ancho del mismo con ayuda de un flexómetro y finalmente con la ayuda de un GPS se tomó la ubicación y altitud exacta del punto a muestrear. De igual manera se hizo uso de un molde de 10x10cm para obtener la muestra de diatomeas.

Los parámetros químicos medidos directamente en los diferentes puntos de muestreo son: temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y pH, la medición de estos se realizó con un multiparámetro HACH previamente calibrado. Finalmente se tomó una muestra de agua en una botella plástica, la cual es colocada en el centro del río en dirección contraria al flujo de agua. Una vez llena la botella se colocó los respectivos datos de identificación de la muestra.

Para la obtención de la muestras de diatomeas, el único parámetro bilógico, se realizó el siguiente procedimiento. Se eligió una roca semisumerguida, de un tamaño considerable; se coloca la roca en un recipiente limpio y transparente; con la ayuda de agua destilada y un cepillo se realizó el raspado de la cara superior de la roca, dicho raspado debe realizarse dentro de un molde de 10x10cm. Finalmente se coloca el raspado obtenido en frascos plásticos y se identifica cada uno de los frascos.

2.2.Metodología de laboratorio

Los parámetros químicos medidos en el laboratorio fueron: demanda biológica de oxígeno, fosfatos, nitratos, sólidos disueltos totales, turbidez y coliformes fecales. Para el primer parámetro se hizo una diferencia de oxígeno disuelto inicial y final, para los dos siguientes se

usó molibdovanadato, NitriVer 3 y NitraVer6 respectivamente, y se usó el HACH. Para sólidos disueltos totales se usaron crisoles y la estufa y de igual manera se hizo una diferencia entre el peso inicial y el peso final de los crisoles. Para el caso de la turbidez se usó un turbidímetro, Una vez obtenidos los resultados de todos los parámetros, estos datos se ingresaron al software IQAdata versión 2015, el cual permitió obtener el índice de calidad de agua que cada punto de muestreo posee en base a las variables fisicoquímicas.

En el caso de las diatomeas para su limpieza se coloca formaldehído, ácido sulfúrico, dicromato de potasio y finalmente ácido clorhídrico. De igual manera se hizo uso de un vortex mixer, el cual según (Uvillus & Chamorro, 2017) permitió que las diatomeas queden suspendidas y por ende una mejor limpieza de las muestras. Finalmente se realizó el plaqueo con la ayuda de alcohol, una plancha de calentamiento y naphrax.

Para la obtención de los índices de diversidad y de equidad, se identificaron y contaron las diferentes especies de diatomeas que se encontraban en cada una de las placas, esta observación se realizó mediante un microoscopio Leica DM750. Para la determinación del índice trófico de calidad de agua se asignaron valores entre 1 y 4 para todas las especies abundantes identificadas en cada una de las zonas muestreadas, estos son asignados en base a su nivel de tolerancia a la eutrofización, finalmente se adaptó la fórmula de Pantle y Buck (Lobo et al., 2016) y se calculó el índice trófico de calidad de agua para cada una de las zonas.

Para la obtención del índice de diversidad y equidad se desarrolló el índice de Shannon-Wiener, mientras que para la corroboración del valor de equidad se hizo usó del índice de Hill. Finalmente se realizó un análisis de correspondencia canónica entre las variables fisicoquímicas y las especies de diatomeas encontradas en las zonas estudiadas.

Índice de Shannon-Wiener.- Según (Mostacedo & Fredericksen, 2000) este permite determinar la diversidad de especies que existen en un hábitat. Este se expresa de la siguiente manera:

$$H´= -\Sigma Pi * lnPi$$

Donde:

H´= Índice de Shannon- Wiener

Pi= Abundancia Relativa

ln= Logaritmo Natural

Índice de Equidad de Hill.- Según (Moreno, 2001) este alcanza valores altos cuando la equidad es alta o cuando una especia es la dominante en la muestra y se expresa de la siguiente manera:

$$E´= \frac{N2}{N1}$$

Donde: N1 y N2 son números de la serie de Hill

3. RESULTADOS

3.1.Parámetros FisicoQuímicos

3.1.1. Parámetros *In-Situ*

- **Temperatura**

La primera zona presenta en variaciones de 3°C entre los meses de Abril y Mayo, mientras que entre Mayo y Junio vario 1°C. La segunda zona solo presentó una variación de 1°C entre los tres meses de muestreo y finalmente no se registró ninguna variación de este parámetro en la tercera zona. Los valores promedio para las tres zonas son 11.21, 10.28 y 13.61 correspondientemente.

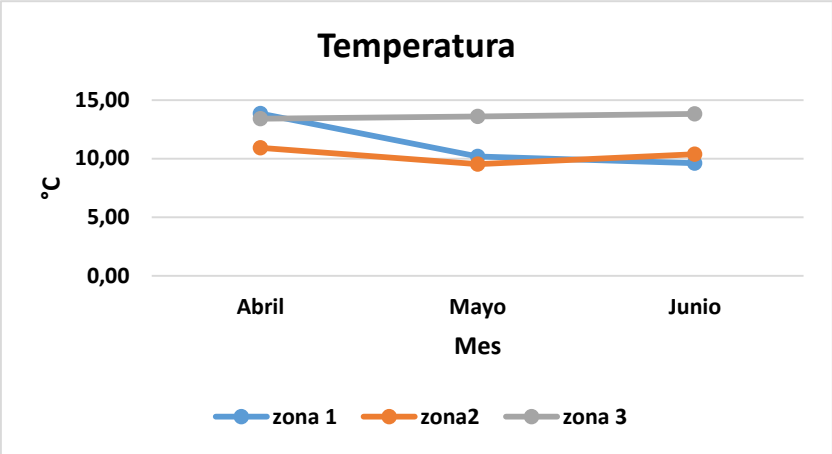


Ilustración 2. Temperatura obtenida de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

- **pH**

El pH durante todos los meses de muestreo ha presentado un comportamiento básico, ninguna de las tres zonas presenta alguna variación considerable, siendo 7.72 el valor promedio para la zona protegida, 7.79 para la zona de turismo y 8.35 para la zona poblada.

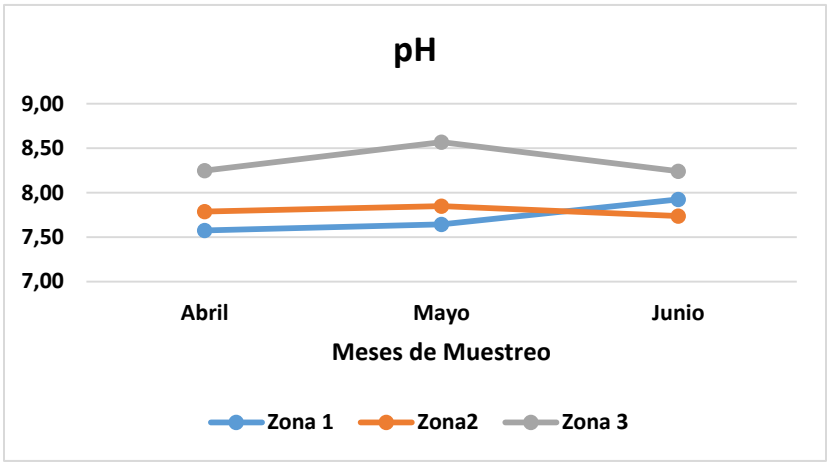


Ilustración 3. pH obtenido de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

- **Oxígeno Disuelto**

En la primera zona el oxígeno disuelto varío ligeramente entre los meses de abril y mayo, aumentando de 6.97 a 7.58, mientras que para las siguientes dos zonas no se encontró ninguna variación significativa. El valor promedio para cada una de las zonas es 6.96, 7.30 y 6.37.

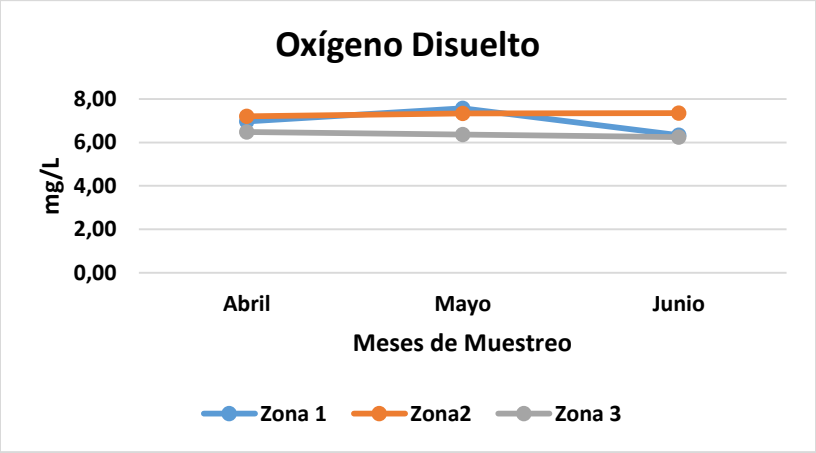


Ilustración 4. Oxígeno Disuelto obtenido de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

3.1.2. Parámetros *Ex- Situ*

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

En la zona protegida se evidenció un ligero incremento en la demanda de oxígeno por parte de los microorganismos aerobios en el mes de mayo, sin embargo, los valores son relativamente bajos. Mientras que en la zona denominada turística los valores muestran una disminución considerable entre los meses de abril y mayo con respecto a Junio. Finalmente, en la zona poblada se encontró una mayor demanda siendo 2.19 mg/L el valor más alto, lo que indica un mayor consumo de oxígeno por parte de los diferentes microorganismos aerobios.

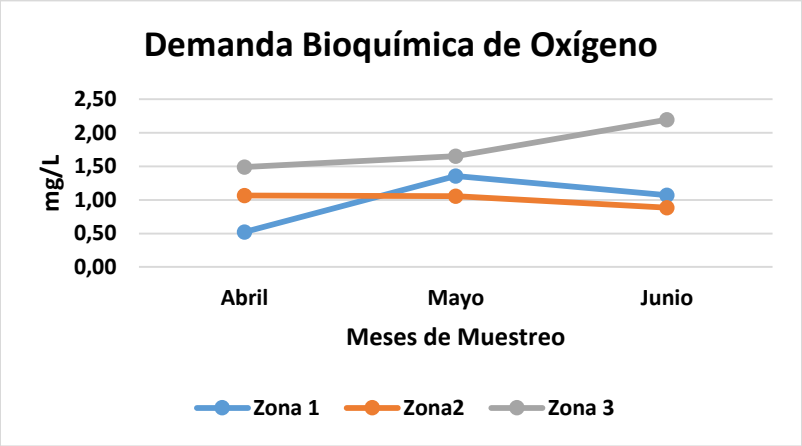


Ilustración 5. Demanda Bioquímica de oxígeno obtenida de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

- **Turbidez**

En la primera zona los valores de turbidez son altos esto debido a que existen gran cantidad de sólidos en suspensión ya que el cuerpo hídrico en donde se toma la primera muestra es proveniente del deshielo, esto hace que el agua tengo un aspecto turbio, su promedio es de 47.96 NTU. Las siguientes dos zonas presentan valores promedio de 7.33 y 3.26 NTU correspondientemente, lo que quiere decir que especialmente en la zona turística existe baja cantidad de sólidos en suspensión y esto a su vez le da una característica de agua cristalina a dicha zona.

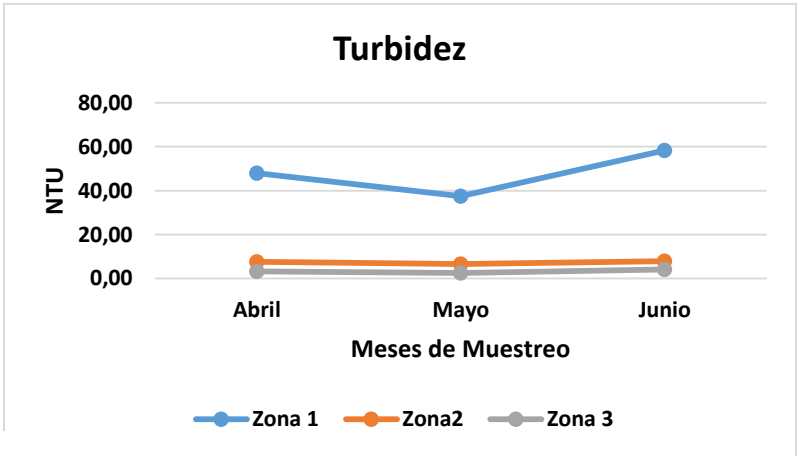


Ilustración 6. Turbidez obtenida de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

- **Nitratos**

Para la zona protegida los valores promedio para el mes de mayo y junio se mantienen en 0.05 mg/L mientras que para el mes de Abril se obtuvo un valor de 0.02 mg/L. La zona turística es la que mayor variación presenta en todos los meses, sin embargo no presenta alguna variación considerable, el valor promedio en esta zona es de 0.05. Finalmente en la zona poblada los valores variaron en 0.01 mg/L en todos los meses, dando de igual manera un valor promedio de 0.05 mg/L.

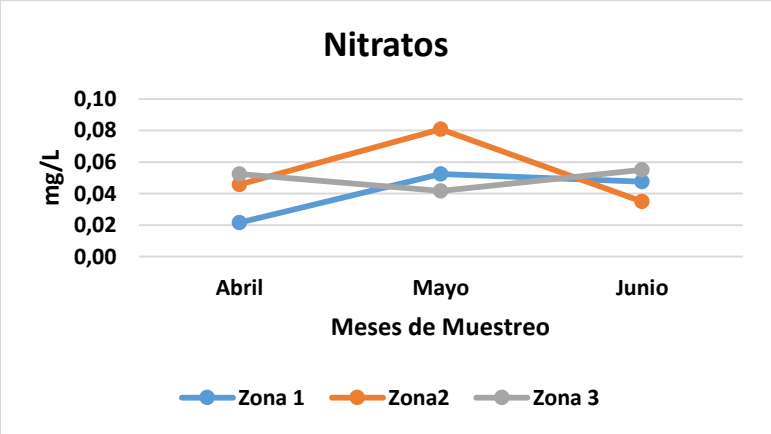


Ilustración 7. Nitratos obtenidos de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

- **Fosfatos**

Los valores promedio para la zona protegida, turística y poblada son 0.05, 0.02 y 0.10 mg/L respectivamente. En la primera zona se encontró una variación de 0.01 mg/L en los valores promedio de cada mes, para la segunda zona los valores en los meses de mayo y junio son iguales dando como valor más alto el mes de abril con un 0.03 mg/L. Finalmente en la zona poblada se encontró un notable aumento en los valores, esto podría atribuirse a que la contaminación es mayor en dicha zona.

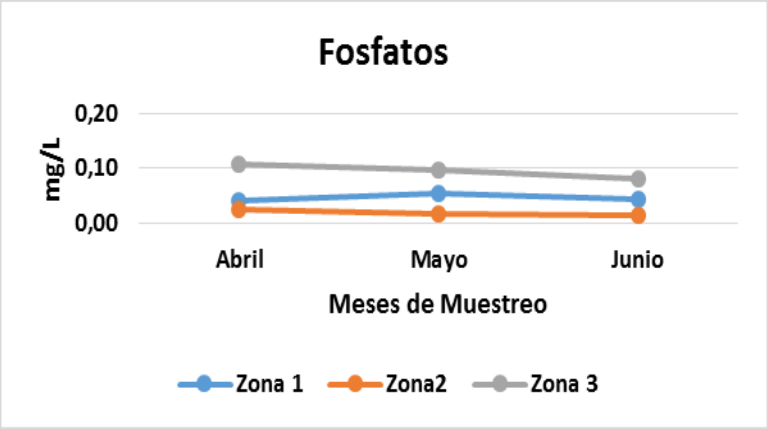


Ilustración 8. Fosfatos obtenidos de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

- **Sólidos Disueltos Totales**

Se encontró que existe poca cantidad de sólidos disueltos en todos las zonas, en la zona protegida el valor promedio fue de 0.024 g/Ml. Para la zona turística fue de 0.015 g/100Ml y finalmente para la zona poblada fue de 0.022 g/mL. En todas las zonas los valores no variaron más de 0.03g/100mL.

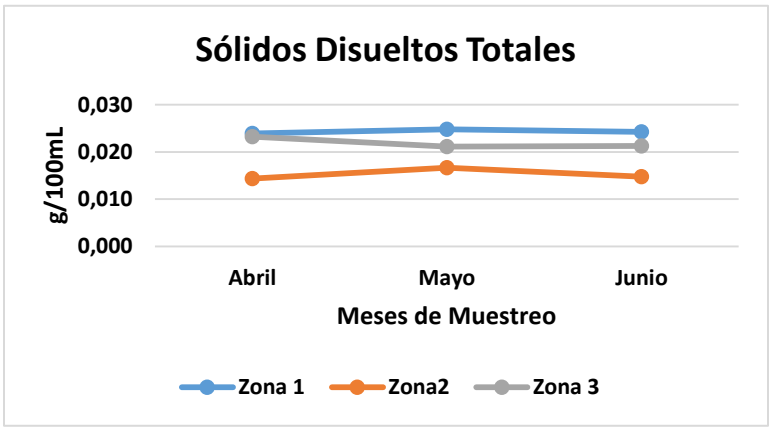


Ilustración 9. Sólidos Disueltos Totales obtenidos de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA

3.2. Índice de calidad de Agua (IQADATA)

Los resultados obtenidos después de ingresados los diferentes datos de los 8 parámetros fisicoquímicos para cada uno de los puntos son los siguientes: para la zona 1 o zona protegida se obtuvo que para los tres meses (Abril, Mayo y Junio) la calidad de agua es buena con un promedio de 84.21, para la segunda zona o zona turística el promedio obtenido fue de 90.98, es decir obtuvo una calificación de excelente y finalmente para la zona poblada o zona 3 fue buena con un promedio de 87.06, tal y como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos según el software IQA-DATA en zonas de muestreo ubicadas en el sistema hídrico de la Reserva Ecológica Antisana en los mes de Abril, Mayo y Junio

Zona	Mes	Valor de IQA	Calificación
zona1	Abril	85,39	Bueno
	Mayo	84,36	Bueno
	Junio	82,87	Bueno
Zona 2	Abril	89,71	Bueno
	Mayo	90,95	Excelente
	Junio	92,27	Excelente
Zona 3	Abril	87,8	Bueno
	Mayo	86,01	Bueno
	Junio	87,38	Bueno

Tabla 3. Rangos para determinar el índice de calidad de agua

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

3.2.1. Variables con mayor impacto en la clasificación del índice de calidad de agua (IQADATA)

- **Zona Protegida**

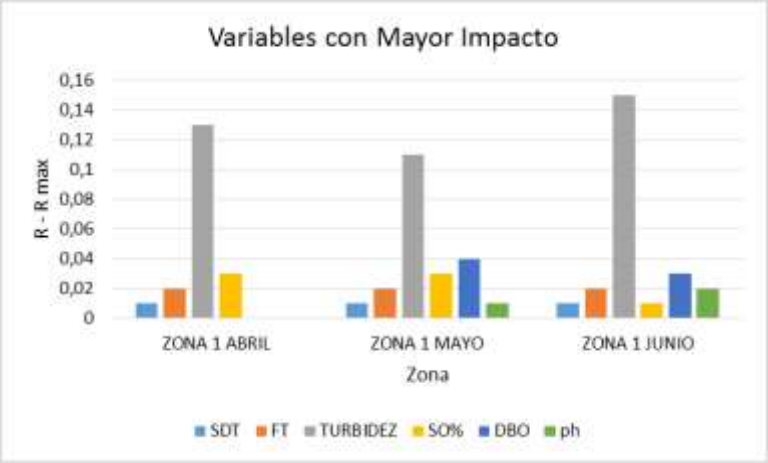


Ilustración 10. Variables con mayor impacto obtenidas en la Zona Protegida durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA.

Para el mes de abril en la zona protegida, las variables con mayor impacto son turbidez ya que tiene un valor de 0.13, el cual representa un 68.4% de aporte al IQA, mientras que la saturación de oxígeno aportó con un 15.8% ya que obtuvo un valor de 0.03.

Para el mes de mayo de igual manera se obtuvo que la turbidez es la variable que más aportó al IQA ya que se obtuvo un valor de 0.11 es decir aporto con el 50%, la demanda bioquímica de oxígeno aportó con 18.2% con un valor de 0.04.

Finalmente, para el mes de junio las variables con mayor impacto son turbidez y la demanda bioquímica de oxígeno, la primera aportó con un valor de 0.15, es decir con 62.5%. Mientras que la DBO aporto con un valor de 0.03, es decir con un 12.5%.

- **Zona Turística**

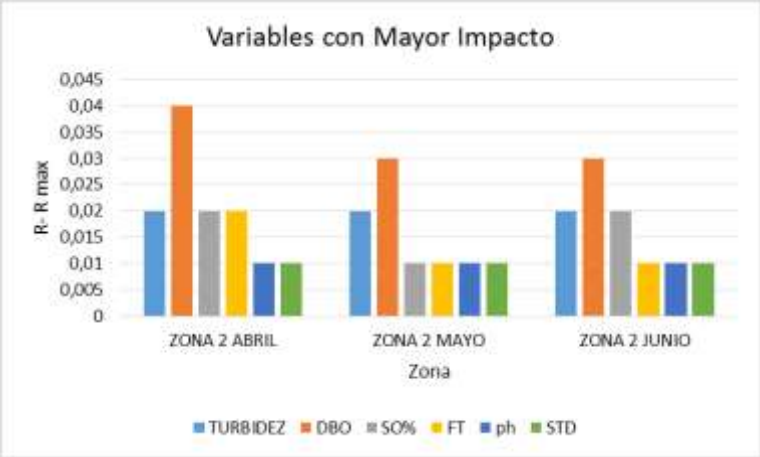


Ilustración 11. Variables con mayor impacto obtenidas en la Zona Turística durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA.

En el mes de abril la variable con mayor impacto para el aporte al IQA es la demanda bioquímica de oxígeno, esta aportó con un 33.3% con un valor de 0.04. Las variables turbidez, saturación de oxígeno y fosfatos totales aportaron con 16.7% cada una ya que obtuvieron un valor de 0.02.

En el mes de mayo la variable con mayor impacto para el aporte al IQA de igual manera que en el mes de abril es la demanda bioquímica de oxígeno que aportó con el 33.3% con un valor de 0.03, mientras que la turbidez aportó con el 22.2% con un valor de 0.02. Finalmente, las variables saturación de oxígeno, fosfatos totales, pH y sólidos totales disueltos aportaron con el 11.1% cada una con un valor de 0.01.

En el mes de junio la variable con mayor impacto para el aporte al IQA es la demanda bioquímica de oxígeno que aportó con el 30% con un valor de 0.03, las variables turbidez y saturación de oxígeno aportaron con el 20% con un valor de 0.02 cada una. Finalmente, las

variables fosfatos totales, pH y sólidos totales disueltos aportaron con el 10% cada uno con un valor de 0.01.

- **Zona Poblada**

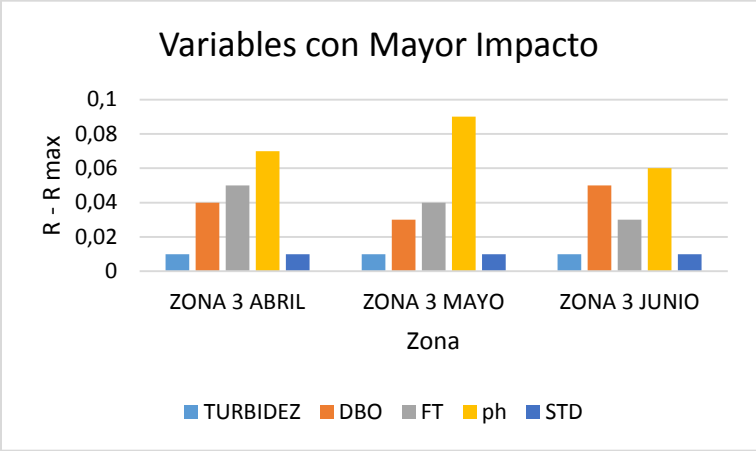


Ilustración 12. Variables con mayor impacto obtenidas en la Zona Poblada durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA.

Para el mes de abril la variable con mayor impacto para el aporte al IQA es el pH ya que aportó con el 38.9% con un valor de 0.07, la siguiente variable que mayor aporte tuvo fueron los fosfatos totales con el 27.8% con un valor de 0.05. Finalmente, la demanda bioquímica de oxígeno aportó con el 22.2% con un valor de 0.04.

Para el mes de mayo la variable con mayor impacto para el aporte al IQA es el pH ya que aportó con el 50% con un valor de 0.09, la siguiente variable que mayor aporte tuvo fueron los fosfatos totales con el 22.2% con un valor de 0.04. Finalmente, la demanda bioquímica de oxígeno aportó con el 16.7% con un valor de 0. 03.

Para el mes de Junio la variable con mayor impacto para el aporte al IQA es el pH ya que aportó con el 37.5% con un valor de 0.06, la siguiente variable que mayor aporte tuvo fue la

demanda bioquímica de oxígeno con el 31.3% con un valor de 0.05. Finalmente los fosfatos totales aportaron con el 18.8% con un valor de 0.03.

Tabla 4. Datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos medidos para la determinación del ICA de la REA.

Variables abióticas		Temperatura	pH	Oxigeno Disuelto	DBO5	Fosfatos	Nitratos	Sólidos Disueltos Totales	Turbidez
	Unidades	(°C)	-	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mL/L)	NTU
ZONA 1	ABRIL	13,85	7,58	6,97	0,52	0,04	0,02	0,024	48,00
	MAYO	10,18	7,65	7,58	1,36	0,06	0,05	0,025	37,53
	JUNIO	9,60	7,93	6,34	1,07	0,05	0,05	0,024	58,36
ZONA 2	ABRIL	10,93	7,79	7,20	1,07	0,03	0,05	0,014	7,55
	MAYO	9,53	7,85	7,33	1,06	0,02	0,08	0,017	6,60
	JUNIO	10,38	7,74	7,36	0,89	0,02	0,04	0,015	7,85
ZONA 3	ABRIL	13,40	8,25	6,49	1,49	0,11	0,05	0,023	3,25
	MAYO	13,60	8,57	6,37	1,65	0,10	0,04	0,021	2,46
	JUNIO	13,83	8,24	6,25	2,20	0,08	0,06	0,021	4,08

3.3. Diatomeas

3.3.1. Especies abundantes y bioindicadoras.

En la zona uno o zona protegida se encontraron 54 especies de diatomeas epilíticas, en la zona dos o zona turística se identificaron 47 especies, mientras que para la zona tres o zona poblada se encontraron 37 especies, dando como total 69 especies identificadas en las tres zonas preestablecidas.

Se encontraron 8 especies abundantes en la zona turística (tabla 5.), en la zona turística se encontraron 4 especies abundantes (tabla 6) y en la zona poblada se encontraron 6 especies abundantes (tabla 7). En lo que se refiere a posibles especies bioindicadoras, es decir especies que se localizan únicamente en una de las tres zonas de muestreo, se encontró que en la zona 1 hay 16 especies, en la zona 2, existen 7 especies y finalmente en la zona 3, existen 3 especies (tabla 8).

Tabla 5. Especies abundantes encontradas en la zona protegida de la REA.

ZONA PROTEGIDA		
#	**Especies**	**Especies Abundantes**
1	*Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni*	746
2	*Gomphonema sp.*	361
3	*Navicula gregaria Donkin*	354
4	*Nitzschia inconspicua Grunow*	641
5	*Planothidium frequentissimum(Lange-Bertalot) Lange-Bertalot*	310
6	*Reimeria sinuata(W.Gregory) Kociolek & Stoermer*	460
7	*Ulnaria danica(Kützing) Compère & Bukhtiyarova*	375
8	*Ulnaria ulna(Nitzsch) Compère*	337

Tabla 6. Especies abundantes encontradas en la zona turística de la REA.

ZONA TURÍSTICA		
#	**Especies**	**Especies Abundantes**
1	*Gomphonema lagenula Kützing*	354
2	*Navicula lanceolata Ehrenberg*	995
3	*Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory*	687
4	*Nitzschia inconspicua Grunow*	1940

Tabla 7. Especies abundantes encontradas en la zona poblada de la REA.

ZONA POBLADA		
#	**Especies**	**Especies Abundantes**
1	*Gomphonema lagenula Kützing*	691
2	*Navicula gregaria Donkin*	698
3	*Navicula lanceolata Ehrenberg*	799
4	*Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory*	443
5	*Nitzschia inconspicua Grunow*	732
6	*Rhoicosphenia abbreviata(C.Agardh) Lange-Bertalot*	1060

Tabla 8. Especies bioindicadoras en la zona protegida, turística y poblada de la REA

ZONA PROTEGIDA	ZONA TURÍSTICA	ZONA POBLADA
Achnanthes coarctata	*Achnantidium minutissimum*	*Achnanthes inconspicua*
Achnanthes inconspicua	*Cocconeis lineata*	*Achnanthidium minutissimum*
Achnanthidium exiguum	*Cymbella tumida*	*Cocconeis lineata*
Achnanthidium minutissimum	*Diatoma moniliformis*	*Diatoma moniliformis*
Cocconeis lineata	*Encyonema minutum*	*Encyonema minutum*
Diatoma mesodon	*Encyonema silesiacum*	*Encyonema silesiacum*
Diatoma moniliformis	*Encyonema silesiacum. var. altensis*	*Encyonema silesiacum var. altensis*
Encyonema minutum	*Encyonema sp.*	*Encyonema sp.*
Encyonema neomesianum	*Epithemia turgida*	*Encyonema vulgare*
encyonema silesiacum	*Fragilaria arcus*	*Fragilaria arcus*
Encyonema silesiacum var. altensis	*Fragilaria austriaca*	*Fragilaria capucina*
Ephitemia adnata	*Fragilaria capucina*	*Fragilaria recapitellata*
Epithemia alpestris	*Fragilaria recapitellata*	*Fragilaria vaucheriae*
Epithemia turgida	*Fragilaria vaucheriae*	*Gomphonema aquamineralis*
Fragilaria arcus	*Gomphonema aquaemineralis*	*Gomphonema lagenula*
Fragilaria capucina	*Gomphonema italicum*	*Gomphonema minutum*
Fragilaria vaucheriae	*Gomphonema minutum*	*Gomphonema pumilum*
Fragilaria recapitellata	*Ghomphonema parvulum*	*Luticula goeppertiana*
Frustulia vulgaris	*Gomphonema lagenula*	*Navicula cryptotenella*
Gomphonema aquaemineralis	*Gomphonema pumilum var. rigidum*	*Navicula gregaria*
Gomphonema lagenula	*Luticula goeppertiana*	*Navicula lanceolata*
Gomphonema minutum	*Mayamaea permitis*	*Navicula sp.*
Gomphonema parvulum	*Melosira dickiei*	*Navicula tripunctata*
Gomphonema pumilum var. rigidum	*Navicula cryptocephala*	*Nitzschia dissipata*
Gomphonema sp.	*Navicula germainni*	*Nitzschia inconspicua*
Luticola geoppertiana	*Navicula gregaria*	*Nitzschia palea*
Mayamaea permitis	*Navicula lanceolata*	*Nitzschia paleaformis*
Meridion constrictum	*Navicula schmassmannii*	*Nitzschia palea var. debilis*
Navicula gregaria	*Navicula sp.*	*Nitzschia sp.*
Navicula lanceolata	*Navicula tripunctata*	*Planothidium minutissimum*

Navicula schmassmannii	*Nitzschia dissipata*	*Planothidium bagualense*
Navicula tripunctata	*Nitzschia inconspicua*	*Planothidium biporomum*
Naviculadicta aff. Cosmopolitana	*Nitzschia palea*	*Planothidium frequentissimum*
Nitzschia inconspicua	*Nitzschia palea var. debilis*	*Reimeria sinuata*
Nitzschia dissipata	*Nitzschia paleaformis*	*Rhoicosphenia abbreviata*
Nitzschia palea	*Nitzschia sp.*	*Sellaphora pupula*
Nitzschia palea var. debilis	*Nitzschia umbonata*	*Sellaphora seminulum*
Nitzschia paleaformis	*Pinnularia gibba*	
Nitzschia sp.	*Planothidium bagualense*	
Nitzschia umbonata	*Planothidium biporomum*	
Nupela pardinhoensis	*Planothidium frequentissimum*	
Pinnularia sp.	*Reimeria sinuata*	
Planothidium bagualense	*Rhoicosphenia abbreviata*	
Planothidium frequentissimum	*Sellaphora pupula*	
Planothidium incuriatum	*Sellaphora seminulum*	
Platessa conspicua	*Ulnaria danica*	
Reimeria sinuata	*Ulnaria ulna*	
Rhoicosphenia abbreviata		
Rophalodia gibberula		
Sellaphora pupula		
Surirella ovalis		
Tabularia fasciculata		
ulnaria danica		
Ulnaria ulna		

ESPECIES BIOINDICADORAS

3.3.2. Índice Trófico de Calidad de Agua (ITQA)

Mediante el uso del índice trófico de calidad de agua se obtuvo un valor de 1.45 para la zona protegida, esto corresponde a una calificación de oligotrófica, a su vez esto refleja que la contaminación es despreciable. Para la zona turística y poblada se obtuvieron valores de 1.94 y 2.45 correspondientemente, esto corresponde a una calificación de β-mesotrófico, lo que quiere decir que la contaminación en ambas zonas es moderada.

3.3.3. Índice de diversidad y equidad de especies de diatomeas epilíticas

La riqueza específica para la zona protegida, turística y poblada es de 54,47 y 37 especies correspondientemente. Según el índice de Shannon-Wiener la diversidad de especies es de 3.37 en la primera zona, 2.78 en la segunda zona y 2.93 en la tercera zona, esto quiere decir que en la zona protegida existe mayor diversidad de especies. De igual manera la equidad obtenida mediante el uso de los índices de Shannon-Wiener y de Hill, es mayor en la zona protegida.

Tabla 9 Riqueza, Diversidad y Equidad de especies de diatomeas epilíticas obtenidas en las tres zonas muestreadas de la REA.

ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3	
RIQUEZA ESPECÍFICA		**RIQUEZA ESPECÍFICA**		**RIQUEZA ESPECÍFICA**	
S=	54	**S=**	47	**S=**	37,00
ÍNDICE DE SHANNON		**ÍNDICE DE SHANNON**		**ÍNDICE DE SHANNON**	
H=	3,37	**H=**	2,78	**H=**	2,93
VARIANZA	0,00	**VARIANZA**	0,00	**VARIANZA**	0,00
EQUIDAD SHANNON		**EQUIDAD SHANNON**		**EQUIDAD DE SHANNON**	
e=	0,84	**e=**	0,72	**e=**	0,81
EQUIDAD SEGÚN HILL		**EQUIDAD SEGÚN HILL**		**EQUIDAD SEGÚN HILL**	
E′	0,76	**E′**	0,55	**E′**	0,71

3.3.4. Análisis Canónico de Correspondencia.

Mediante el de este método se pudo determinar la relación existente entre los parámetros fisicoquímicos (9), y las diferentes especies de diatomeas encontradas en los muestreos realizados en el sistema hídrico de la Reserva Ecológica Antisana. Este dio como resultado una variabilidad del 61.95% en los ejes 1, 2 y 3, dando valores de 34.39% en el eje 1, 14.97% en el eje 2 y 12.59% en el eje 3.

Los puntos conformantes de la zona protegida se encuentran alineados a vectores distintos que el resto de puntos, estos se encuentran ordenados a vectores como la turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto. De igual manera los puntos que conforman la zona turística

y poblada se encuentran ordenados en base a los vectores que determinan el grado de eutrofización, como lo son nitratos y fosfatos.

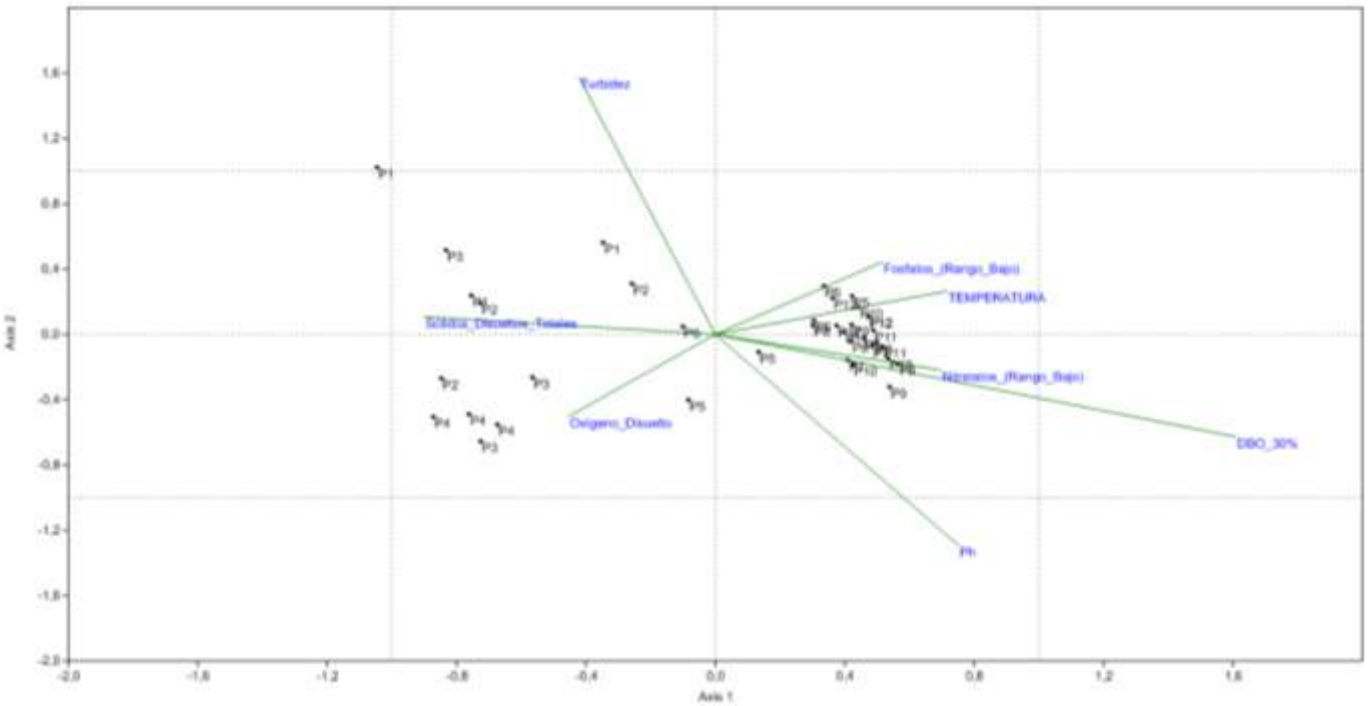


Ilustración 13.Análisis Canónico de correspondencia entre los 8 parámetros abióticos (pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Fosfatos, Nitratos, Solidos Totales disueltos, Turbiedad y Demanda biológica de Oxigeno) y las especies de Diatomeas epilíticas encontradas en los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA.

4. DISCUSIÓN:

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se rechaza la hipótesis planteada. Se obtuvieron resultados distintos en cuanto al estado trófico de las diferentes zonas, la zona protegida cuanta con una condición oligotrófica, la cual se interpreta como agua clara con baja contaminación. Sin embargo, la zona turística y poblada cuenta con la misma condición de β-mesotrófico, esta se interpreta como aguas claras con contaminación moderadas. Esto puede deberse a que en cada uno de los puntos muestreados existe diferente riqueza y abundancia de especies de diatomeas epilíticas.

Dentro de la zona protegida se encontraron 54 especies de las cuales 16 pueden considerarse bioindicadoras ya que no se encuentran en ninguna de las otras dos zonas, de igual manera en la zona turística se encontraron 47 especies de diatomeas epilíticas, de estas 7 se encuentran únicamente en dicha zona. Finalmente en la zona poblada se encontraron 37 especies, de estas 3, no se encuentran en la zona protegida o en la zona turística.

En la zona protegida se encontró que las especies con mayor abundancia fueron *Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni* y *Reimeria sinuata(W.Gregory) Kociolek & Stoermer*, la primera se debe s a que las variables principales relacionadas con la eutrofización tienen concentraciones bajas en todos los puntos de la zona. Esto es corroborado por el estudio relaizado por (Pedraza-Garzon & Donato-Rondon, 2011) titulado diversidad y distribución de diatomeas en un arroyo de montaña de los andes Colombianos, en donde se encontró *Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni* en puntos donde existía baja concentración de ambos nutrientes. De igual manera la segunda especie se encontró en lugares donde el pH es mayor a 7, lo que concuerda con lo expresado por los autores de la investigación antes citada.

En cuanto a la zona turística y poblada se encontró que existe una mayor cantidad de especies compartidas entre ambas, estas fueron *Gomphonema lagenula Kützing*, *Navicula lanceolata Ehrenberg* y *Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory*, sin embargo estos difieren en la abundancia de cada una, ya que en la zona turística se encontraron 354 individuos de la primera, mientras que en la zona poblada se encontraron 691 individuos, en el caso de la segunda especie nombrada se encontraron 995 y 799 individuos para cada una de las zonas, finalmente para la tercera especies se encontraron 687 y 443 individuos para la zona turística y poblada correspondientemente. Esto pudo corroborarse en base al estudio de (Atici, Ahiska, Altinda, & Aydin, 2008) en donde se

encontró que dichas especies de diatomeas se encuentran en aguas contaminadas especialmente por materia orgánica.

Se pudo evidenciar que la especie *Nitzschia inconspicua Grunow* es abundante en las tres zonas estudiadas, esto debido a que es considerada una especies cosmopolita, es decir que se pueden encontrar en una amplia variedad de ríos, con un nivel de tolerancia a la contaminación alto, esto coincide con el estudio realizado por (Alarcón Rojas & Peláez Peláez, 2012) donde se encontró esta especies en la mayoría de puntos muestreados sin importar su nivel de contaminación.

De igual manera en el presente estudio se determinaron 9 parámetros fisicoquímicos, sin embargo solo 8 de ellos fueron usados en la determinación del índice de calidad de agua, estos pueden ser evidenciados en la tabla 4 una vez ingresados estos parámetros al software IQA- DATA 2015, el cual permite el desarrollo y la implementación de índices de calidad de agua adoptados por la Universidad de Santa Cruz do Sul (Lobo, 2002) se obtuvo la calificación de buena para la zona protegida, excelente para la zona turística y buena para la zona poblada como se puede observar en la tabla 2 esto quiero decir que en general la calidad de agua dentro del sistema hídrico de la reserva ecológica Antisana es buena, a pesar de todas las actividades antropogénicas que se llevan a cabo dentro de la misma.

Según estudios como el de (Uvillus & Chamorro, 2017) tanto el índice de calidad de agua y el índice trófico coinciden, por lo que existe una contradicción en los resultados obtenidos en la presente investigación ya que en el índice de calidad de agua ,basado netamente en parámetros fisicoquímicos, se obtuvo que en general la calidad de agua es buena, mientras que el índice trófico indica que el agua en la zona protegida tiene contaminación despreciable, mientras que la zona turística y poblada cuentan con una contaminación moderada. Dicha contradicción puede atribuirse

a que en el estudio citado anteriormente se midió un parámetro primordial, como lo son las coliformes fecales, mientras que en el presente estudio este no se llevó a cabo.

Según (Castillo, Cortez, Wong, & Villalpando, 2007) un análisis canónico de correspondencia permite determinar si dos conjuntos de variables son independienes uno de otro, al igual que determinar la magnitud de las relaciones que pueden existir entre los dos conjunto de variables. En la presente investigación se analizó la relación que existe entre las variables fisicoquímicas y las especies de diatomeas epilíticas recolectadas, en la ilustración 12, se puede evidenciar que existe una relación directa entre los parámetros fisicoquímicos que aumentan el grado de eutrofización y las especies de diatomeas epilíticas encontradas en las zonas turística y poblada.

5. CONCLUSIONES:

- El sistema hídrico de la Reserva ecológica Antisana se encuentra en dos estados tróficos; oligotrófico para la zona protegida y β-mesotrófico para las zonas turística y poblada, por lo que se rechaza la hipótesis planteada para la presente investigación.
- El índice de calidad de agua obtenido mediante el uso del software IQA-DATA versión 2015, basado netamente en parámetros fisicoquímicos, mostró que en las zonas protegida y poblada el agua es de buena calidad y en la zona turística es excelente.
- Existen posibles especies bioindicadoras para cada una de las zonas, siendo estas *Achnanthes coarctata, Achnanthidium exiguum, Diatoma mesodon, Encyonema neomesianum, Ephitemia adnata, Epithemia alpestris, Frustulia vulgaris, Meridion constrictum, Naviculadicta aff. Cosmopolitana, Nupela pardinhoensis, Pinnularia sp, Planothidium incuriatum, Platessa conspicua, Rophalodia gibberula, Surirella*

ovalis y *Tabularia fasciculata* para la zona protegida, *Cymbella tumida, Fragilaria austriaca, Gomphonema italicum, Melosira dickiei, Navicula cryptocephala, Navicula germainni* y *Pinnularia gibba* para la zona turística y finalmente *Encyonema vulgare, Gomphonema pumilum* y *Navicula cryptotenella* para la zona poblada.

- La especie *Nitzschia inconspicua* es abundante en las tres zonas muestreadas, esto se da debido a la plasticidad y tolerancia a diferentes concentraciones de contaminación que esta especie presenta.
- La zona protegida presenta la mayor riqueza específica con 54 individuos presentes en ésta, seguida por la zona turística con 47 individuos y finalmente la zona poblada con 37 individuos.
- Según el índice de Shannon-Wiener la zona protegida presenta una diversidad alta con un valor de 3.37, mientras que las zonas turística y poblada presentan una diversidad normal ya que sus valores son de 2.78 y 2.93 correspondientemente.
- La zona protegida presenta el mayor valor en lo que respecta a la equidad, medida mediante el índice de equidad de Hill, con un valor de 0.76, seguido por la zona poblada con un valor de 0.71 y finalmente se encuentra la zona turística con un valor de 0.55.
- El análisis canónico de correspondencia demostró que las especies de diatomeas epilíticas encontradas en las zonas turística y poblada, se encuentran alineadas a los vectores representantes de las variables que determinan el grado de eutrofización, como lo son nitratos, fosfatos y DBO. Mientras que las especies de la zona protegida que presenta una menor contaminación, se encuentran lejos de dichos vectores.

- La presente investigación permitió obtener información en cuanto a la población de diatomeas epilíticas en la Reserva ecológica Antisana, cumpliendo así con el objetivo de aportar información para el desarrollo de un índice de calidad de agua utilizando diatomeas como bioindicadores en el Ecuador.

6. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda continuar con la investigación en el sistema hídrico de la Reserva ecológica Antisana, de tal manera que la información acerca de la población de diatomeas epilíticas pueda ser ampliada.
- Se recomienda calibrar el equipo antes de realizar la toma de datos de parámetros *In-Situ* y de igual manera cerciorarse de que se cuenta con los reactivos necesarios para el tratamiento tanto de muestras de diatomeas como de los análisis fisicoquímicos de las aguas.
- Se recomienda realizar el análisis fisicoquímico usando todas las variables necesarias, en especial coliformes fecales, ya que estas permiten obtener un valor real acerca de la calidad de agua que cada una de las zonas presenta.
- Se recomienda hacer uso de equipos de protección personal como guantes y botas de caucho en cada uno de los puntos donde se llevará acabo el muestreo.
- Se recomienda realizar los análisis fisicoquímicos en las muestras de agua lo más rápido posible, de tal manera que se evite cualquier variación en cuanto a los valores reales que presentan las muestras.
- Se recomienda que antes de realizar las placas fijas de diatomeas, se realicé una observación, de tal manera que si existe gran cantidad de suciedad, se pueda realizar una limpieza extra a las muestras y obtener mejores resultados.

- Se recomienda medir variables físicas tales como largo, ancho, profundidad y caudal de cada uno de los puntos, de tal manera que se puedan relacionar tanto las variables físicas, químicas y biológicas.
- Se recomienda realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos por triplicado, de tal manera que el nivel de confianza de la investigación alcance un 95%.
- Se recomienda realizar la identificación de las especies de diatomeas epilíticas en base a claves taxonómicas, tomando en cuenta las medidas y características de cada uno de los individuos.

7. BIBLIOGRAFÍA:

Alarcón Rojas, N., & Peláez Peláez, F. (2012). Calidad del Agua del Río Sendamal (Celendín , Cajamarca , Perú): determinación mediante Uso de Diatomeas. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Biológicas*, *34*(2), 29–37. Retrieved from http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/766

Atici, T., Ahiska, S., Altinda, A., & Aydin, D. (2008). Ecological effects of some heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) pollution of phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Sarıyar Dam Reservoir in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, *7*(12), 1972–1977. https://doi.org/10.5897/AJB2008.000-5044

Blanco, S., Cejudo-Figueiras, C., Álvarez-Blanco, I., van Donk, E., Gross, E. M., Hansson, L. A., … Bécares, E. (2014). Epiphytic diatoms along environmental gradients in Western European shallow lakes. *Clean - Soil, Air, Water*, *42*(3), 229–235. https://doi.org/10.1002/clen.201200630

Burneo, P. C., & Gunkel, G. (2003). Ecology of a high Andean stream, Rio Itambi, Otavalo, Ecuador. *Limnologica*, *33*(1), 29–43. https://doi.org/10.1016/S0075-9511(03)80005-1

Casallas G, J. E., & Gunkel, G. (2001). Algunos aspectos limnologicos de un lago altoandino: El lago San Pablo, Ecuador. *Limnetica*, *20*(2), 215–232.

Castillejo, P., Chamorro, S., Paz, L., Heinrich, C., Carrillo, I., Salazar, J. G., … Lobo, E. A. (2018). Response of epilithic diatom communities to environmental gradients along an Ecuadorian Andean River. *Comptes Rendus - Biologies*. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2018.03.008

Castillo, J., Cortez, K., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Analisis de correlacion canonica

(ACC) e investigacion cientifica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de Negocios*, *4*(8), 405–422. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.005

Espinosa, R., Andino, P., Jacobsen, D., & Dangles, O. (2010). Fauna Acuática en la Reserva Ecológica Antisana. Retrieved from http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2193029473

González, D. (2014). Bioindicadores como aliados en el monitoreo de condiciones ambientales. *Cegesti*, (252), 1–4.

Guzmán-Arias, I., & Calvo-Alvarado, J. (2012). Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe Planning Water Resources in Latin America and the Caribbean. *Tecnologia En Marcha*, *26*(1), 16.

Kreft, H., Koster, N., Kuper, W., Nieder, J., & Barthlott, W. (2004). Diversity and biogeography of vascular epiphytes in Western Amazonia, Yasuni, Ecuador. *Journal of Biogeography*, *31*(9), 1463–1476. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01083.x

Kuhn, J., Andino, P., Calvez, R., Espinosa, R., Hamerlik, L., Vie, S., … Jacobsen, D. (2011). Spatial variability in macroinvertebrate assemblages along and among neighbouring equatorial glacier-fed streams. *Freshwater Biology*, *56*(11), 2226–2244. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02648.x

Lobo. (2002). Índices De La Calidad Del Agua, 101–102. Retrieved from http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/39 Proteccion_calidad_agua_subterranea.pdf

Lobo, Eduardo A., Carla Giselda Heinrich, Marilia Schuch, Adriana Düpont, Adilson Ben da Costa, Carlos Eduardo Wetze, L. E. (2016). *Indice Trofico de calidad de agua*. *Journal of*

Chemical Information and Modeling (Vol. 53). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Mejía Rodriguez, D. M. (2011). Diatomeas perifíticas y algunas características limnológicas de un humedal urbano en la sabana de Bogotá. *Director*, 126.

Michelutti, N., Lemmen, J. L., Cooke, C. A., Hobbs, W. O., Wolfe, A. P., Kurek, J., & Smol, J. P. (2016). Assessing the effects of climate and volcanism on diatom and chironomid assemblages in an Andean lake near Quito, Ecuador. *Journal of Limnology*, *75*(2), 275–286. https://doi.org/10.4081/jlimnol.2015.1323

Mora, D., Carmona, J., & Cantoral-Uriza, E. A. (2015). Diatomeas epilíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *86*(4), 1024–1040. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.09.004

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T - Manuales Y Tesis SEA*, *1*, 84. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103709

Pedraza-Garzon, E., & Donato-Rondon, J. . (2011). Diversity and distribution of diatoms in a mountain stream of the Colombian Andes. *Caldasia*, *33*(1), 177–191.

Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. *Organización Mundial de La Salud*, 353. Retrieved from http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/vigilancia/vigilancia.pdf

Samboni, R. N. E., Carvajal, E. Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista de Ingeniería E Investigación*, *27*(3), 172–181.

Seisdedos, P., & Hernández, N. (2011). Guía de las diatomeas de la cuenca del duero, 210.

Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. (2009). Índices De Calidad De Agua En Fuentes Superficiales Utilizadas En La Producción De Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *8*(15), 79–94. https://doi.org/10.11144/Javeriana.IYU18-2.ifcd

Uvillus, S., & Chamorro, M. S. (2017). Caracterización De La Composición Florística De Diatomeas Epilíticas Asociadas Al Grado De Eutrofización En El Rio “La Compañía”, Cantón Mejía. Retrieved from http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TESIS.pdf

8. Índice de Ilustraciones:

Ilustración 1. Temperatura obtenida de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA..... 19
Ilustración 2. pH obtenido de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA 20
Ilustración 3. Oxígeno Disuelto obtenido de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA 21
Ilustración 4. Demanda Bioquímica de oxígeno obtenida de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA..... 22
Ilustración 5. Turbidez obtenida de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA 22
Ilustración 6. Nitratos obtenidos de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA 23
Ilustración 7. Fosfatos obtenidos de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA 24
Ilustración 8. Sólidos Disueltos Totales obtenidos de las zonas 1,2 y 3 durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA..... 24
Ilustración 9. Variables con mayor impacto obtenidas en la Zona Protegida durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA. 26
Ilustración 10. Variables con mayor impacto obtenidas en la Zona Turística durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA. 27
Ilustración 11. Variables con mayor impacto obtenidas en la Zona Poblada durante los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA. 28
Ilustración 12.Análisis Canónico de correspondencia entre los 8 parámetros abióticos (pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Fosfatos, Nitratos, Solidos Totales disueltos, Turbiedad y Demanda biológica de Oxigeno) y las especies de Diatomeas epilíticas encontradas en los muestreos de abril, mayo y junio de 2018 en el sistema hídrico de la REA. 34

9. Índice de Tablas:

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo del sistema hídrico de la Reserva Ecológica Antisana 16
Tabla 2. Resultados obtenidos según el software IQA-DATA en zonas de muestreo ubicadas en el sistema hídrico de la Reserva Ecológica Antisana en los mes de Abril, Mayo y Junio 25
Tabla 3. Rangos para determinar el índice de calidad de agua..... 25
Tabla 4. Datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos medidos para la determinación del ICA de la REA. 29
Tabla 5. Especies abundantes encontradas en la zona protegida de la REA. 30
Tabla 6. Especies abundantes encontradas en la zona turística de la REA. 30
Tabla 7. Especies abundantes encontradas en la zona poblada de la REA. 30
Tabla 8. Especies bioindicadoras en la zona protegida, turística y poblada de la REA 31

Tabla 9 Riqueza, Diversidad y Equidad de especies de diatomeas epilíticas obtenidas en las tres zonas muestreadas de la REA. 33

10. Índice de Anexos.

ANEXOS 1. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Abril de 2018 48
ANEXOS 2. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 49
ANEXOS 3. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Abril de 2018 50
ANEXOS 4. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 51
ANEXOS 5. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 52
ANEXOS 6. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018. 53
ANEXOS 7. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018. Continuacion. 54
ANEXOS 8. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 55
ANEXOS 9. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 56
ANEXOS 10. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de Abril de 2018 57
ANEXOS 11. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de Abril de 2018. 58
ANEXOS 12. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 59
ANEXOS 13. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de Abril de 2018. 60
ANEXOS 14. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 61
ANEXOS 15. Diatomeas encontradas en el punto 7 en el mes de Abril de 2018. 62
ANEXOS 16. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el mes de Abril de 2018. 63
ANEXOS 17. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 64
ANEXOS 18. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de Abril de 2018. 65
ANEXOS 19. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 66
ANEXOS 20. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de Abril de 2018. 67
ANEXOS 21. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de abril de 2018. Continuación. 68
ANEXOS 22. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de abril de 2018. 69
ANEXOS 23. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 70
ANEXOS 24. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de abril de 2018. 71
ANEXOS 25. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de Abril de 2018. Continuación. 72
ANEXOS 26. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Mayo de 2018. 73
ANEXOS 27. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de mayo de 2018. Continuación. 74
ANEXOS 28. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de mayo de 2018. 75
ANEXOS 29. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Mayo de 2018. Continuación. 76
ANEXOS 30. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de mayo de 2018. 77
ANEXOS 31. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de mayo de 2018. Continuación. 78
ANEXOS 32. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de mayo de 2018. 79
ANEXOS 33. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de mayo de 2018. Continuación. 80
ANEXOS 34. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de mayo de 2018. 81
ANEXOS 35. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de mayo de 2018. Continuación. 82
ANEXOS 36. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de mayo de 2018. 83
ANEXOS 37. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de mayo de 2018. Continuación. 84
ANEXOS 38. Diatomeas encontradas en el punto 7 en el mes de mayo de 2018. 85

ANEXOS 39. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el me de mayo de 2018. 86
ANEXOS 40. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de mayo de 2018. 87
ANEXOS 41. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de mayo de 2018. Continuación. 88
ANEXOS 42. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de mayo de 2018. 89
ANEXOS 43. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de mayo de 2018. 90
ANEXOS 44. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de mayo de 2018. Continuación. 91
ANEXOS 45. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de mayo de 2018. 92
ANEXOS 46. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Junio de 2018. 93
ANEXOS 47. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Junio de 2018. Continuacion. 94
ANEXOS 48. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de junio de 2018. 95
ANEXOS 49. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de junio de 2018. 96
ANEXOS 50. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de junio de 2018.Continuación. 97
ANEXOS 51. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de junio de 2018. 98
ANEXOS 52. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de junio de 2018. Continuación. 99
ANEXOS 53. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de junio de 2018. 100
ANEXOS 54. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de junio de 2018. Continuación. 101
ANEXOS 55. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de junio de 2018. 102
ANEXOS 56. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de junio de 2018. Continuación. 103
ANEXOS 57. Diatomeas encontradas en el punto 7 en el mes de junio de 2018. 104
ANEXOS 58. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el mes de junio de 2018. 105
ANEXOS 59. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de junio de 2018. 106
ANEXOS 60. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de junio de 2018 108
ANEXOS 61. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de junio de 2018. Continuación. 109
ANEXOS 62. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de junio de 2018 110
ANEXOS 63. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de junio de 2018 111
ANEXOS 64. Diatomeas encontadas en el punto 12 en el mes de junio de 2018. Continuación 112
ANEXOS 65. Valores de calidad de agua obtenidos de las muestras de agua tomadas de la Reserva Ecológica Antisana en el software IQADATA versión 2015. 113

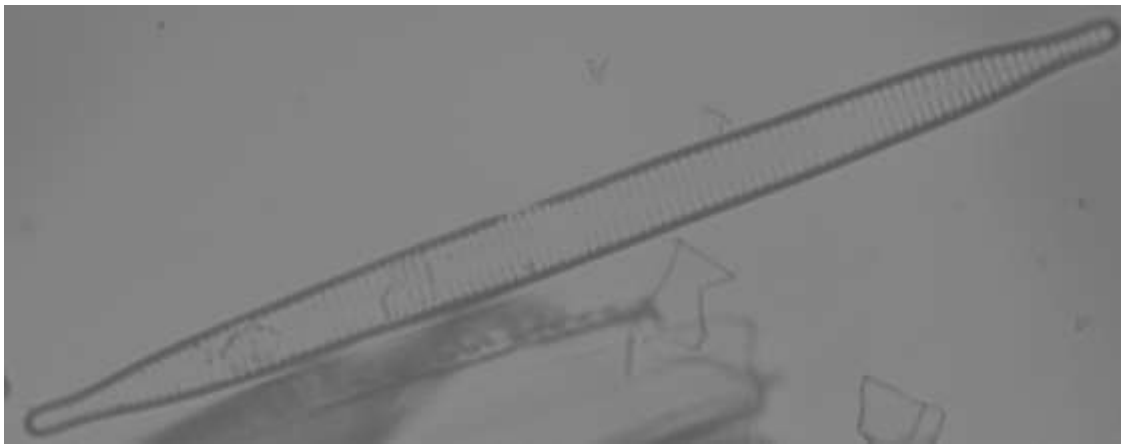
ANEXOS

ANEXOS 1. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Abril de 2018

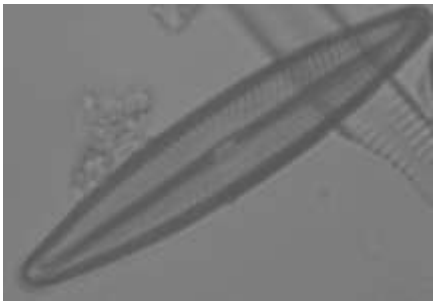
1

2

3



4



5

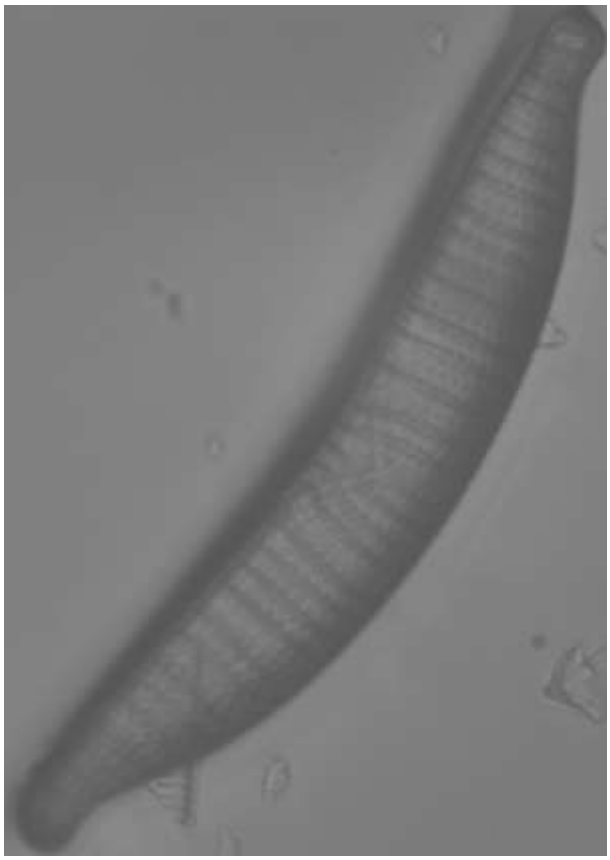
6

7

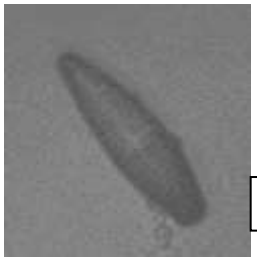
8

9

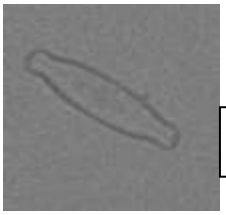
ANEXOS 2. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Abril de 2018. Continuación.



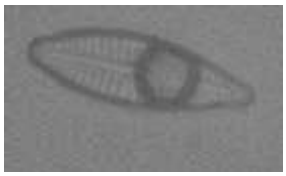
10



11



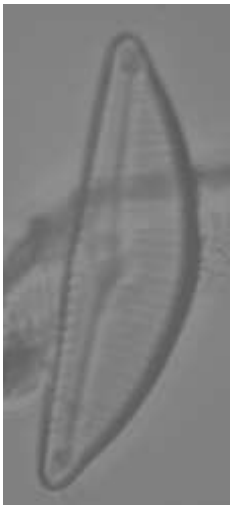
12



13

14

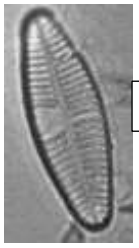
15



16

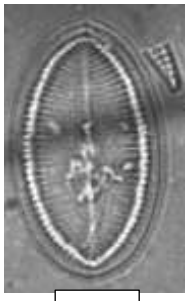
17

ANEXOS 3. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Abril de 2018



1

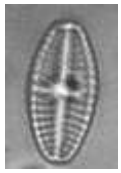
Planothidium frequentissimu



2

3

Cocconeis lineata



4

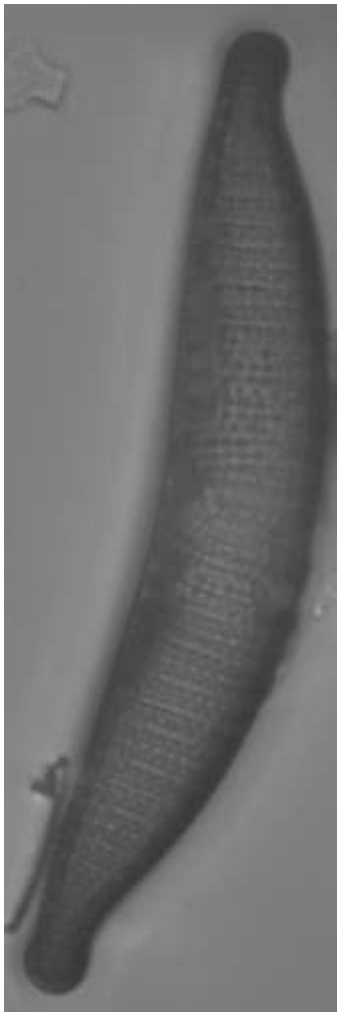
5

6

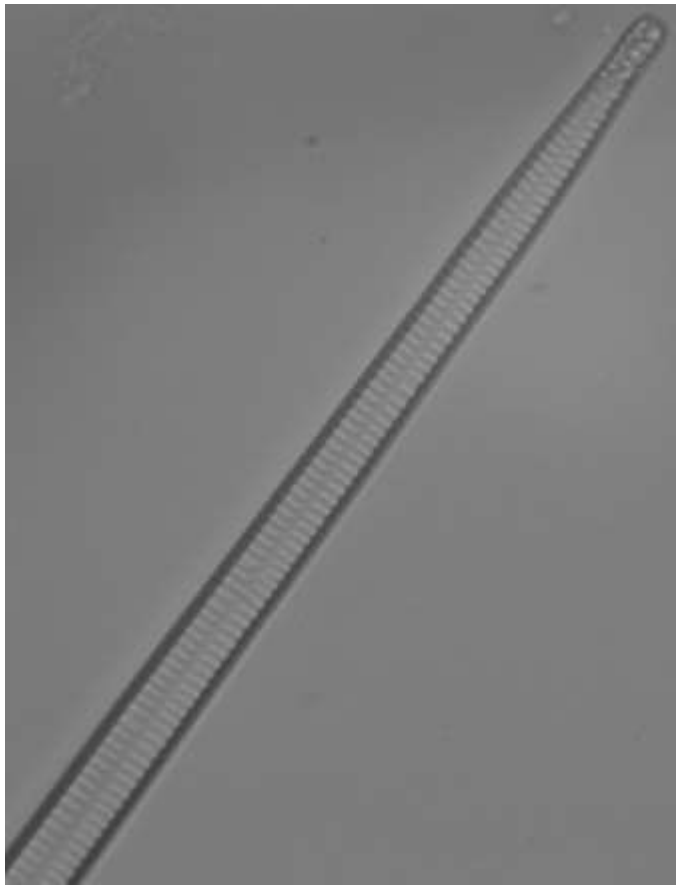
7

8

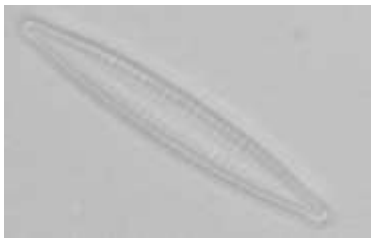
9



11



12

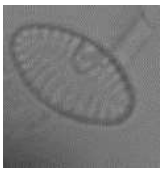


10

ANEXOS 4. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

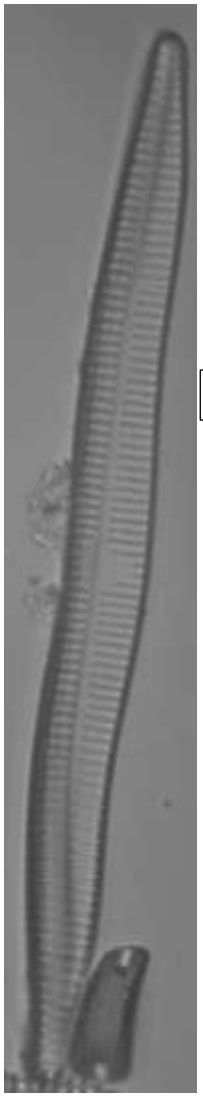
13

14

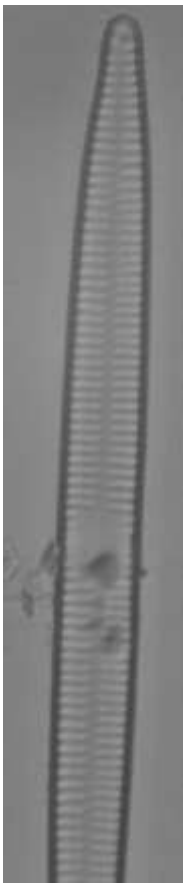


15

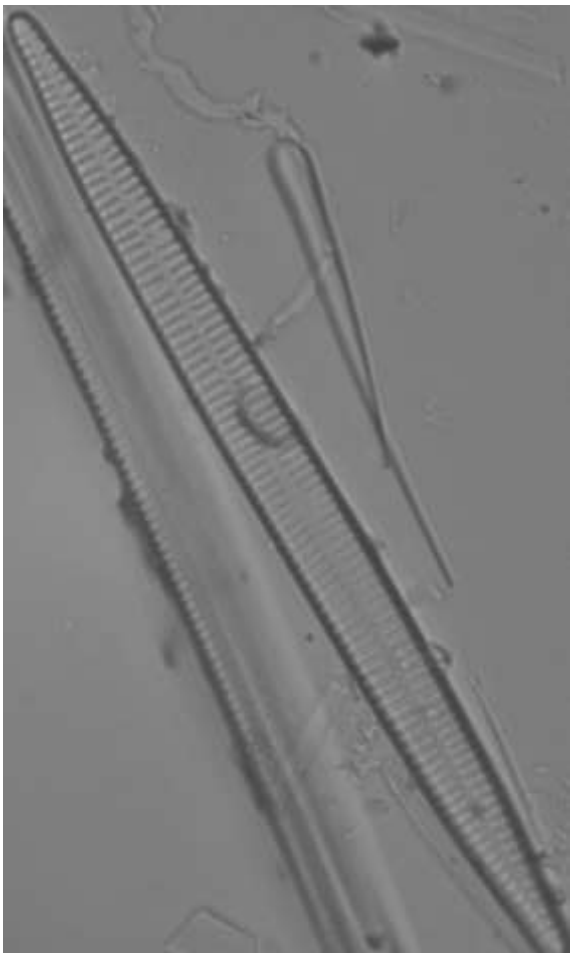
16

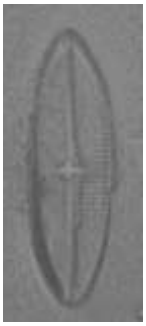


17



21





18

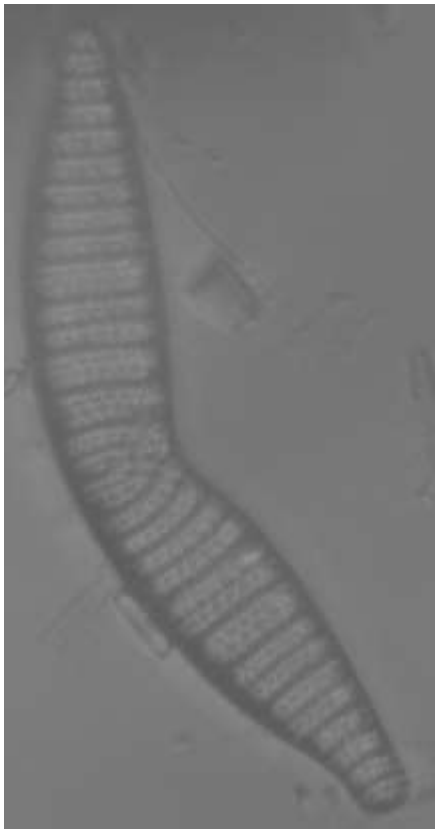
19

22

20

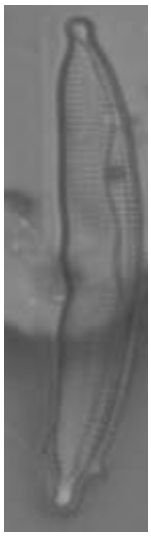
ANEXOS 5. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

24

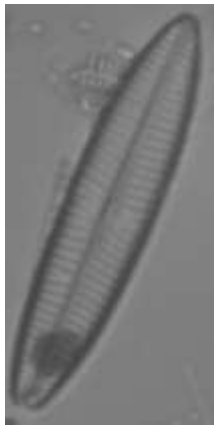


25

26



27



28

ANEXOS 6. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018.

1

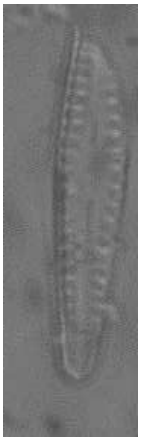
2

3

4

5

6



7

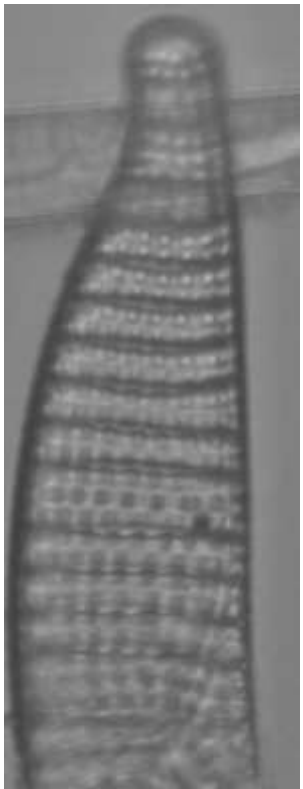
8

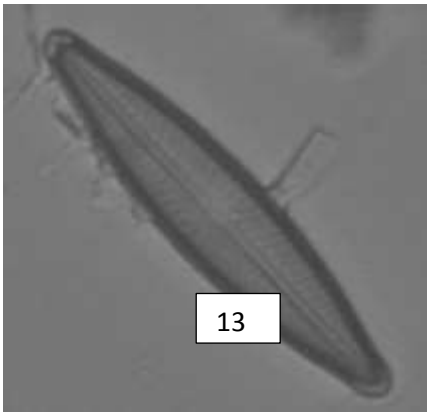
9

10

11

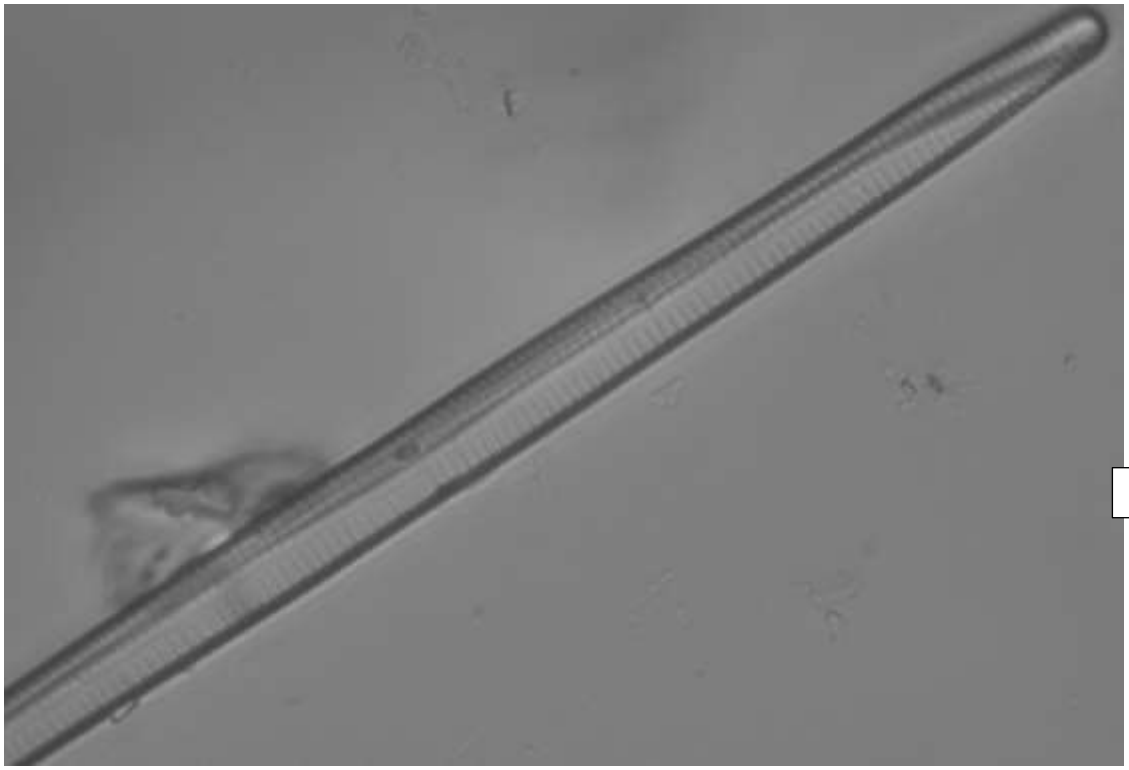
12



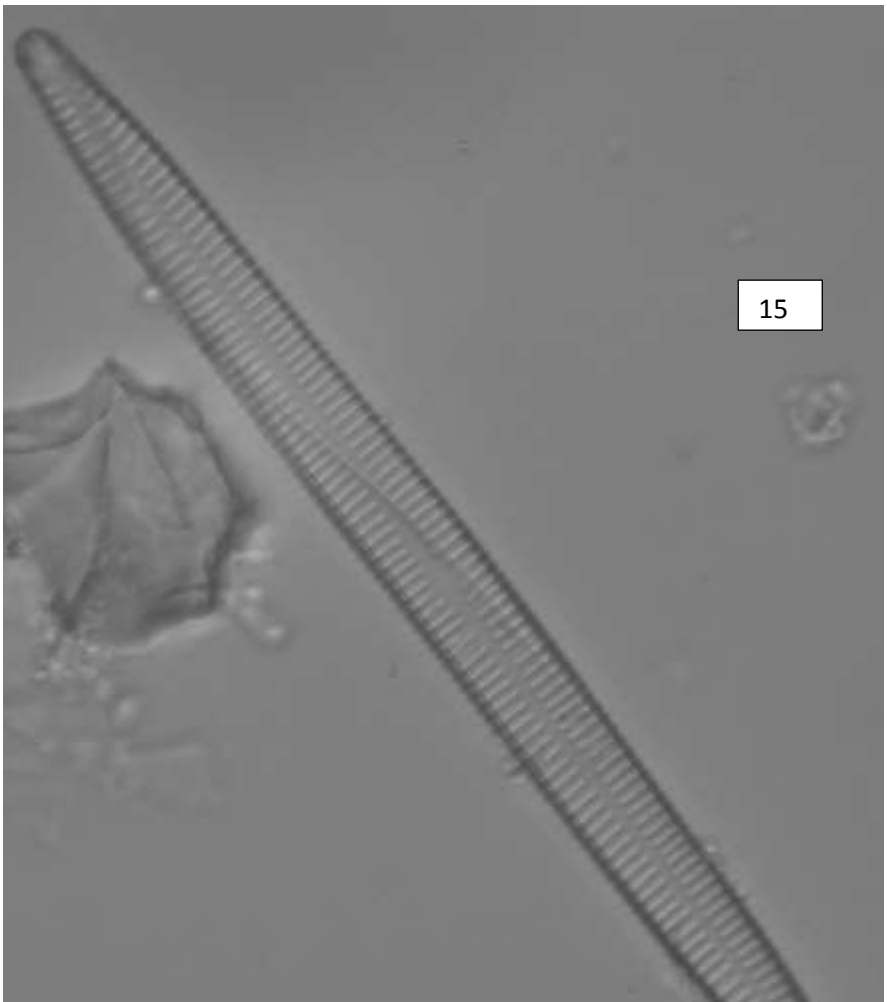


13

ANEXOS 7. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018. Continuacion.



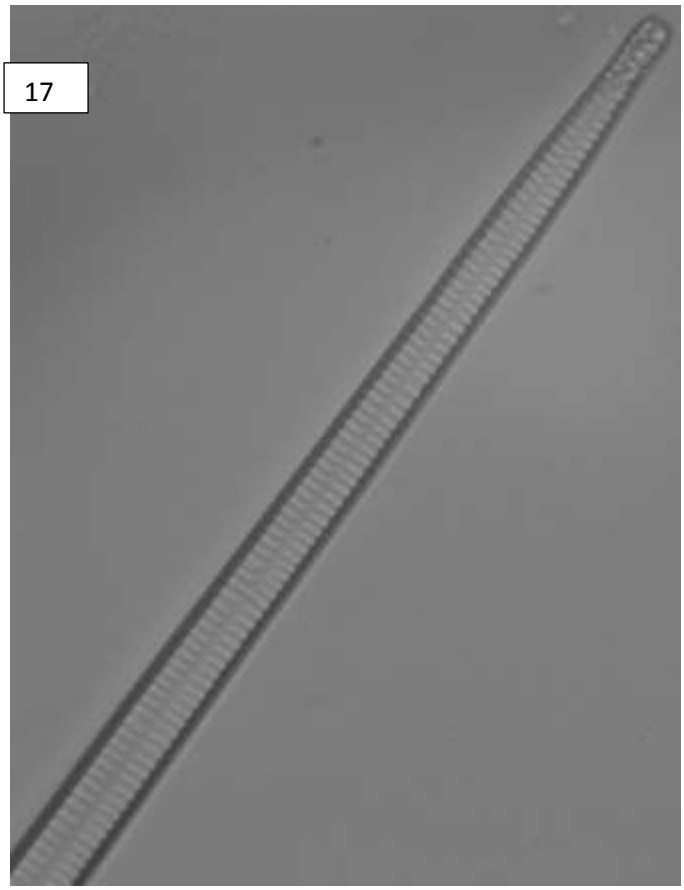
14



15

16

ANEXOS 8. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

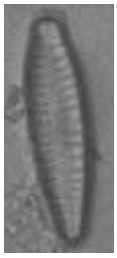


17

18

19

20



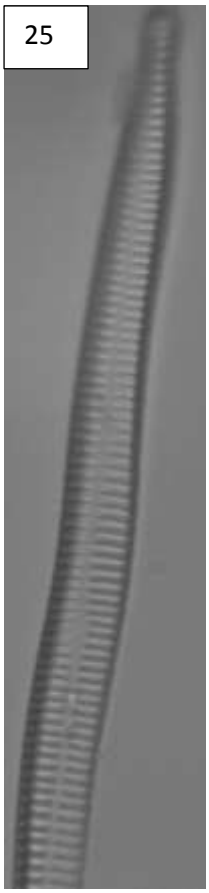
21

22

24

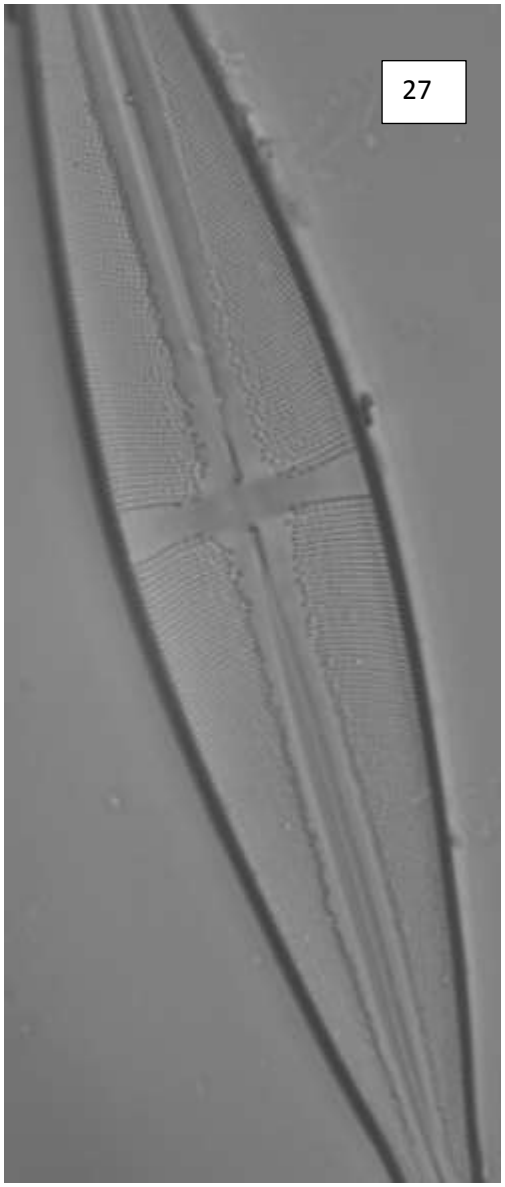
ANEXOS 9. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

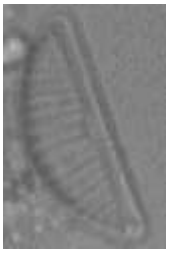
25



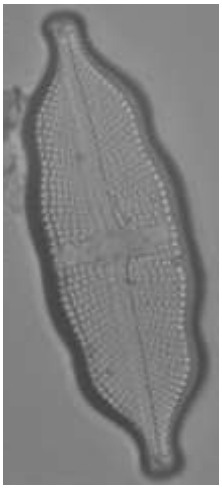
26

27



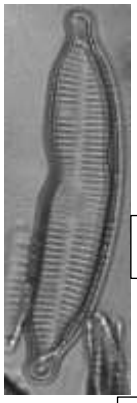


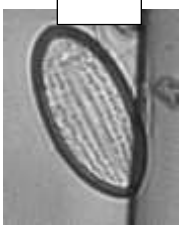
29



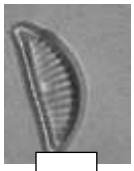
28

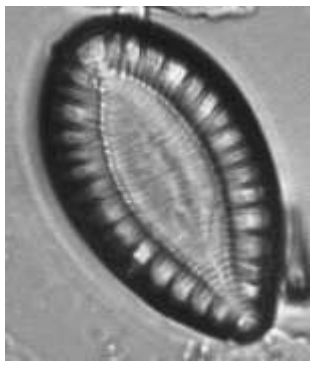
ANEXOS 10. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de Abril de 2018


1


2

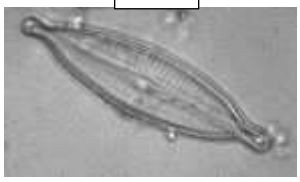
3

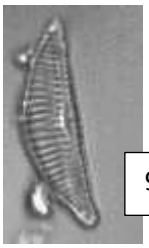

4


5

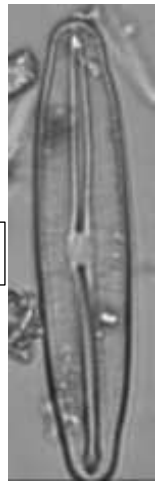
6

7

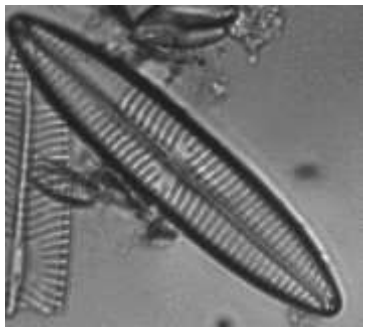

8

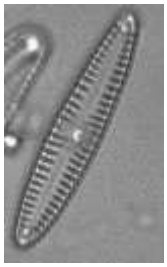

9

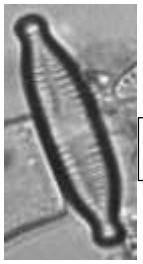
10

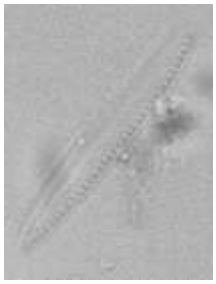

11

12

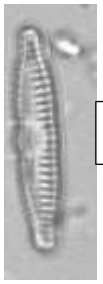

13

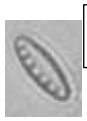

14

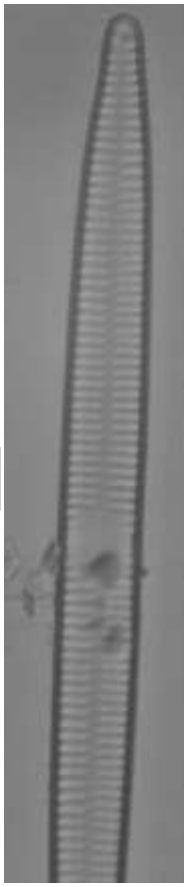

15

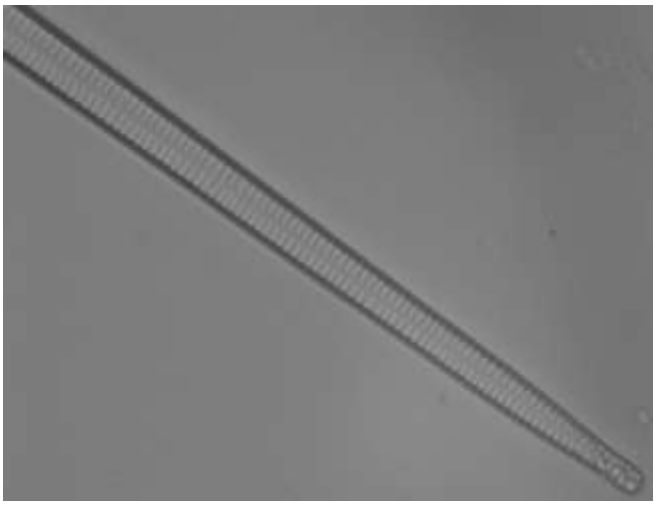

16

17


18

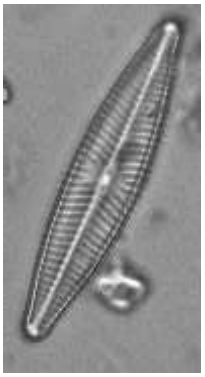

19


20

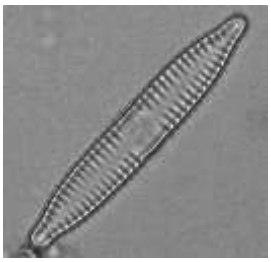

21

ANEXOS 11. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de Abril de 2018.

1



2



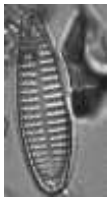
3

4

5

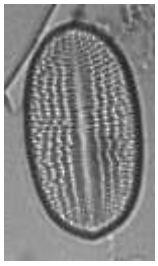
6

7

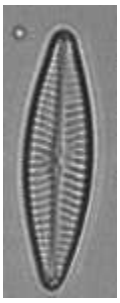


8

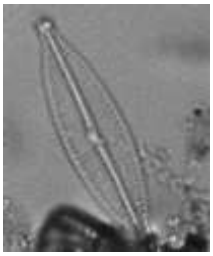
9



10



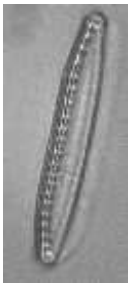
11



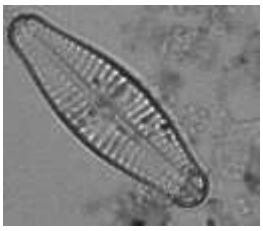
12

13

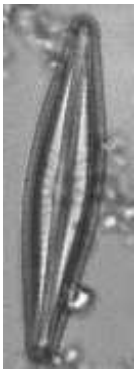
14



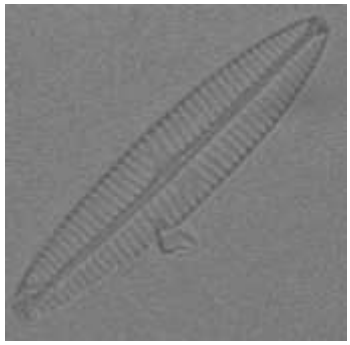
15



16



17



ANEXOS 12. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

18

19

20

21

22

23

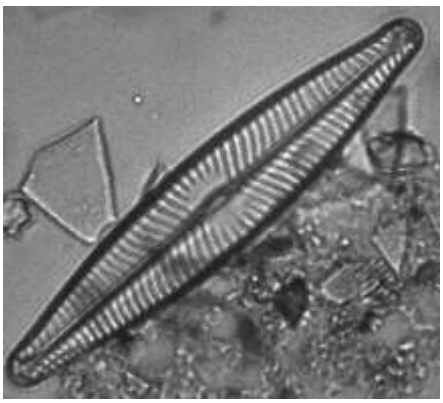
24

25

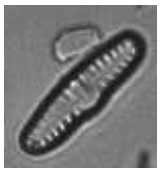
26

27

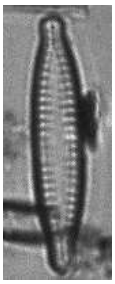
ANEXOS 13. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de Abril de 2018.



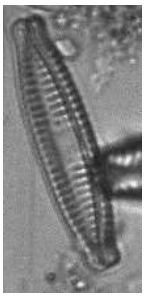
1



2

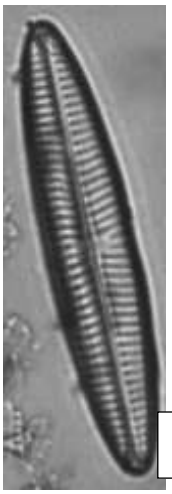


3



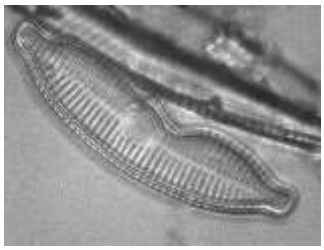
4

5

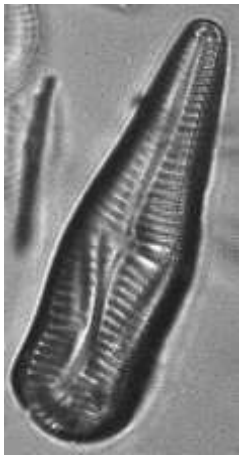


6

7

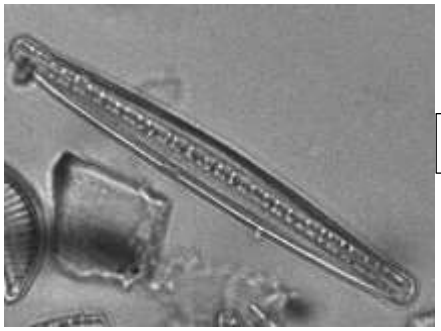


8

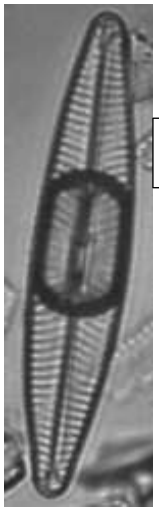


9

10



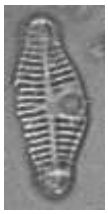
11



12

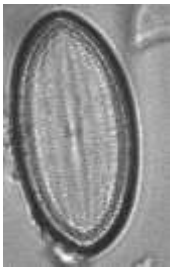
ANEXOS 14. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

13



14

15



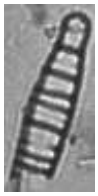
16

17

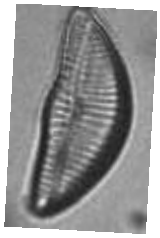
18

19

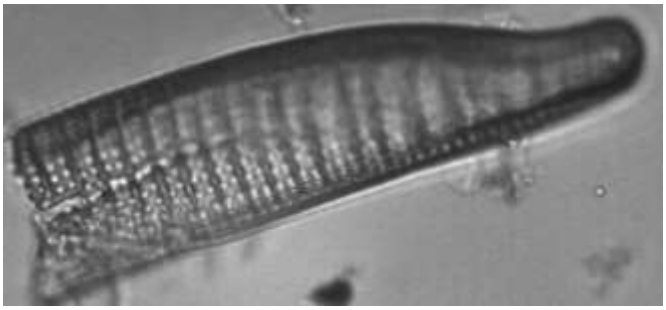
20



21

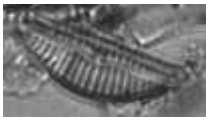


22



23

24



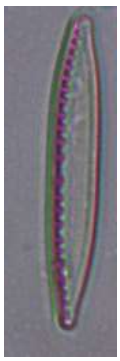
25

26

27

ANEXOS 15. Diatomeas encontradas en el punto 7 en el mes de Abril de 2018.

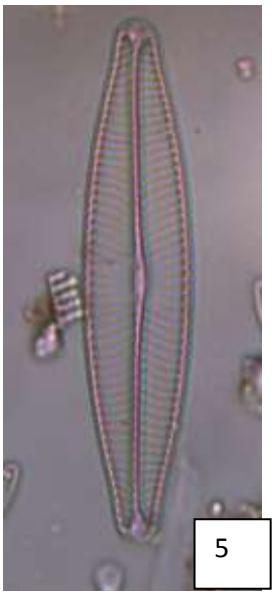
1



2

3

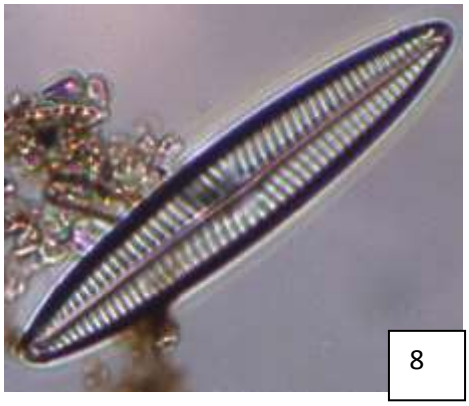
4



5

6

7



8

9

10

11

12

13

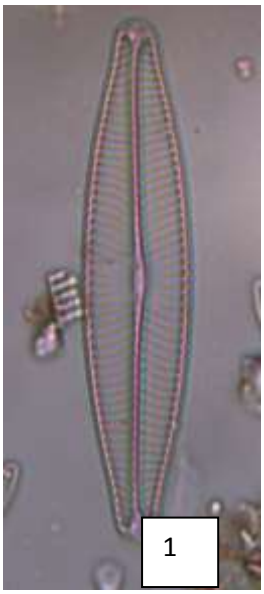
14

15

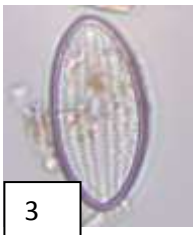
16

17

ANEXOS 16. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el mes de Abril de 2018.


1

2

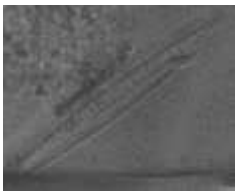

3

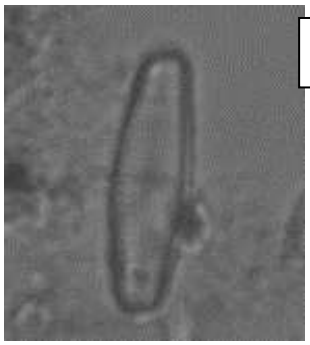
4

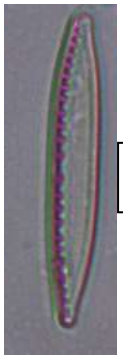
5

6

10

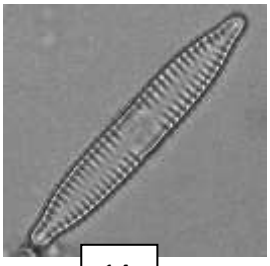

11

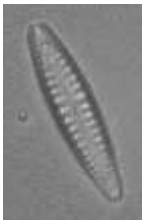

12

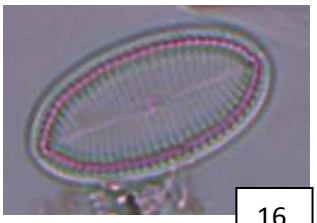

7

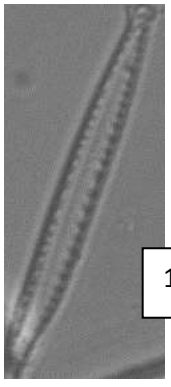
8

9

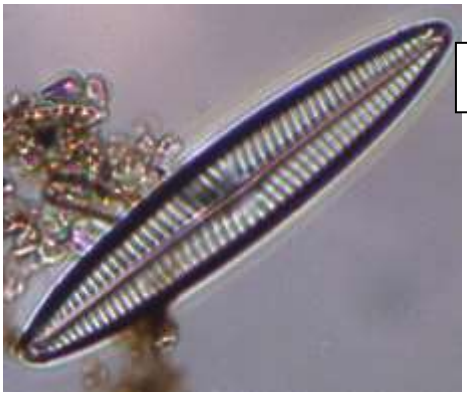

14


15


16


17

13


18

19

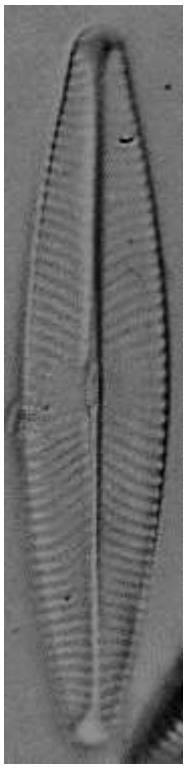
20

ANEXOS 17. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

21

22

ANEXOS 18. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de Abril de 2018.



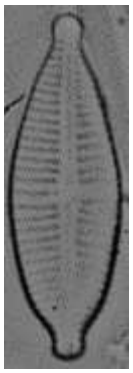
1

2

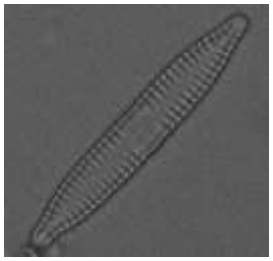
3

4

5



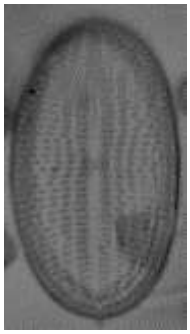
6



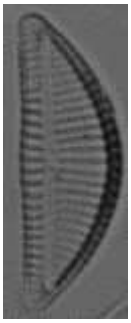
7

8

9



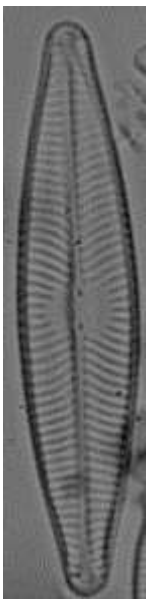
10



11

12

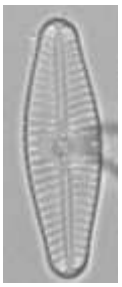
ANEXOS 19. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de Abril de 2018. Continuación.



13

14

15



16

17

18

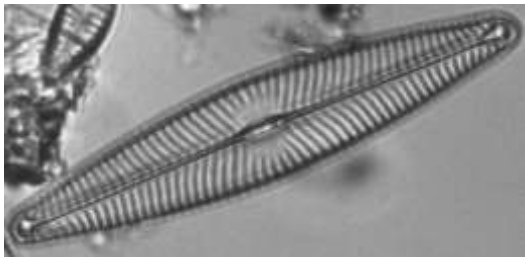
19

ANEXOS 20. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de Abril de 2018.

1

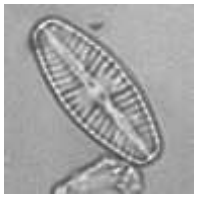
2

3

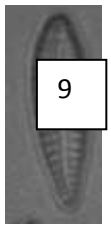

4

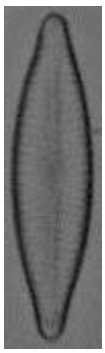
5

6

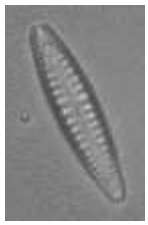

7

8


9


10

11

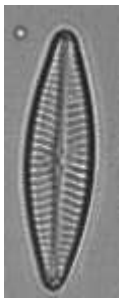

12

13

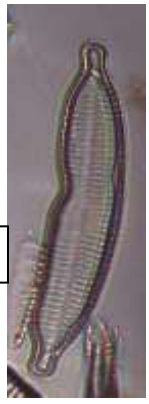
14

15

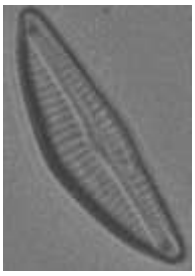
16


17

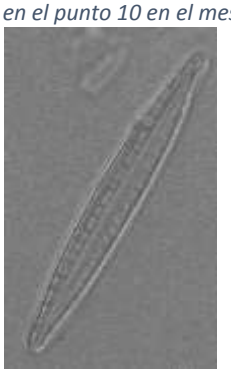
18


19

ANEXOS 21. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de abril de 2018. Continuación.



20



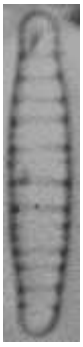
21

22

23

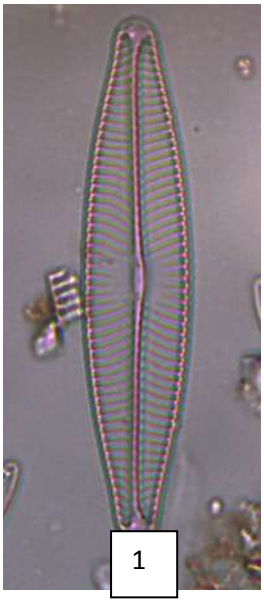
24

25

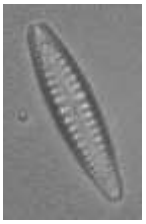


26

ANEXOS 22. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de abril de 2018.

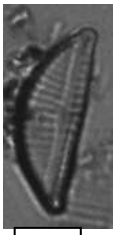


1



2

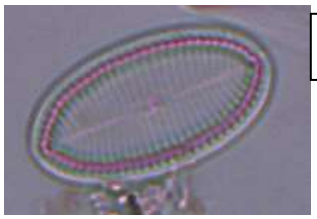
3



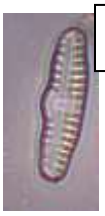
4

5

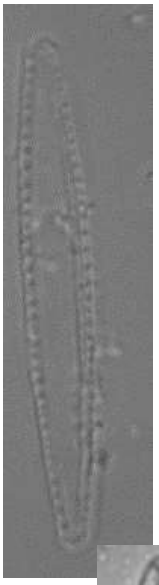
6



7



8

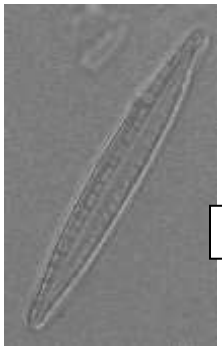


9

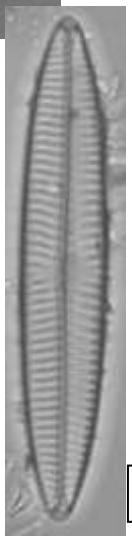
10

11

12



13



14

15

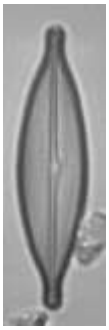
ANEXOS 23. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de Abril de 2018. Continuación.

16

17

18

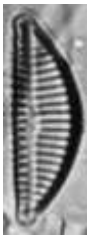
19



20

21

22



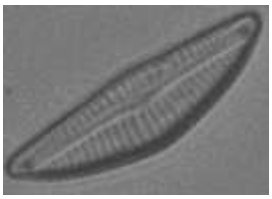
23

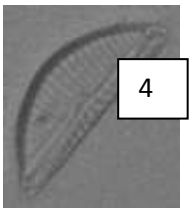
24

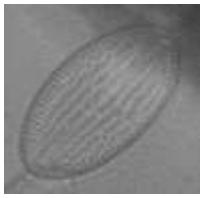
ANEXOS 24. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de abril de 2018.

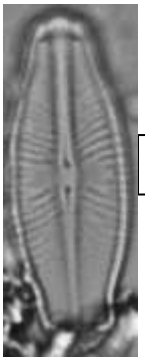
1

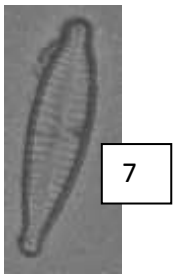
2

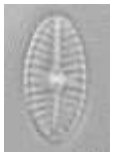

3


4


5


6


7

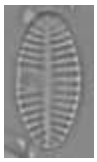

8

9

10

11

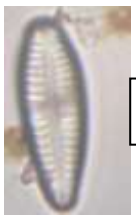
12


13

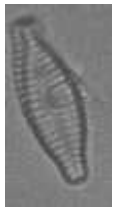
14

15

16

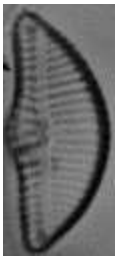

17

18


19

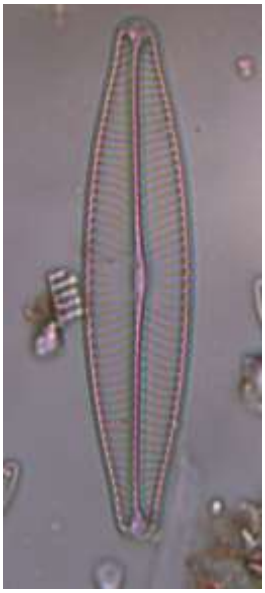
20

ANEXOS 25. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de Abril de 2018. Continuación.



21

22

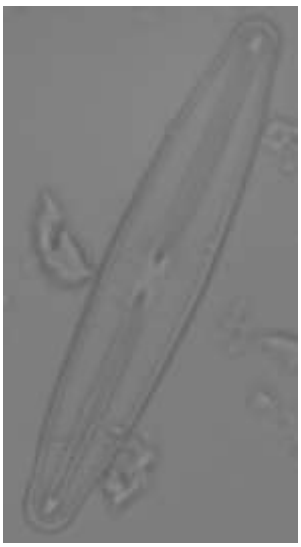


23

24

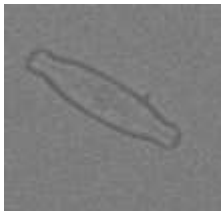
25

ANEXOS 26. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Mayo de 2018.

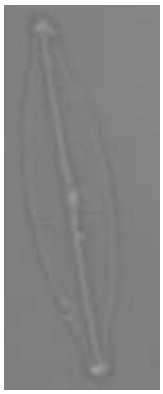


1

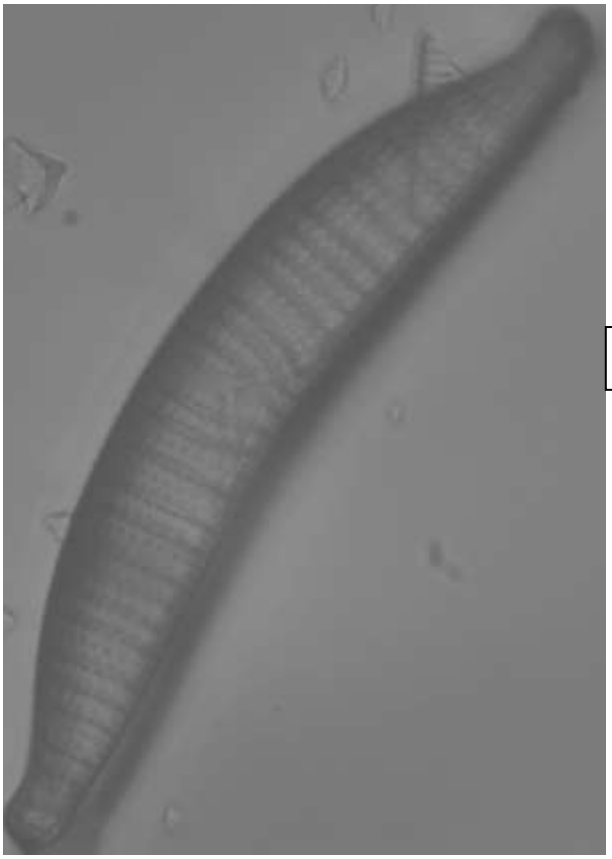
2



3



4



5

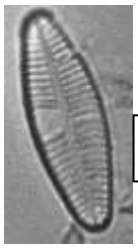
6

7

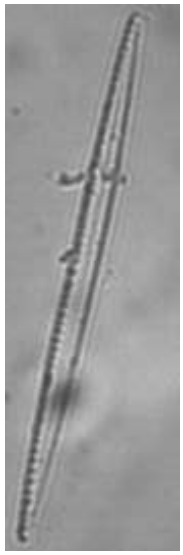
8

9

10



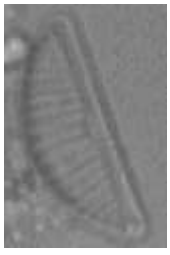
13



14

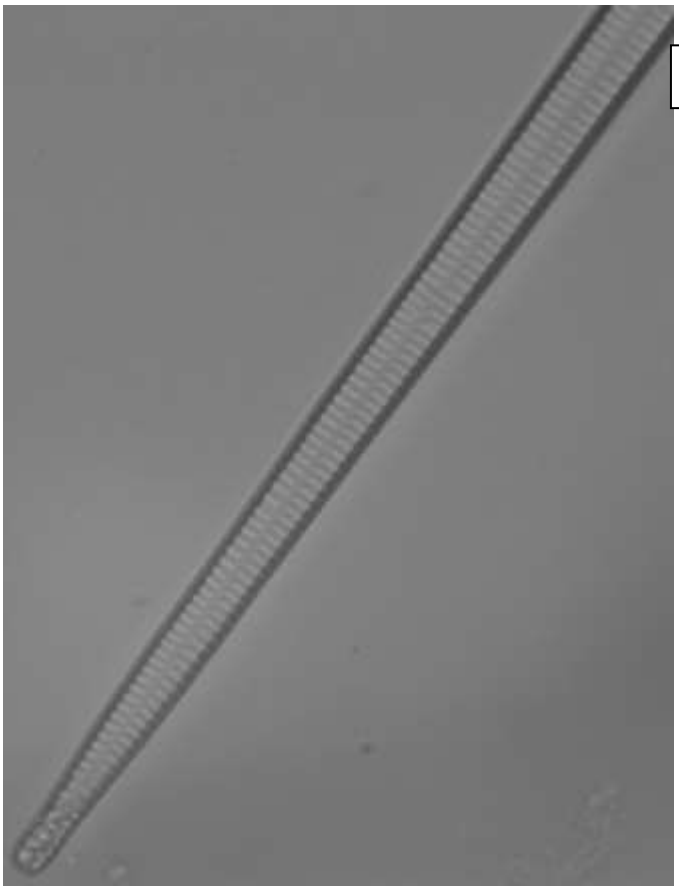
15

11

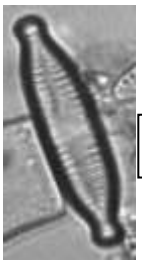


12

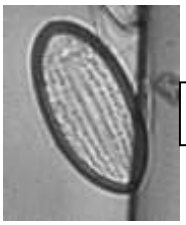
ANEXOS 27. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de mayo de 2018. Continuación.



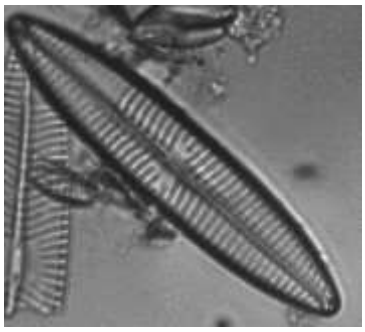
16



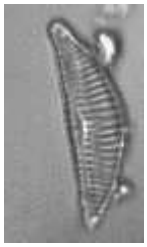
17



18



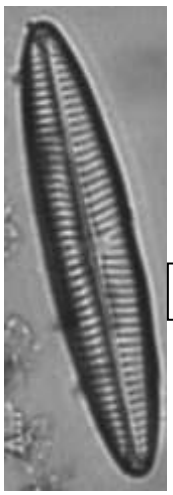
19



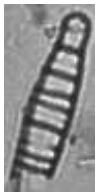
20

ANEXOS 28. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de mayo de 2018

1

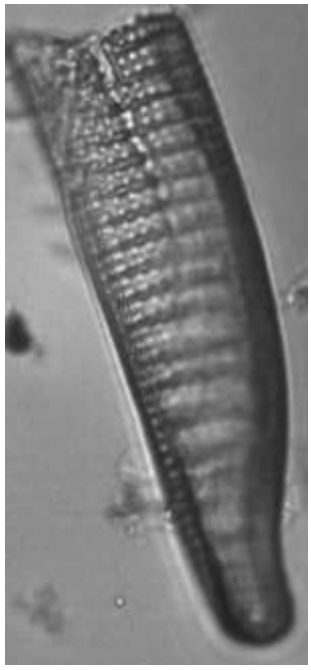


2

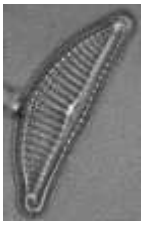


3

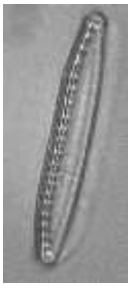
4



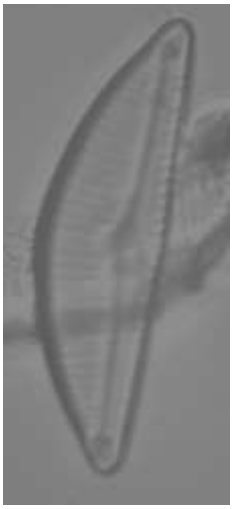
5



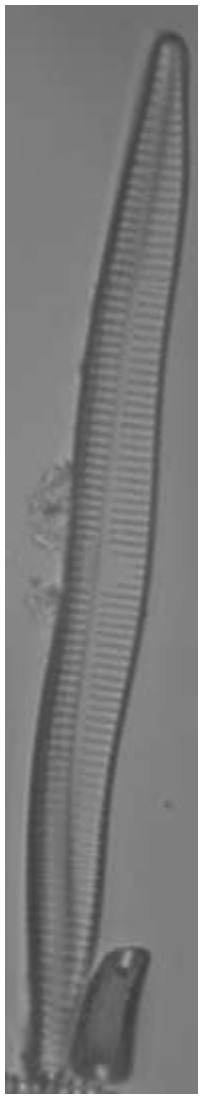
6



7



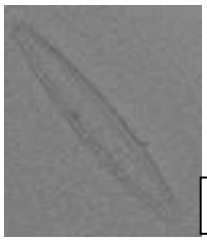
8



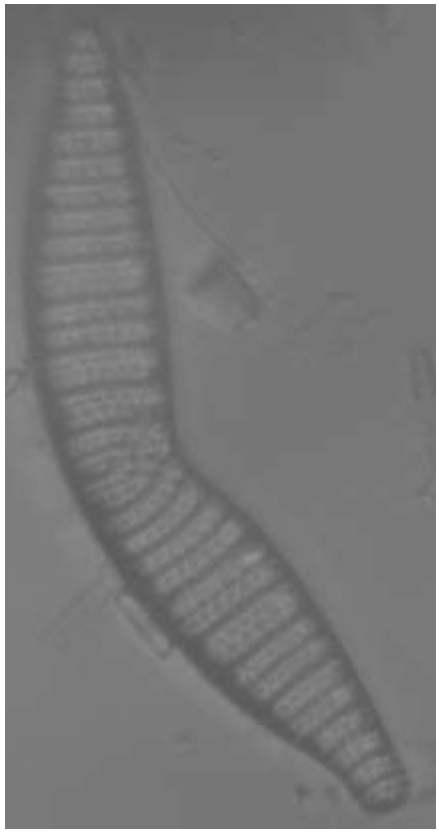
9

10

11



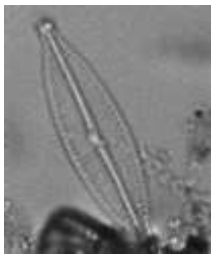
12



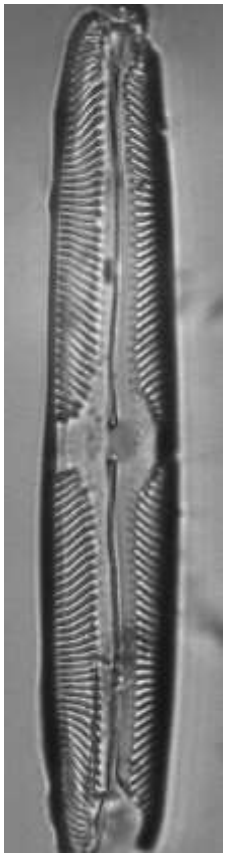
13

ANEXOS 29. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de Mayo de 2018. Continuación.

14

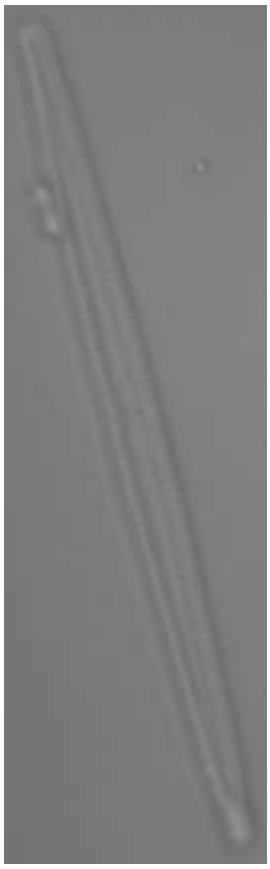


15



16

17



18

19

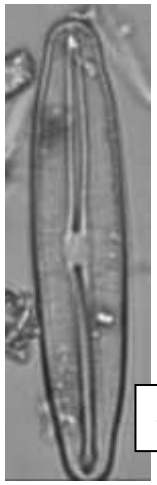
20

21

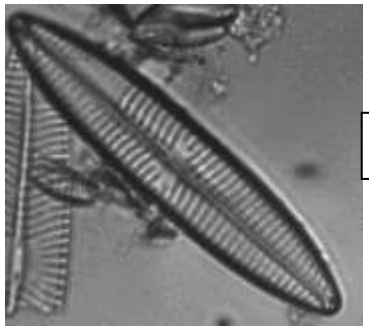
ANEXOS 30. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de mayo de 2018

1

2

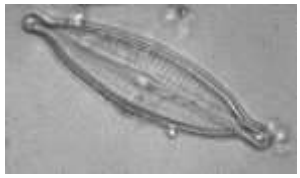


3



4

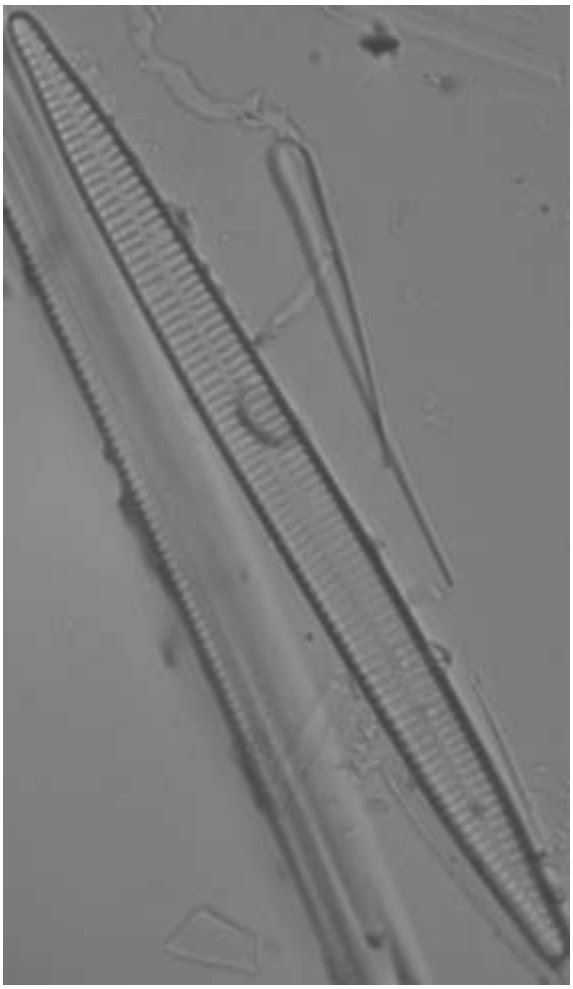
5



6

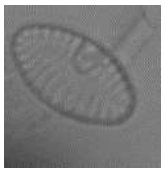
7

8



9

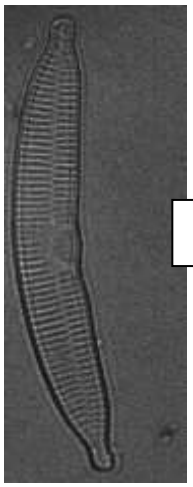
10



11

12

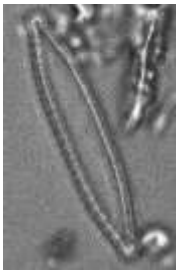
ANEXOS 31. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de mayo de 2018. Continuación.



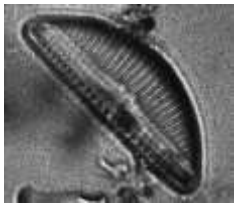
13

14

15



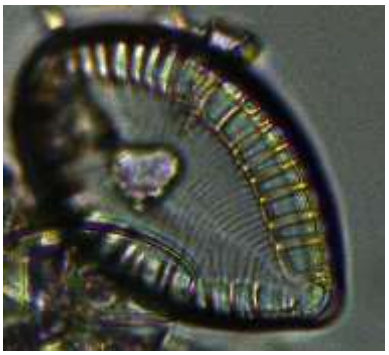
16



17

18

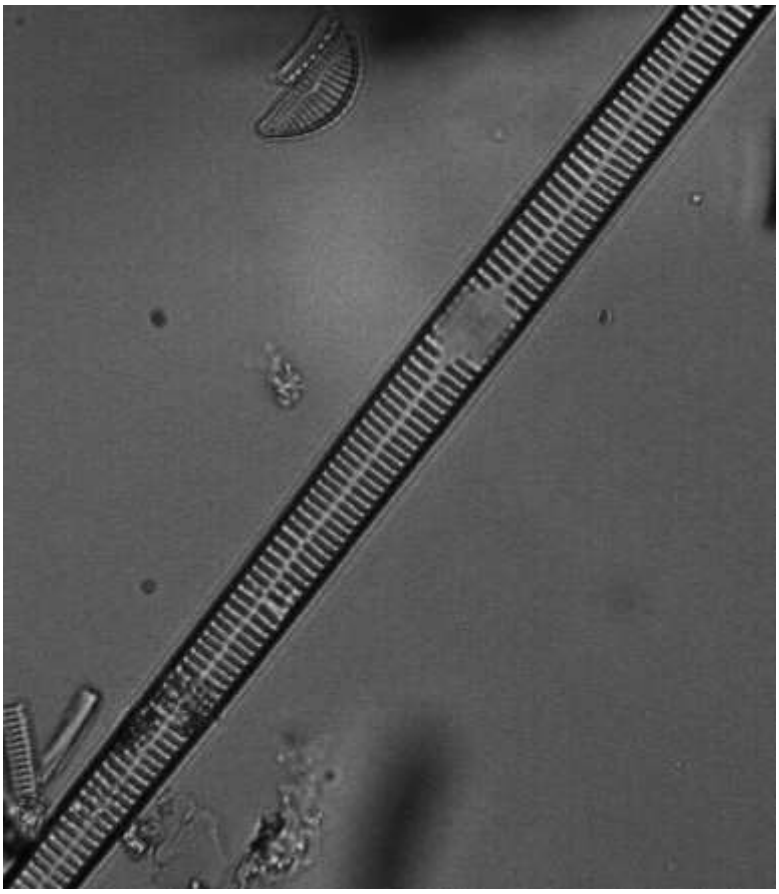
19



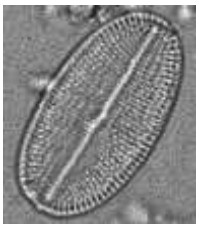
20

ANEXOS 32. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de mayo de 2018.

|

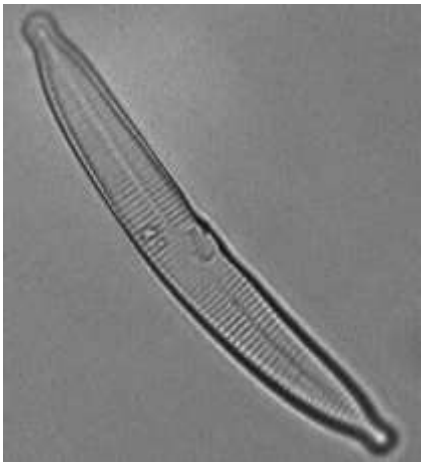


1



2

3

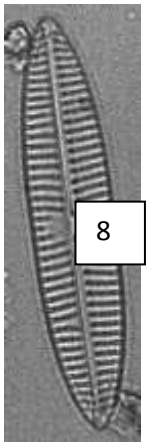


4

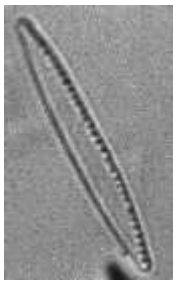
5

6

7



8



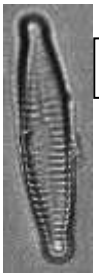
9

10

11

12

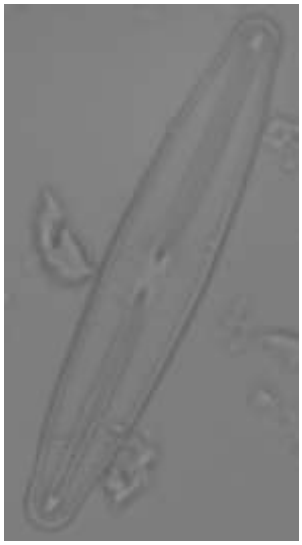
ANEXOS 33. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de mayo de 2018. Continuación.



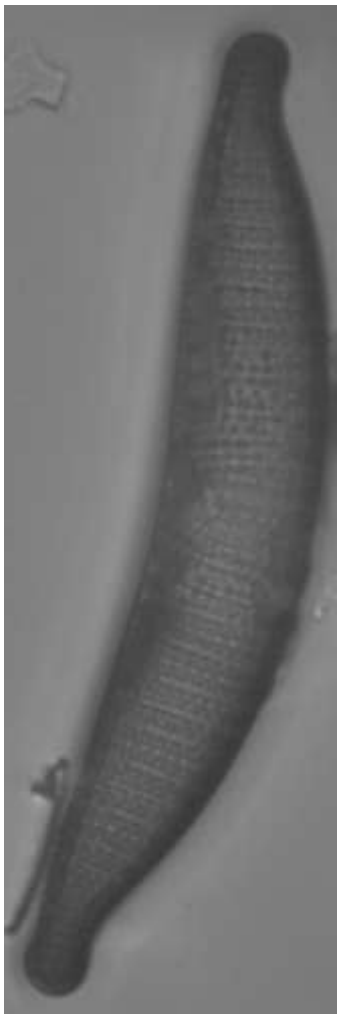
13

14

15



16

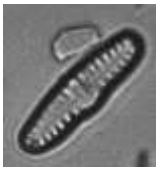


17

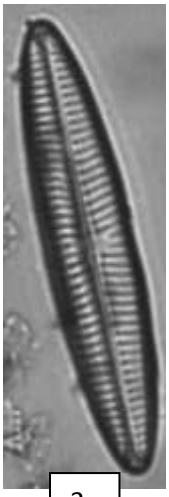
18

ANEXOS 34. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de mayo de 2018.

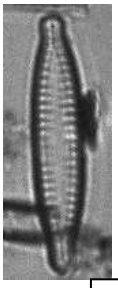
1



2



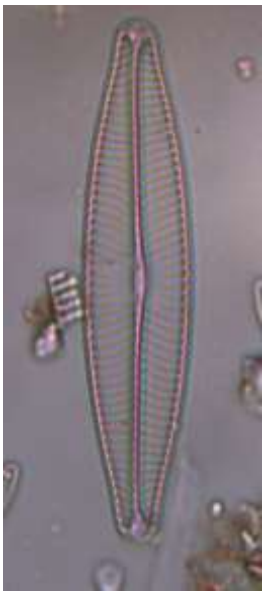
3



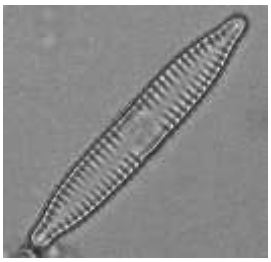
4

5

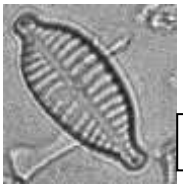
6



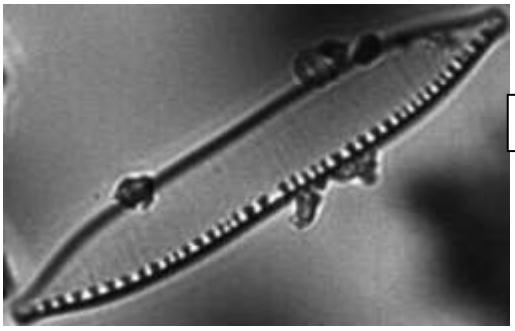
7



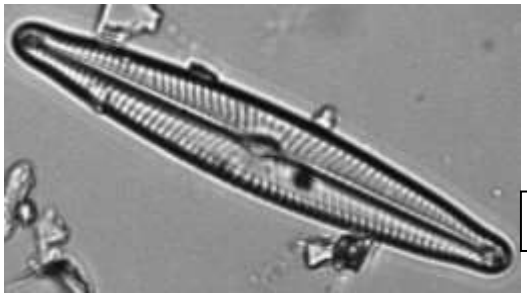
8



9



10



11

ANEXOS 35. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de mayo de 2018. Continuación.

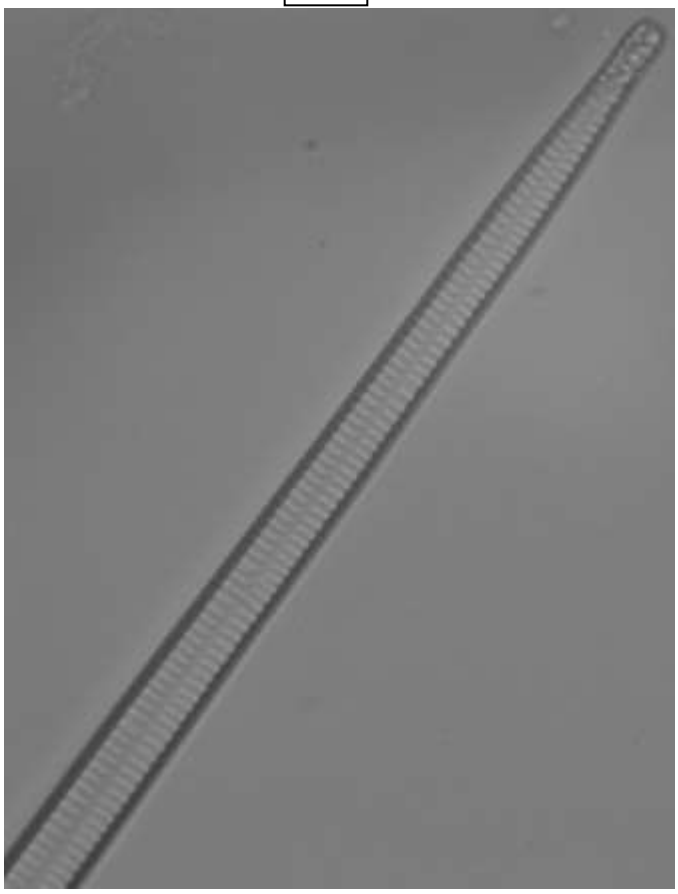
12

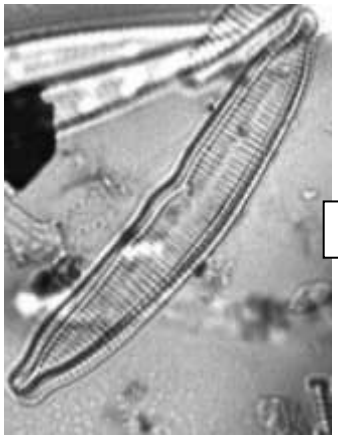
13

14

15

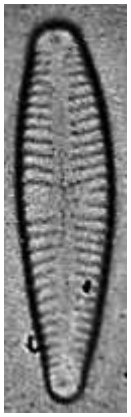
16



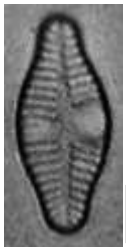


17

18



19

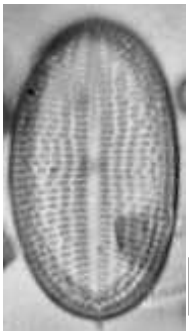


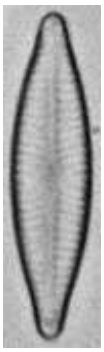
20

21

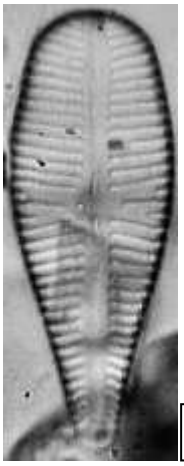
ANEXOS 36. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de mayo de 2018

1

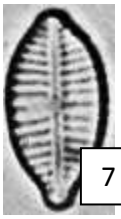

2

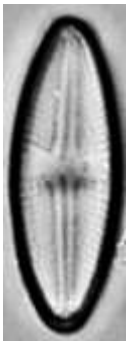

3

4


5

6

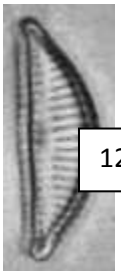

7

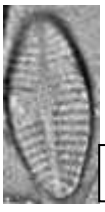

8

9

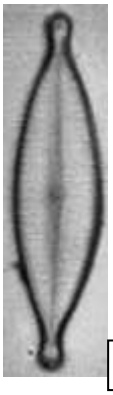
10

11


12


13

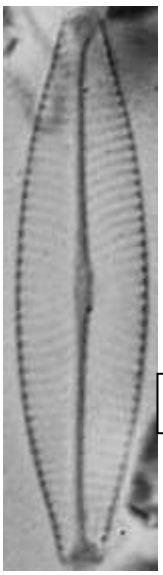
14


15

16

ANEXOS 37. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de mayo de 2018. Continuación.

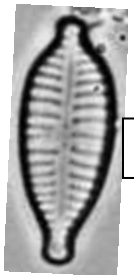
17



18

19

19

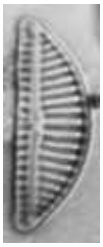


20

21

22

23



24

25

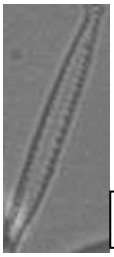
26

27

ANEXOS 38. Diatomeas encontradas en el punto 7 en el mes de mayo de 2018.

1

2

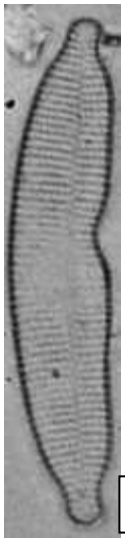

3

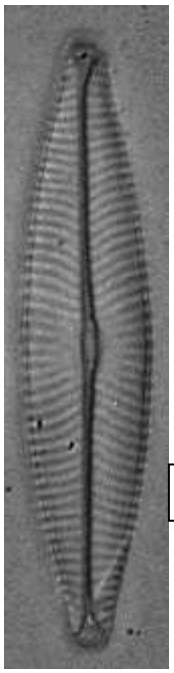
4

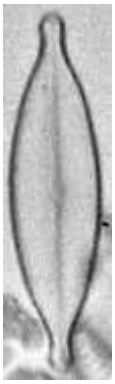
5

6

7

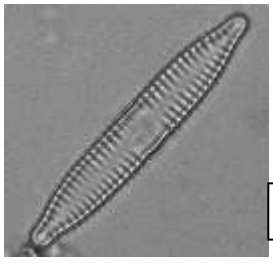

8


9


10

11

12


13

14

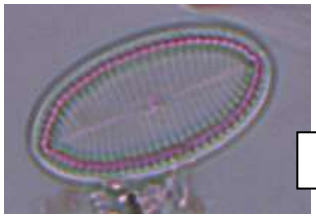
15

16

ANEXOS 39. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el me de mayo de 2018.

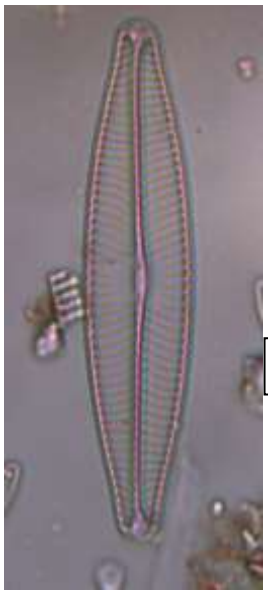
1

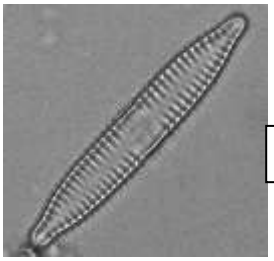
2


3

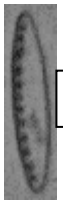
4

5

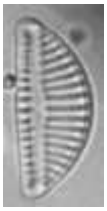

6 7

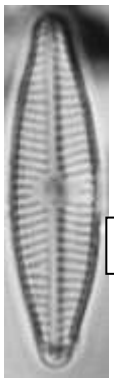

8

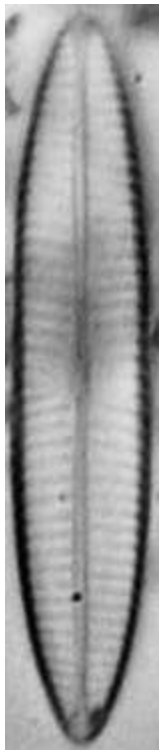
9


10

11


12


13


14

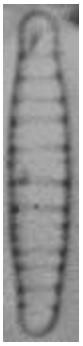
15

16

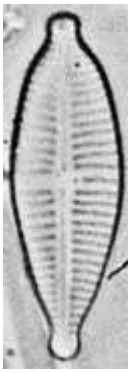
17

18

ANEXOS 40. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de mayo de 2018.

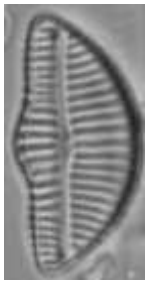

1

2


3

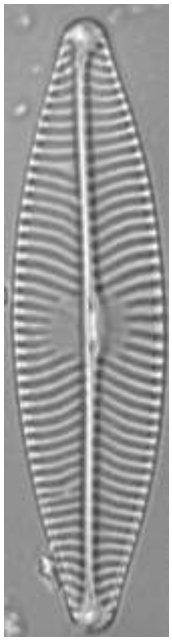
4

5

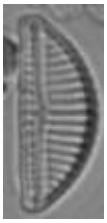

6

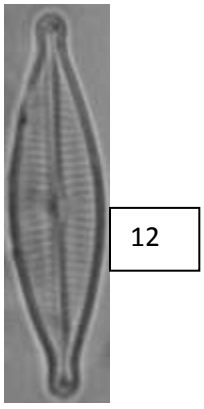
7

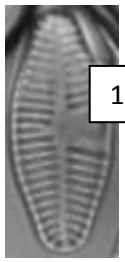
8


9

10

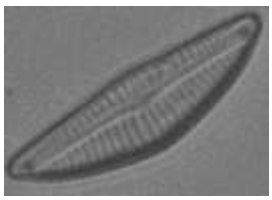

11


12


13

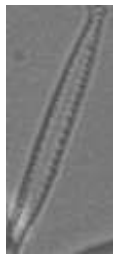
14

15

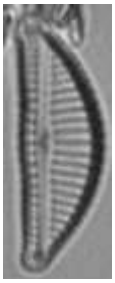

16

17

18


19

ANEXOS 41. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de mayo de 2018. Continuación.



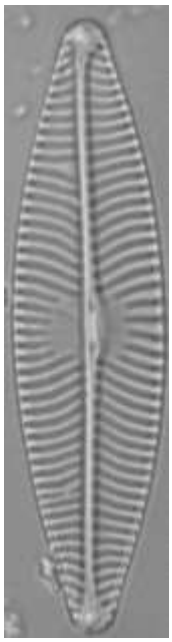
20

21

22

23

ANEXOS 42. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de mayo de 2018.


1

2

3

4

5

6

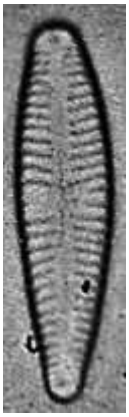
8

9

10

11

7

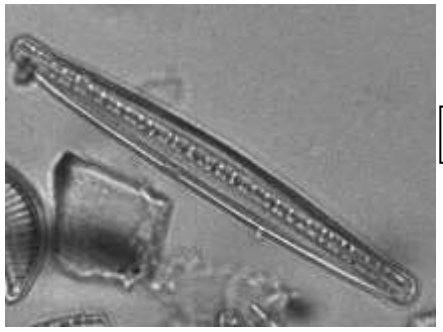

13

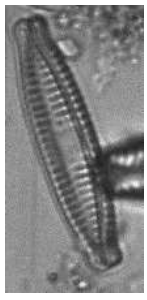
14

15

16

12

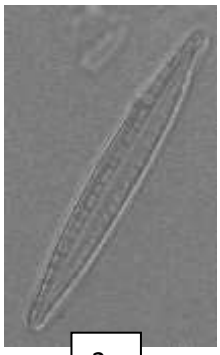

17


18

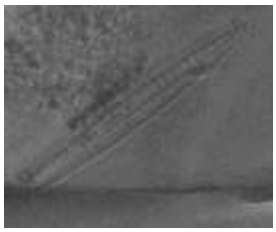
19

ANEXOS 43. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de mayo de 2018.

1



2



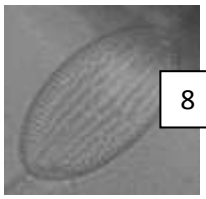
3

4

5

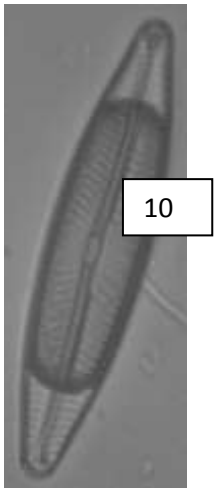
6

7



8

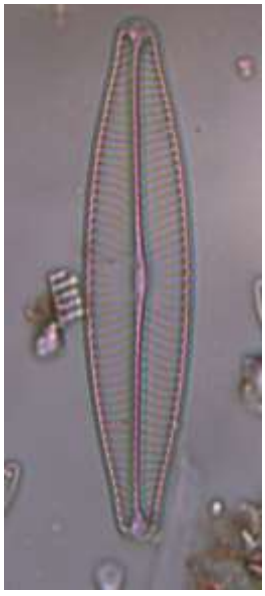
9

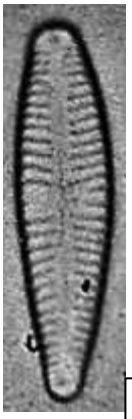


10

11

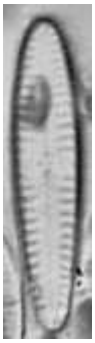
12





13

14



15

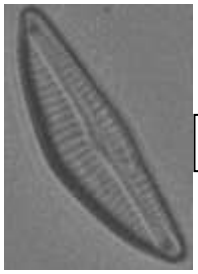
ANEXOS 44. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de mayo de 2018. Continuación.

16

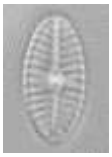
17

18

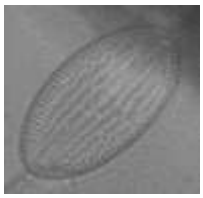
ANEXOS 45. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de mayo de 2018.


1

2


3

4

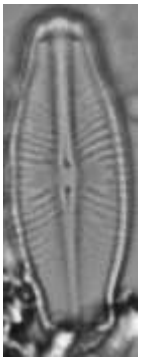

5

6

7

8

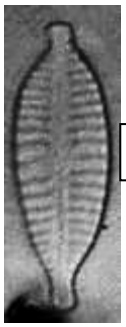
9


10

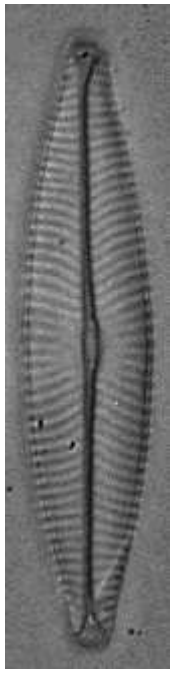
11

12

13


14

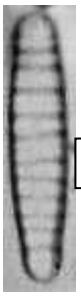
15

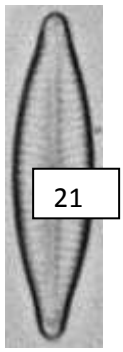

16

17

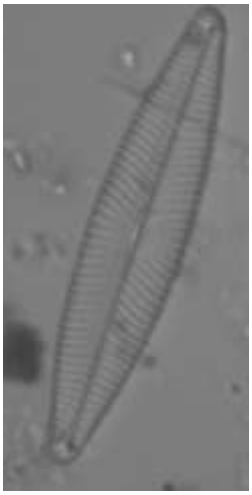
18

19

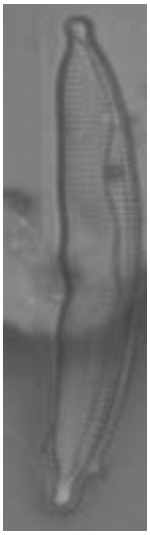

20


21

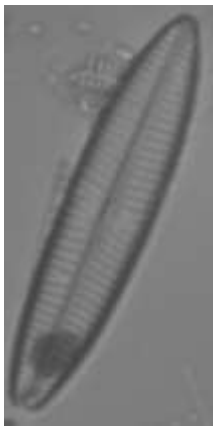
ANEXOS 46. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Junio de 2018.



1



2



3

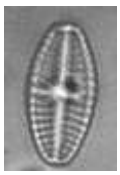
4

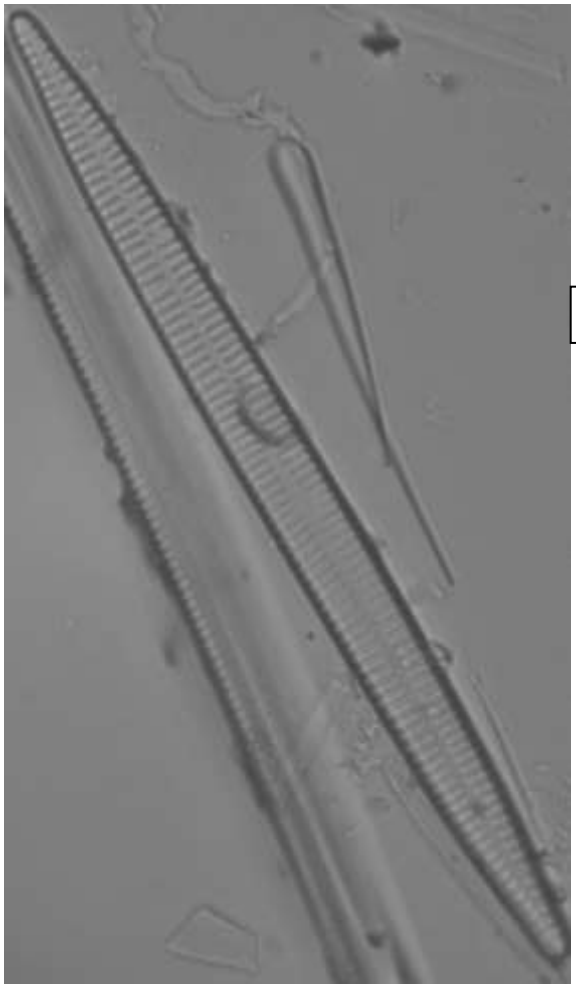
5

6

7

8





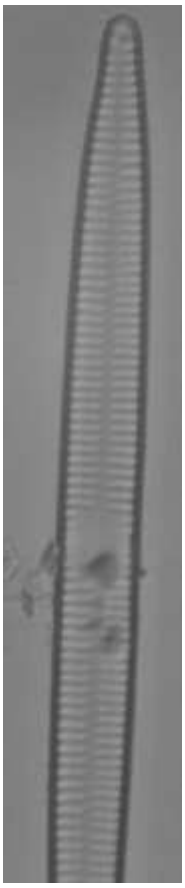
9

10

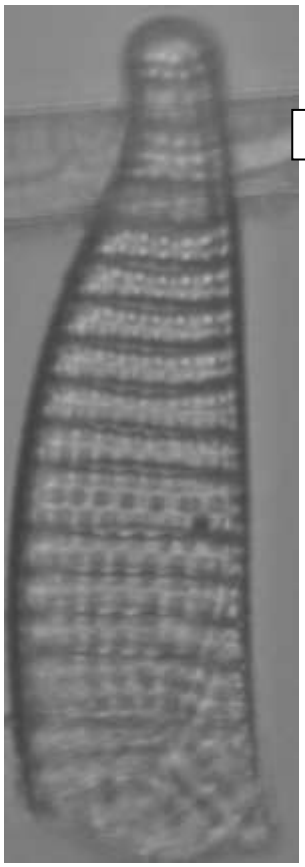
11

12

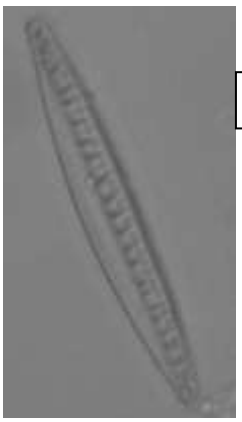
ANEXOS 47. Diatomeas encontradas en el punto 1 en el mes de Junio de 2018. Continuacion.



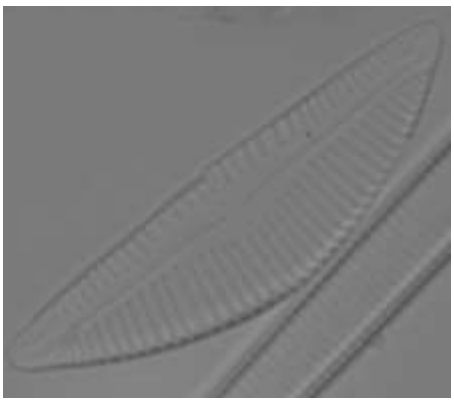
13



14

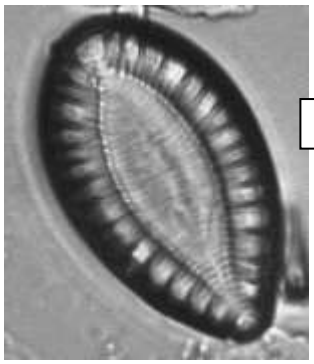


15



16

17



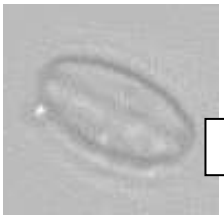
18

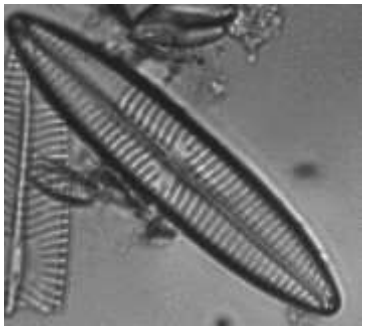
19

20

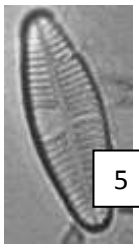
ANEXOS 48. Diatomeas encontradas en el punto 2 en el mes de junio de 2018.

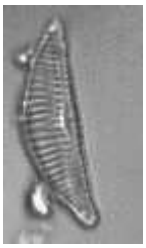
1

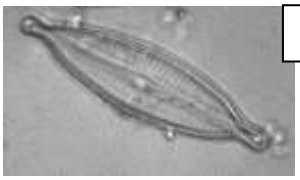

2


3

4

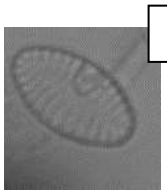

5


6


7

8

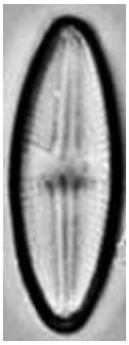
9

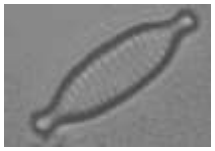

10

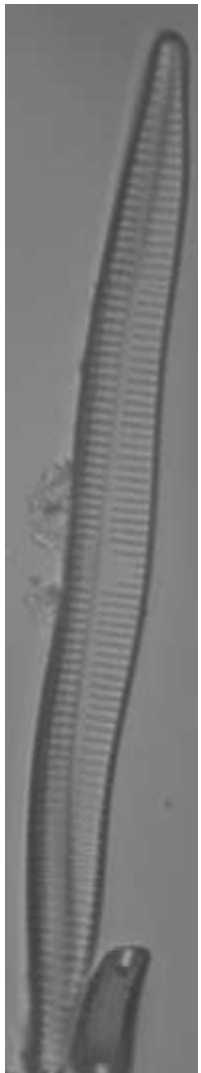
11

12

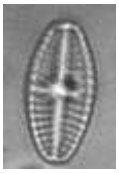
13


14


15


16

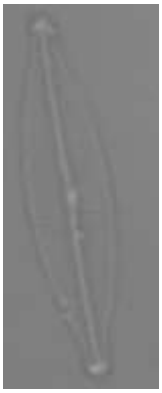
17


18

19

ANEXOS 49. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de junio de 2018.

1



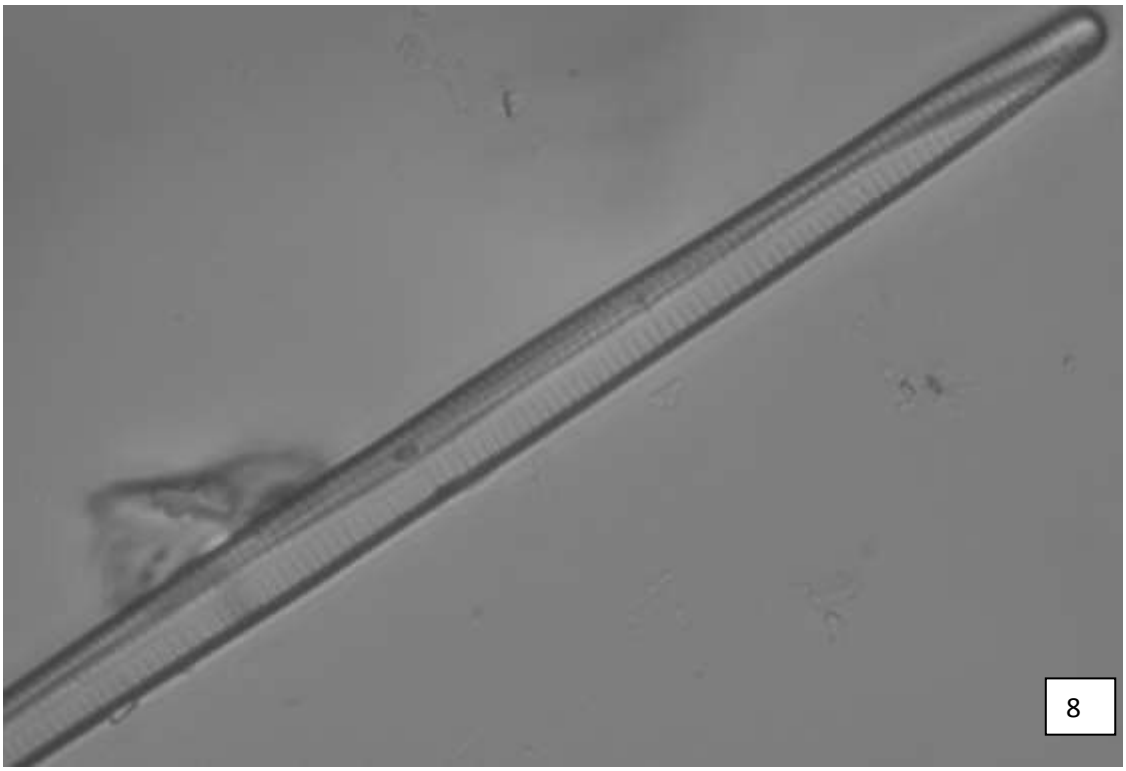
2

3

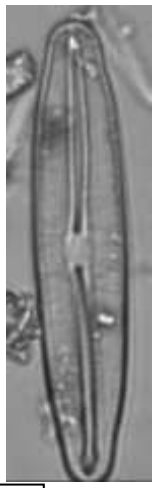
4

5

6

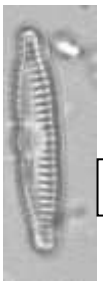


8



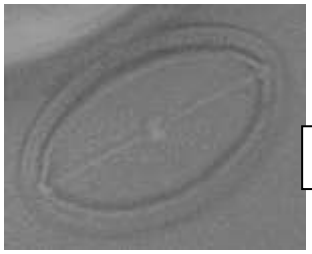
9

7



10

11

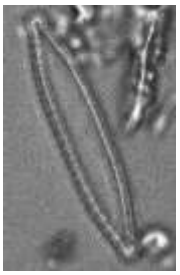


12

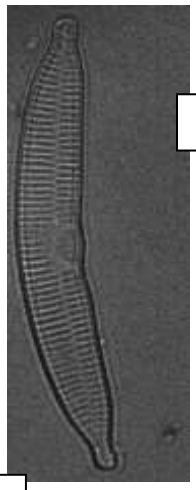
13

14

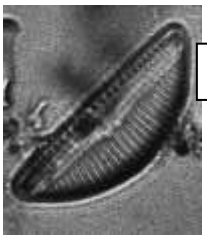
ANEXOS 50. Diatomeas encontradas en el punto 3 en el mes de junio de 2018.Continuación.



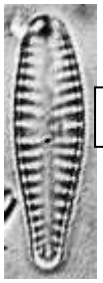
15



16



17

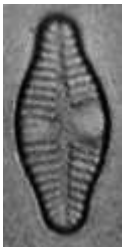


18

19

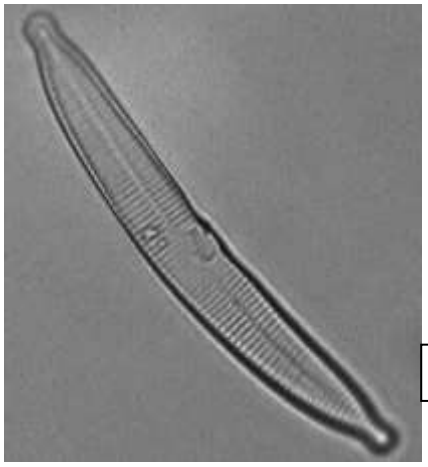
20

21

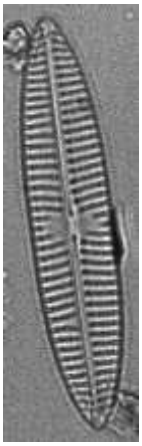


22

ANEXOS 51. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de junio de 2018.

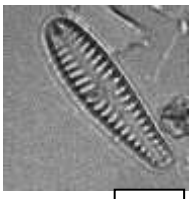


1

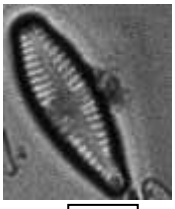


2

3



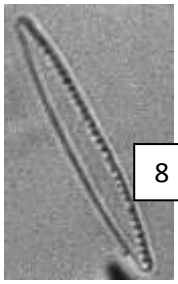
4



5

6

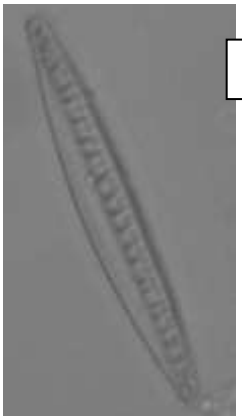
7



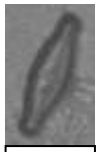
8

9

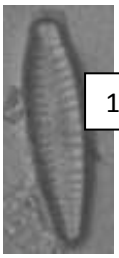
10



11

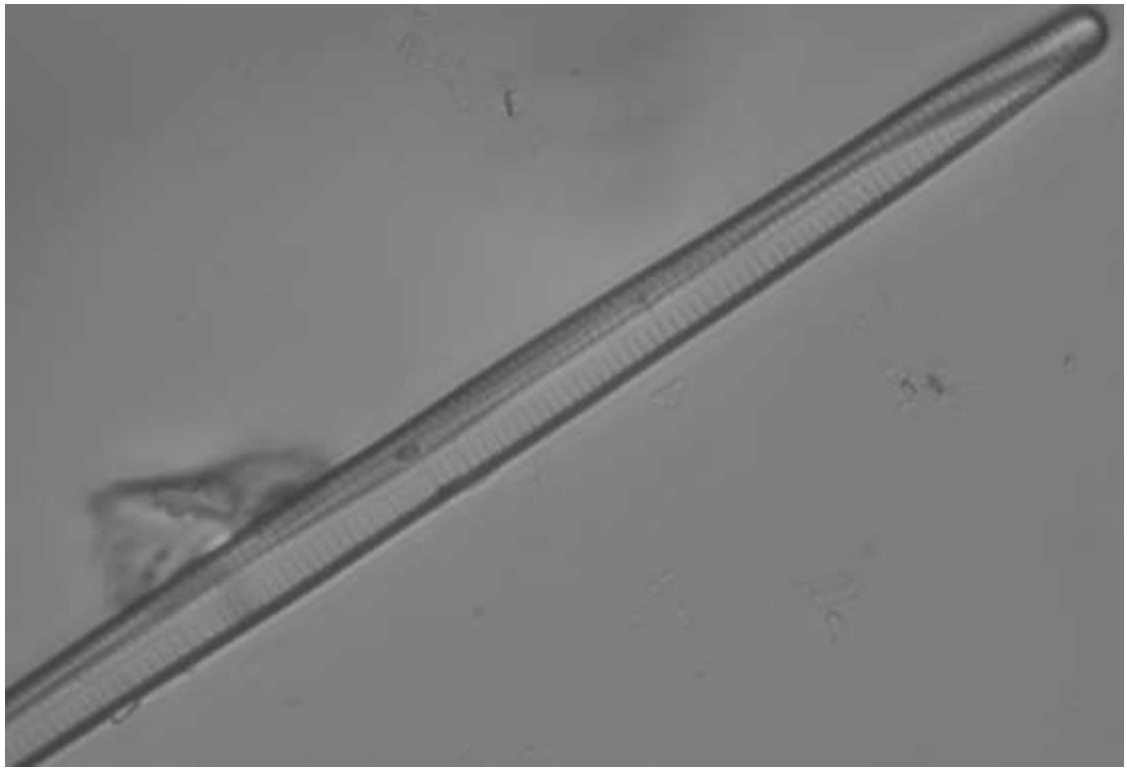


12

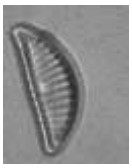


13

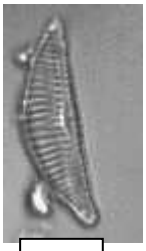
14



ANEXOS 52. Diatomeas encontradas en el punto 4 en el mes de junio de 2018. Continuación.



15

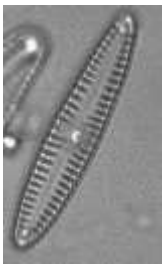


16

17

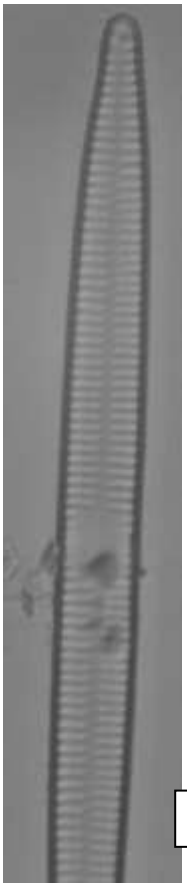
18

19



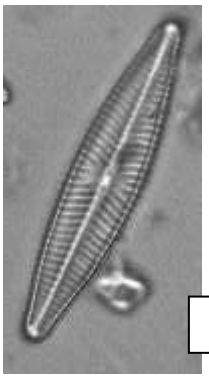
20

ANEXOS 53. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de junio de 2018.

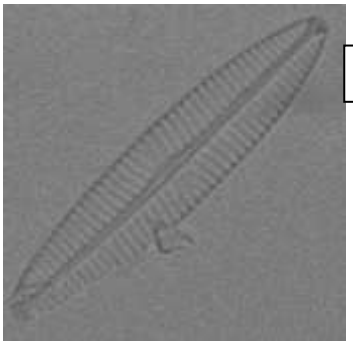

1

2

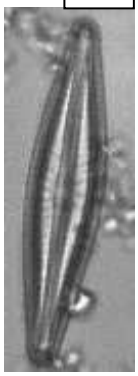
3

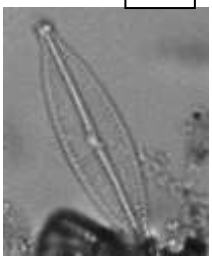

4

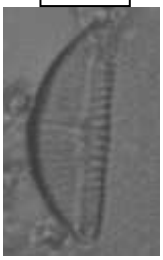
5

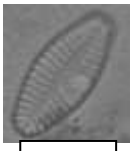

6

7

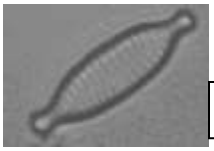

8

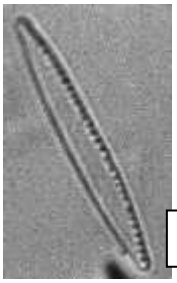

9

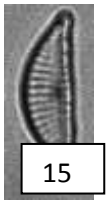

10


11

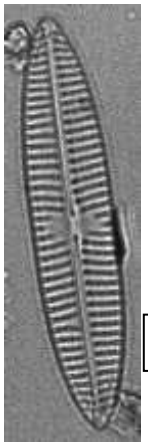
12


13


14

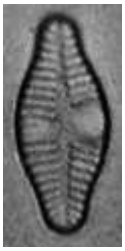

15

16

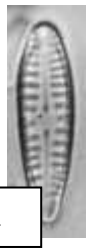

17

18

19


20

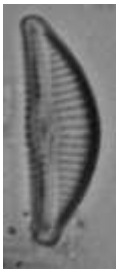
ANEXOS 54. Diatomeas encontradas en el punto 5 en el mes de junio de 2018. Continuación.



21

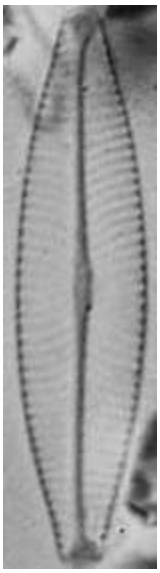
22

23



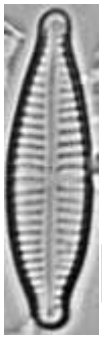
24

ANEXOS 55. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de junio de 2018.


1

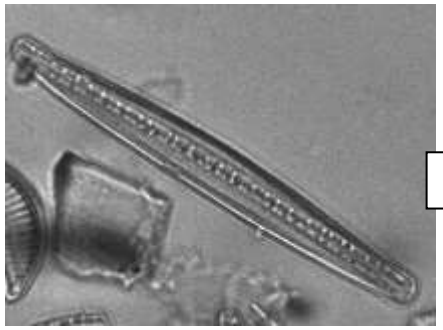
2

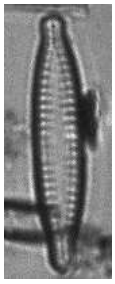
3

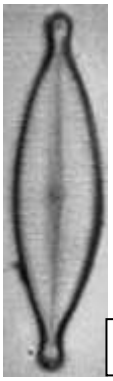

4

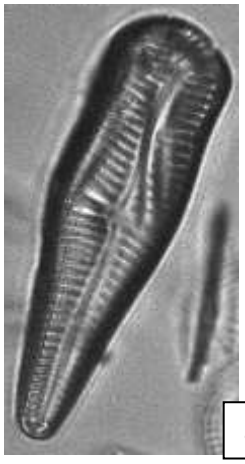
5

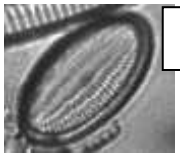
6


9


10

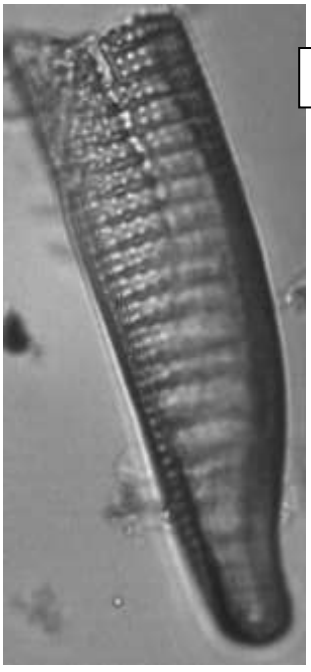

7


8


12

13

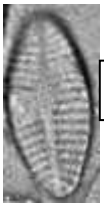
14

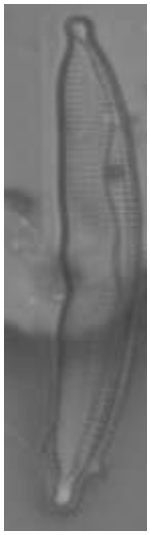

11

15

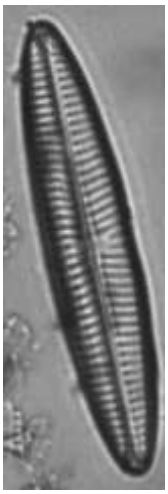
16

17

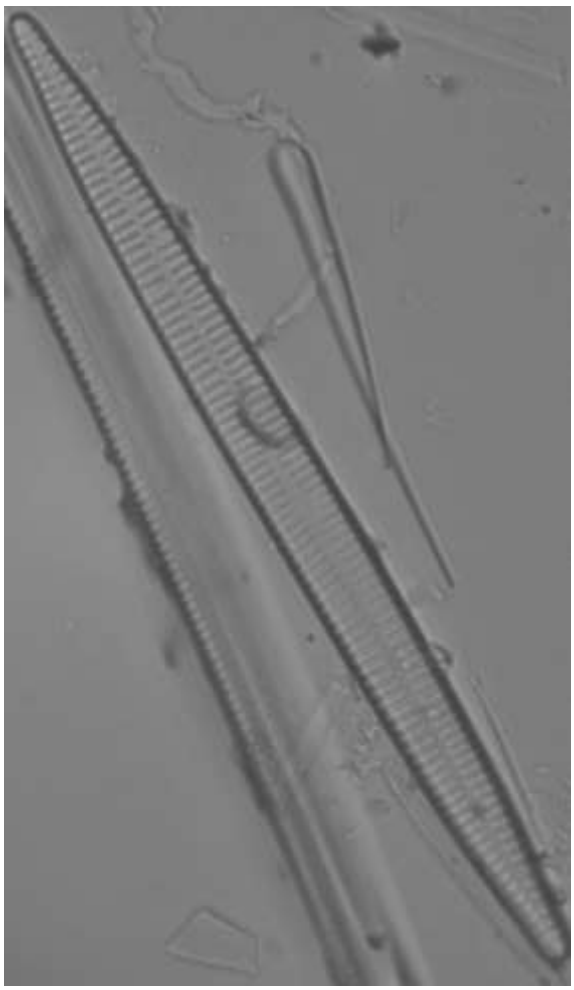

18


19

ANEXOS 56. Diatomeas encontradas en el punto 6 en el mes de junio de 2018. Continuación.

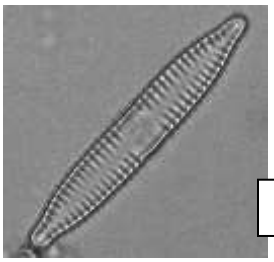


20

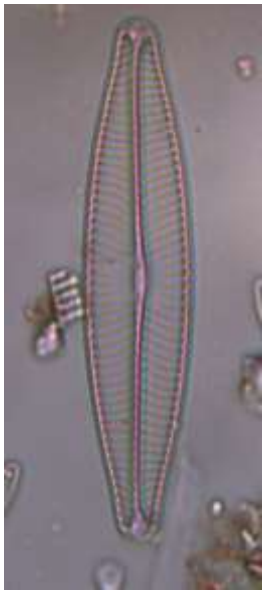


21

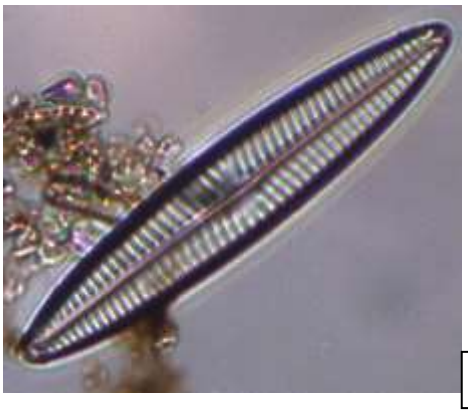
ANEXOS 57. Diatomeas encontradas en el punto 7 en el mes de junio de 2018.


1

2


3

4


5

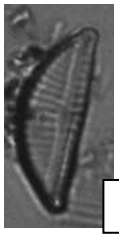
6

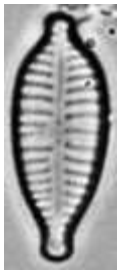
7

8

9

10


11


12

13

14

15

16

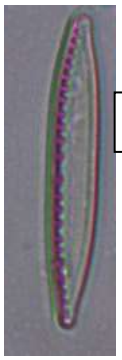
17

18

19

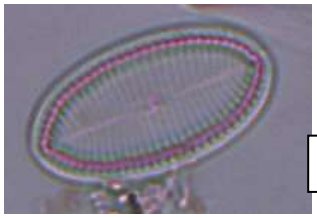
20

ANEXOS 58. Diatomeas encontradas en el punto 8 en el mes de junio de 2018.


1

2

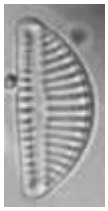
3


4

5

6

7


8

9

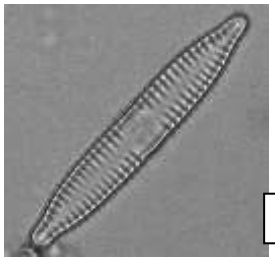
10

11

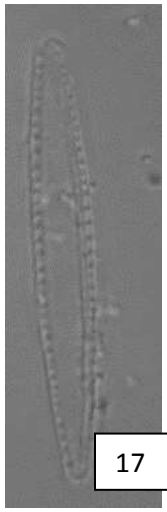
12

13

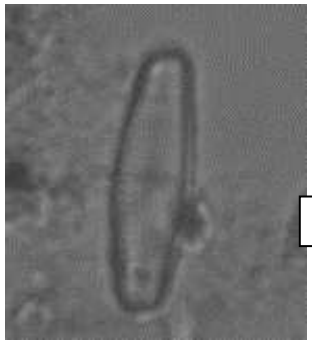
14


15

16


17

18


19

20

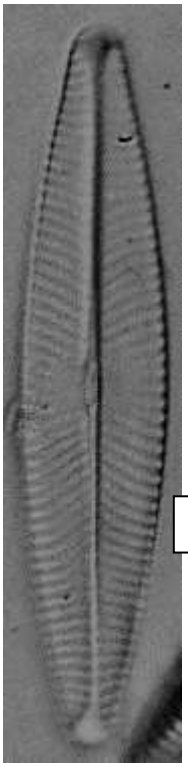
21

ANEXOS 59. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de junio de 2018.

1

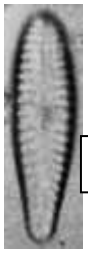
2

3



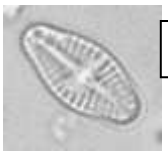
4

5



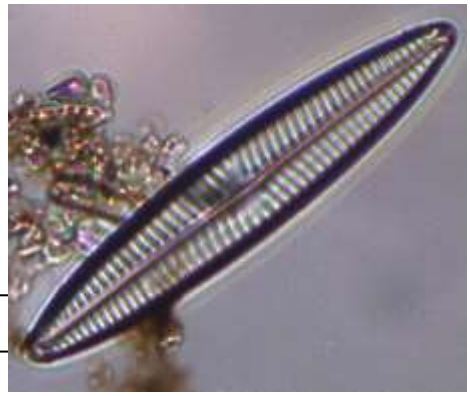
6

7

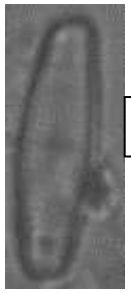


8

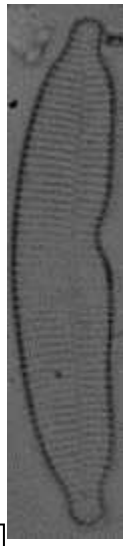
9



10



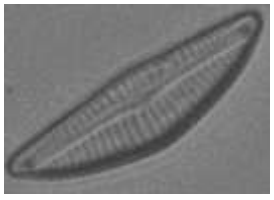
11



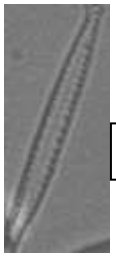
12

13

14

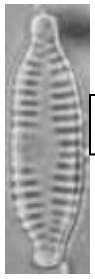


15



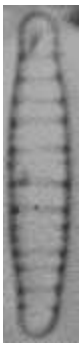
16

17



18

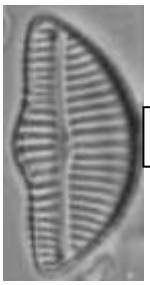
ANEXOS 60. Diatomeas encontradas en el punto 9 en el mes de junio de 2018.



19

20

21

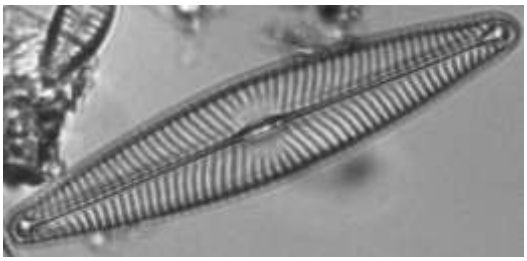


22

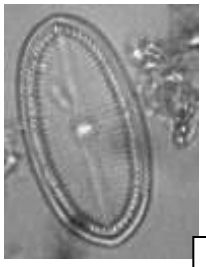
23

24

ANEXOS 61. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de junio de 2018

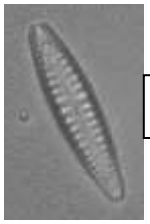

1

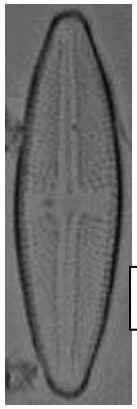
2

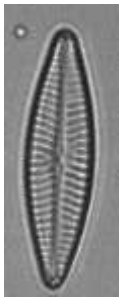

3

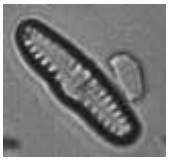
4

5


6


7


8


9

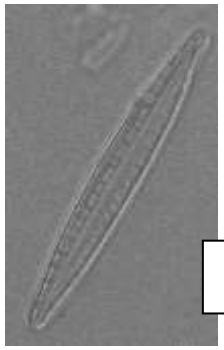
10

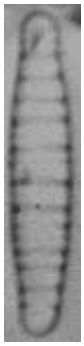
11

12

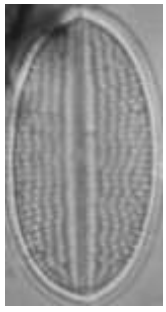
13

14


15

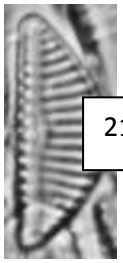

16

17

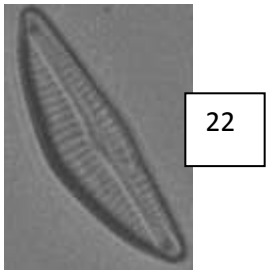

18

19

20

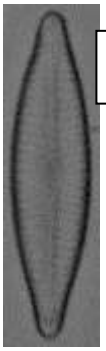

21

ANEXOS 62. Diatomeas encontradas en el punto 10 en el mes de junio de 2018. Continuación.

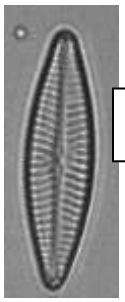


22

23



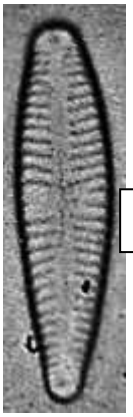
24



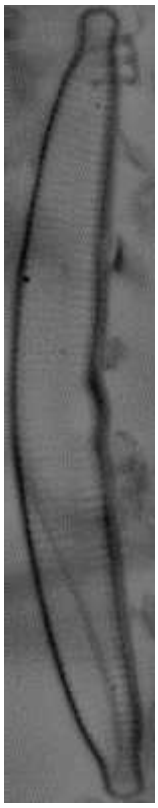
25

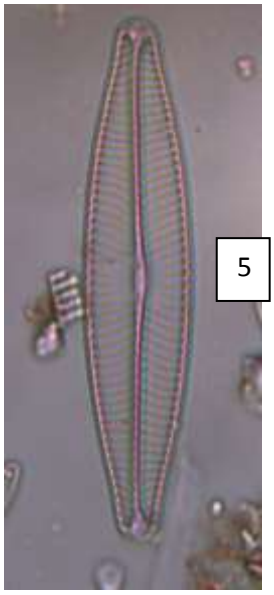
ANEXOS 63. Diatomeas encontradas en el punto 11 en el mes de junio de 2018

1

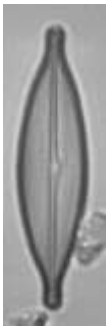

2

3

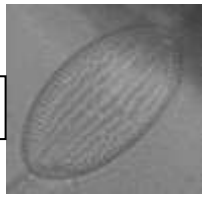

4


5

6

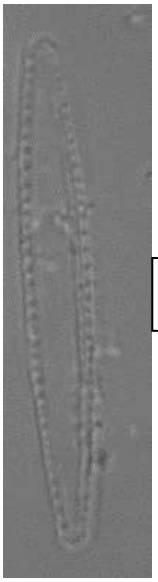

7

8


9

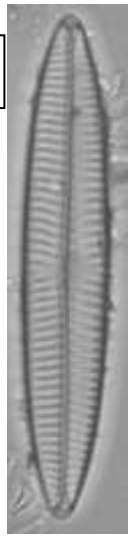
10

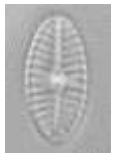
11


12

13

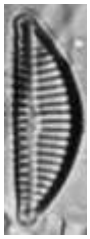
14

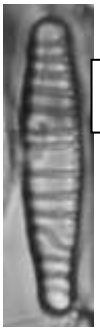

15

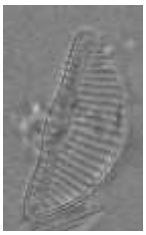

16

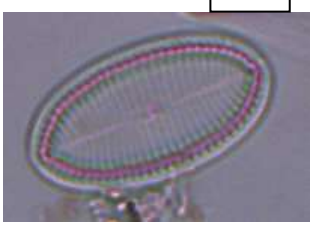
17

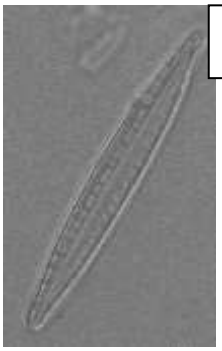
18


19


20

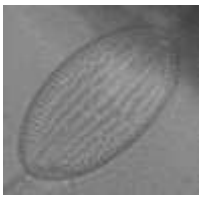

21


22


23

ANEXOS 64. Diatomeas encontradas en el punto 12 en el mes de junio de 2018

1

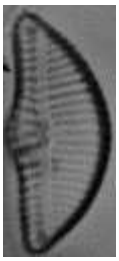

2

3

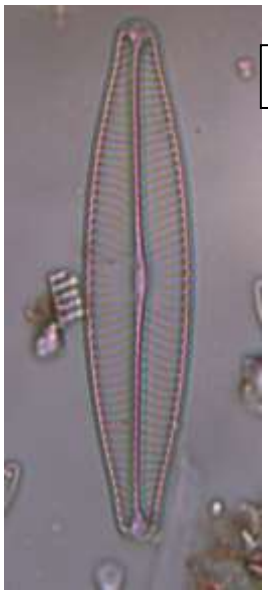
4

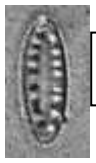
5

6


7

8


9

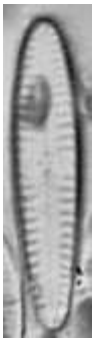

10

11

12

13

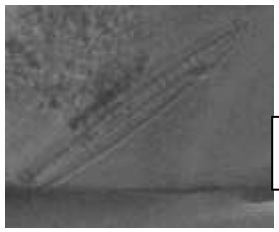
14

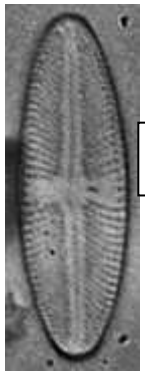

15

16

17

18

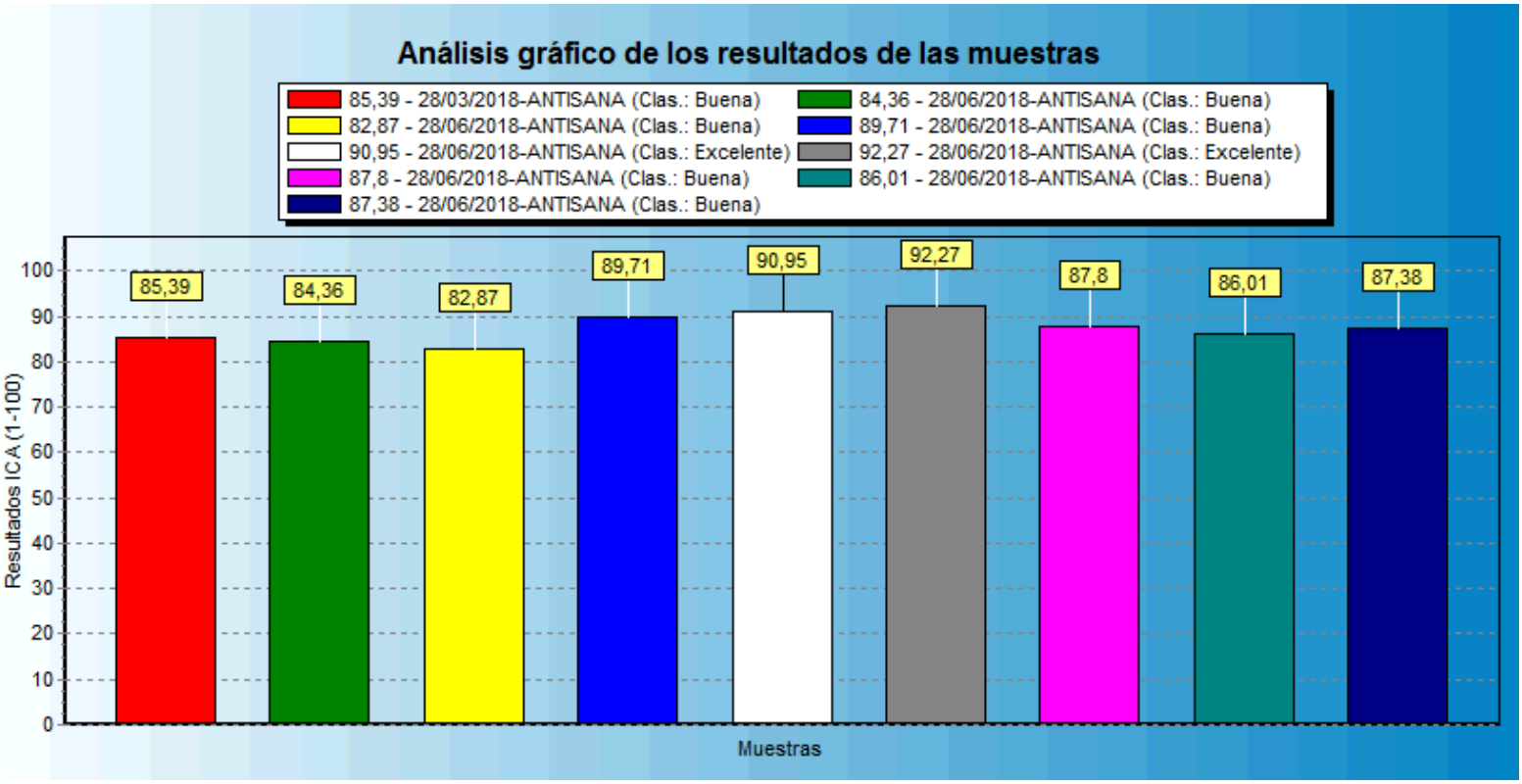

19


20

21

ANEXOS 65. Diatomeas encontadas en el punto 12 en el mes de junio de 2018. Continuación

22

23

ANEXOS 66. Valores de calidad de agua obtenidos de las muestras de agua tomadas de la Reserva Ecológica Antisana en el software IQADATA versión 2015.