Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias
Escuela de Biología

Tesis presentada para optar al grado de Licenciatura en Biología, con énfasis en Ecología y Gestión de Ambientes Acuáticos.

Análisis taxonómico de las principales especies de diatomeas (Bacillariophyceae) en seis sitios en la cuenca del río Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Edwin Céspedes Vargas

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
2014

A mi familia y amigos.

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia por el amor que me han brindado.

A mis amigos por el apoyo en el día a día.

A mis profesores y colegas de la Escuela de Biología, por formar parte fundamental en mi formación como biólogo.

En especial a la profesora Margarita Silva Benavides por introducirme en el tema de las diatomeas, por toda su ayuda en mi proceso de aprendizaje y elaboración de mi proyecto final de graduación.

A la oficina de Becas de la UCR por el apoyo económico, sin el cual no hubiera podido afrontar mis estudios superiores.

A Ditmar Metzeltin, Eduardo Morales y Silvia Sala por sus comentarios y por la literatura facilitada.

Este proyecto de tesis fue aceptado por los miembros tribunal, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ecología y Gestión de Ambientes Acuáticos.

Miembros del Tribunal.

Firma: _____

M. Sc. Gerardo Umaña Villalobos

Director de Tesis.

Firma: _____

M. Sc. Maribelle Vargas Montero.

Lectora.

Firma: _____

Licda. Narcy Villalobos Sandí.

Lectora.

Firma: _____

M.Sc. Ethel Sánchez Chacón

Miembro del tribunal.

Firma: _____

M.Sc. Monika Springer.

Representante del Decanato de la Facultad de Ciencias Básicas.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 13

Marco teórico 13

Justificación 18

Objetivo General 19

Objetivos específicos 19

MATERIALES Y MÉTODOS 20

Sitios de muestreo 20

Colecta y preparación de las muestras 22

Identificación taxonómica 22

Variables fisicoquímicas 23

Análisis Estadístico: 23

RESULTADOS 25

Lista de especies identificadas. 25

Achnanthidium sp. aff. deflexum 25

Achnanthidium exiguum 26

Achnanthidium minutissimum 27

Achnanthidium subhudsonis 29

Amphipleura chiapasensis 31

Amphipleura ampla sp. nov. 32

Capartogramma crucicula 34

Cocconeis placentula 35

Cymbella tumida 38

Cymbella turgidula 40

Diadesmis sp. cf. contenta 41

Encyonema silesiacum 43
Eolimna minima 44
Fragilaria capucina 46
Frustulia sp. aff. saxonica 48
Frustulia vulgaris 49
Gomphonema sp. aff. demerarae 51
Ghomponema mexicanum 52
Gomphonema parvulum 53
Gomphonema lagenula 55
Gomphonema pumilum 57
Gyrosigma (sp. nov?) cf. reimeri 58
Gyrosigma sp. aff. scalproides 58
Luticola goeppertiana 60
Luticola sp. aff. ventricosa 61
Melosira varians 63
Navicula cryptotenella (nov. var?) 64
Navicula rostellata 66
Navicula symmetrica 67
Navicula sp. aff. tenelloides 68
Neidium sp. cf hercynicum 70
Nitzchia sp. (nov?) cf. brevissima? 71
Nitzchia clausii 72
Nitzchia dissipata 73
Nitzchia levidensis 75
Nitzchia palea 76
Nupela praecipua 78

Pinnularia acrosphaeria 80
Pinnularia butantanum 81
Planothidium frequentissimum 82
Planothidium lanceolatum 83
Planothidium salvadorianum 85
Platessa hustedtii 86
Reimeria sinuata 87
Rhoicosphenia abreviata 89
Rhopalodia sp. cf. gibba 91
Sellaphora seminulum 91
Stenopterobia krammeri 93
Stenopterobia sp. (nov?) 94
Surirella davidsonii 94
Surirella linearis sp. var. constricta 95
Surirella linearis var. helvetica 96
Surirella sp. (nov?) 97
Surirella tenera 98
Synedra goulardii 99
Ulnaria ulna 100
Análisis estadístico 102
DISCUSIÓN. 113
CONCLUSIONES. 115
BIBLIOGRAFÍA. 116

LISTA DE CUADROS.

Cuadro 1. Comparación de las dimensiones de las valvas de las diferentes especies de Amphipleura……..33
Cuadro 2. Datos Fisicoquímicos para los seis sitios dentro de la cuenca del Río Sarapiquí…….……103
Cuadro 3. Datos de la Abundancia Relativa para 10 especies de diatomeas en seis sitios dentro de la cuenca del río Sarapiquí……..104
Cuadro 4. Resultados del Análisis de Componentes Principales……106
Cuadro 5. Peso específico para cada una de las variables fisicoquímicas en los primeros dos componentes del PCA…….106
Cuadro 6. Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)……..107
Cuadro 7. Resultados de los valores óptimos y tolerancias (±) calculadas para las 10 especies de diatomeas…….……112

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Dibujo en microscopio de luz……...….14
Figura 2. Patrones básicos de ornamentación…….....16
Figura 3. Diagrama de la reproducción asexual de las diatomeas en vista lateral……...….17
Figura 4. Imagen del área de muestreo en la cuenca del río Sarapiquí……...…..22
Figura 5. Diagrama de distribución del Análisis de Componentes Principales……..108
Figura 6. Dendrograma resultado del análisis Clúster para el promedio de los valores de las variables fisicoquímicas de los sitios…….….109
Figura 7. Diagrama de distribución de las especies por sitios resultado del Análisis de Correspondencias Canónicas…….….110

LISTA DE IMÁGENES

Imágenes 1- 2. Achnanthidium sp. aff deflexum……132
Imagen 3. Achnanthidium exiguum……133
Imágenes 4 – 7 .Achnanthidium minutissimum……..133
Imágenes 8 – 9. Achnanthidium subhudsonis……..…135
Imagen 10. Amphipleura chiapasensis…….....137
Imágenes 11 – 12. Amphipleura ampla sp. nov……...……...136
Imágenes 13 – 14. Capartogramma crucicula……..…138
Imágenes 15 – 18. Cocconeis placentula……139
Imágenes 19 – 20. Cymbella tumida……...141
Imágenes 21 – 23. Cymbella turgidula……..…….142
Imágenes 24 – 26. Diadesmis sp. cf. contenta……143
Imagen 27. Encyonema silesiacum……144
Imagen 28. Eolimna minima……...145
Imágenes 29 – 30. Fragilaria capucina…….....145
Imágenes 31 – 32. Frustulia sp. aff. saxonica……146
Imágenes 33 – 34. Frustulia vulgaris……..148
Imágenes 35 – 36. Gomphonema sp. aff. demerarae……..149
Imágenes 37 – 38. Ghomponema mexicanum……150
Imágenes 39 – 40. Gomphonema parvulum……...151
Imágenes 41 – 42. Gomphonema lagenula…….152
Imágenes 43 – 45. Gomphonema pumilum……153
Imágenes 46 – 47. Gyrosigma (spec. nov.?) cf. reimeri…….154
Imágenes 48 – 50. Gyrosigma sp. aff. scalproides……..155
Imágenes 51 – 54. Luticola goeppertiana……...157
Imágenes 55 – 57. Luticola sp. aff. ventricosa……....159
Imágenes 58 – 60. Melosira varians…….……...160
Imágenes 61- 62. Navicula cryptotenella……....162
Imágenes 63 – 64. Navicula rostellata……163
Imágenes 65 – 67. Navicula symmetrica……164

Imágenes 68 – 69. Navicula sp. aff. tenelloides……..165
Imágenes 70 – 71. Neidium sp. cf. hercynicum……..166
Imágenes 72 – 74. Nitzchia sp. (nov?) cf. brevissima? 167
Imágenes 75 – 77. Nitzchia clausii……169
Imágenes 78 – 79. Nitzchia dissipata…….....170
Imágenes 80 – 81. Nitzchia levidensis……....171
Imágenes 82 – 83. Nitzchia palea…….....172
Imágenes 84 – 86. Nupela praecipua……..173
Imágenes 87 – 88. Pinnularia acrosphaeria…….175
Imágenes 89 – 90. Pinnularia butantanum……..176
Imágenes 91 – 92. Planothidium frequentissimum……177
Imágenes 93 – 96. Planothidium lanceolatum……178
Imagen 97. Planothidium salvadorianum……....180
Imágenes 98 – 99. Platessa hustedtii……...180
Imágenes 100 – 101. Reimeria sinuata…….....181
Imágenes 102 – 104. Rhoicosphenia abreviata……...182
Imágenes 105 – 107. Rhopalodia sp. cf gibba……184
Imágenes 108 – 110. Sellaphora seminulum…….……..185
Imágenes 111 – 113. Stenopterobia krammeri…….……...187
Imágenes 114 – 115. Stenopterobia sp…….……...188
Imagen 116. Surirella davidsonii…….....189
Imágenes 117 – 119. Surirella linearis var. constricta……190
Imágenes 120 – 122. Surirella linearis var. helvetica…….191
Imágenes 123 – 126. Surirella sp. (nov?)……193
Imágenes 127 – 130. Surirella tenera……..195
Imágenes 131 – 133. Synedra goulardii…….…….197
Imágenes 134 – 137. Ulnaria ulna……...198
Imágenes 138. A. sp aff. deflexum y A. subhudsonis…….200

RESUMEN

En Costa Rica las diatomeas han sido poco estudiadas desde un punto de vista ecológico y taxonómico. En el presente estudio se analizan las comunidades existentes en seis sitios dentro de la cuenca del río Sarapiquí. Tres de los sitios se localizaron directamente en el cauce del río Sarapiquí, mientras los otros tres se ubicaron en los ríos Volcán, San Ramón y Tirimbina.

En el presente trabajo se identificó un total de 55 especies, de las cuales 41 fueron identificadas a nivel de especie, nueve morfoespecies con afinidad o forma similar a una especie anteriormente descrita y cinco especies que se presumen como nuevas especies.

La ultra estructura de las valvas de estas especies fue analizada bajo el Microscopio Electrónico de Barrido. Además se brinda la información sobre biogeografía y ecología de las especies, ubicada en la literatura. La estructura fina de las diatomeas debe ser previamente analizada en cualquier estudio ecológico para determinar adecuadamente la identidad de las especies y así no cometer errores de interpretación.

Se obtuvieron datos ecológicos para las especies Achnanthidium exiguum, Coconneis placentula, Cymbella tumida, Luticola goeppertiana, Luticola ventricosa, Navicula symmetrica, Nitzchia clausii, Nupela praecipua, Reimeria sinuata y Synedra goulardi. Estas especies llegaron a ser dominantes o muy constantes a lo largo de todo el periodo de muestreo.

INTRODUCCIÓN

***Marco teórico*:** Las algas conforman un grupo taxonómico poli filético, con una colección de divisiones o phylas que presentan características comunes, como sus pigmentos fotosintéticos y sustancias de reserva (Fritsch 1971, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008). Además, carecen de una cobertura de células que cubre las células reproductivas (Lee 2008). Bacillariophyceae, comúnmente llamado diatomeas (Fig. 1), es una clase de microalgas que pertenece a la división Heterokontophyta (Lee 2008).

Las diatomeas se encuentran en la mayoría de los medios acuáticos, ya sea agua dulce, marina o salobre (Fritsch 1971, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008). Se presentan como formas de vida libre fotosintéticas, heterótrofas o simbiontes fotosintéticos (Lee 2008). Se pueden encontrar en el plancton o como perifiton, adheridas sobre rocas o plantas acuáticas (Fritsch 1971, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008).

Participan en las cadenas tróficas como productoras primarias, producen materia orgánica y oxígeno a partir de la luz solar, dióxido de carbono y agua (Fritsch 1971, Lee 2008). Son los principales productores de oxígeno en algunos ambientes y pueden constituir el grupo dominante en la flora microscópica dentro de un ecosistema y son los principales productores primarios del planeta (Fritsch 1971, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008). Su rápida respuesta a cambios en el ambiente las convierte en excelentes bioindicadores de la calidad de agua (Coste *et al*. 2009, Beyene *et al*. 2009, Feio *et al*. 2009, Besse-Lototskaya *et al*. 2010).

Probablemente evolucionaron de un ancestro miembro del grupo Crysophyceae o Bolidophyceae. Sus primeros registros fósiles datan del Periodo Jurásico hace 185 m.a., aunque fueron más comunes en el Cretácico medio; debido que la mayoría de depósitos de diatomita se reportan en este periodo de tiempo (Lee 2008). En Costa Rica, se encuentran yacimientos de diatomitas que datan del Pleistoceno (Gómez 1992, Chávez & Haberyan 1996) y se presume fueron originados en lagos que se formaron por la inundación de las cuencas (Gómez 1992). Una evidencia de estos eventos, lo constituyen los depósitos de diatomita presentes en Guanacaste, están compuestos por especies bentónicas y planctónicas de agua dulce (Salas 1990, Chávez & Haberyan 1996).

Generalmente poseen dos cloroplastos (Fig. 1) parietales o varios en forma discoidal (Fritsch 1971), con los tilacoides agrupados en pilas de tres (Wehr & Sheath 2003, Lee 2008), contienen principalmente clorofila *a*, c_1 y c_2, su principal carotenoide es la fucoxantina, responsable de la coloración dorada-café de las células (Lee 2008). Los cloroplastos están rodeados por cuatro membranas, las cuales son residuos de la endosimbiosis secundaria ocurrida en sus ancestros. (Bhattacharya & Medlin 1998, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008).

Estos organismos contienen vacuolas (Fig. 1) donde almacenan su principal material de reserva, la chrysolaminarina (Wehr & Sheath 2003, Lee 2008) y gotas de aceite (Fritsch 1971). Las vacuolas pueden ayudar a la flotabilidad y osmoregulación de la célula (Lee 2008). El núcleo se encuentra por lo general en la zona media de la célula en contacto con los cloroplastos (Fritsch 1971).

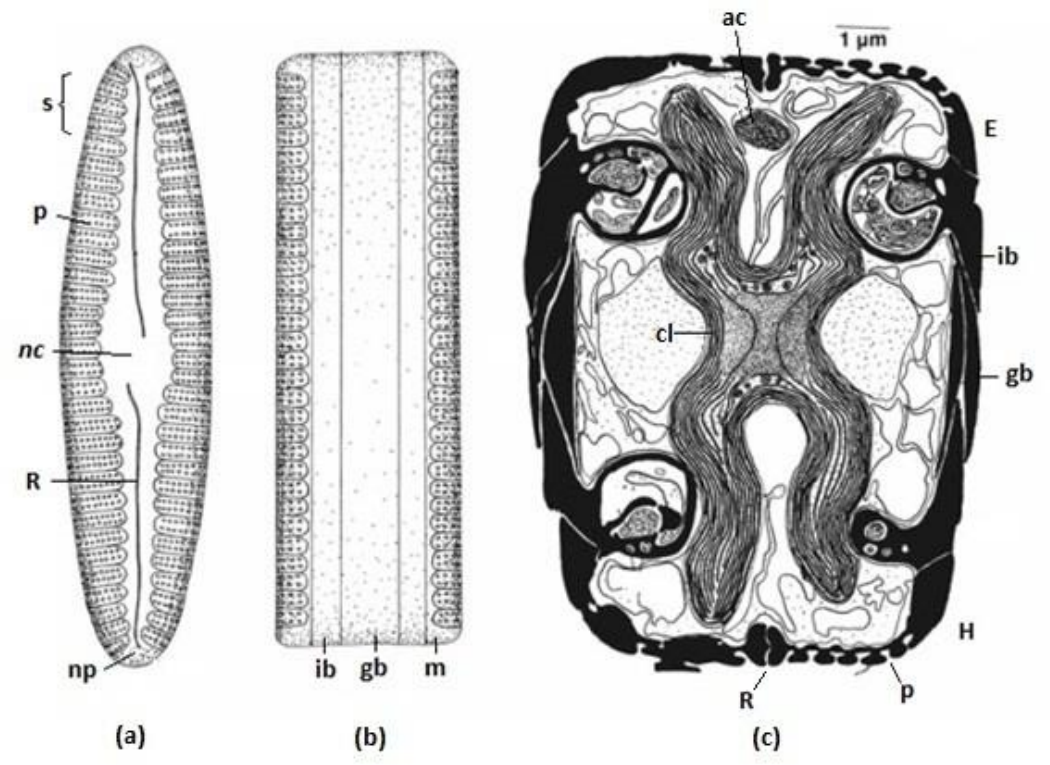


Figura 1. Dibujo en microscopio de luz, vista frontal (a) y lateral (b). Dibujo de una sección transversal en microscopía electrónica de transmisión. Aceite (ac), cloroplasto (cl), epiteca (E), bandas anilladas (gb), hipoteca (H), bandas intercaladas (ib), manto (m), nódulo central (nc), nódulo polar (np), poro (p), rafe (R), estrías (s). Tomado de Stoermer (et al. 1965 in Lee 2008).

La principal característica de las diatomeas es la pared celular rígida compuesta de dióxido de sílice (SiO_2) o silica (Lee 2008), que rodea la célula en forma de una caja de Petri, llamada frústula (Fig. 1 a, b) (Fritsch 1971). Esta se forma por dos mitades: la exterior (epiteca) y la interior (hipoteca), cada una está compuesta por dos mitades llamadas valvas. La parte apreciable de la valva que se encuentra doblada hacia el interior se llama manto o chaqueta de la valva. Las valvas constituyen un plato plano que se unen en los bordes por medio de las bandas de conexión. Las bandas de conexión principales son llamadas bandas anilladas, otras son las bandas intercaladas, las cuales se intercalan con las principales; son muy comunes en las especies centrales (Fritsch 1971). Las bandas cuentan con una capa de pectina que las mantiene unidas (Lee 2008).

La formación de la frústula se lleva a cabo por medio de vesículas provenientes del aparato de Golgi (Wehr & Sheath 2003, Lee 2008), cargadas de hidratos amorfos de sílice, molécula que puede contener trazas de metales como aluminio, magnesio, hierro y titanio (Lee 2008). Se depositan en el exterior de la pared celular en forma de pequeñas esferas de un diámetro entre 30 a 50 nm y forman un patrón determinado de ornamentación (Lee 2008). Estos patrones son específicos para cada especie y genéticamente determinados (Wetherbee 2002).

La ornamentación pueden dividirse en cuatro patrones básicos (Fig. 2) (a) céntrico o radial, con un punto central; (b) trelisoide, donde la estructura se ordena uniformemente sin un punto de referencia; (c) gonoide, donde la estructura es dominada por ángulos y (d) pennada, donde la estructura se acomoda simétricamente a lo largo de un costado o la línea central (Lee 2008).

Algunas diatomeas pennadas presentan un sistema de rafe (Fig. 1) el cual consiste en una hendidura longitudinal en la frústula, que se encuentra separado en el medio por el nódulo central, y tiene en cada extremo un nódulo polar (Lee 2008). Este sistema les permite una mayor movilidad a las especies que los poseen (Fritsch 1971, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008). Las especies pennadas que no cuentan con un sistema de rafe, se dice que cuentan con un pseudorafe (Fritsch 1971). Otro tipo de perforaciones en la pared celular son los poros o las formas más complejas se llaman lóculos y areolas. Los poros o lóculos forman las filas llamadas estrías (Fritsch 1971).

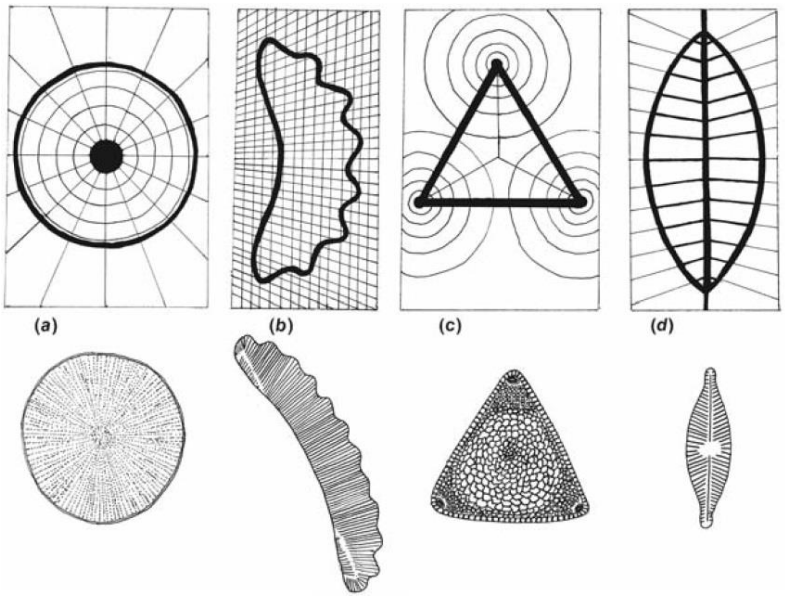


Figura 2. Patrones básicos de ornamentación, a. Radial, b. Trelisoide, c. Gonoide, d. Pennada. Tomado de Lee (2008).

Los poros están reforzados por unas estructuras llamadas costillas o costas (Lee 2008). A los extremos de los poros se encuentra una membrana en forma de tamiz llamada membrana del poro o velo; esta regula la entrada y salida de sustancias (Lee 2008). Presentan además algunos poros especiales encargados de secretar mucus para adherirse al sustrato o para la conformación de colonias (Wehr & Sheath 2003, Lee 2008).

La superficie de la valva puede tener extensiones, las cuales sirven para unirse en colonias o mantener la flotabilidad en la columna de agua (Fritsch 1971). Estos presentan diferentes nombres como cuernos, de forma alargada y puntiaguda, espinas, similares a los cuernos pero más pequeñas, y setas las cuales son procesos muy largos y huecos (Lee 2008)

La manera más frecuente de reproducción en las diatomeas es asexual donde se divide la célula en dos, provocado por la separación de las valvas. Las valvas de la célula madre pasan a ser la epiteca en las hijas y luego se forma la nueva hipoteca (Fig. 3). Como resultado, el tamaño de las células hijas se reduce gradualmente hasta alcanzar el tamaño mínimo de la especie. (Fritsch 1971, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008)

Alcanzado este tamaño y con una combinación adecuada de factores ambientales las células pueden optar por dos mecanismos para retornar a su tamaño original. Una opción son las células o esporas de descanso, las cuales son estructuras de resistencia que dan

origen a un par de células hijas de mayor tamaño que la célula madre. Estas células por medio de fisión binaria dan origen a una auxospora, donde se restablece el tamaño de la célula. Este es el método más común para restablecer el tamaño de la especie. (Fritsch 1971, Wehr & Sheath 2003, Lee 2008)

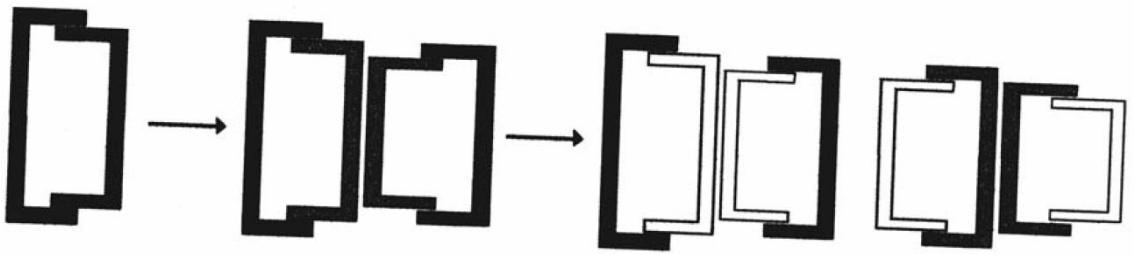


Figura 3. Diagrama de la reproducción asexual de las diatomeas en vista lateral, nótese la reducción de tamaño. Tomado de Lee (2008).

La otra opción es la formación de una auxospora por medio de dos gametos (Fritsch 1971, Lee 2008). Esto suele suceder en dos casos particulares, ya sea cuando se ha alcanzado del 30 a 40% del tamaño máximo de la especie o cuando se presentan las características ambientales óptimas (Lee 2008).

En América se han realizado importantes investigaciones sobre las comunidades de diatomeas, su identificación taxonómica y sus aplicaciones como bioindicadoras, además de obtener conocimiento sobre su ecología (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007, Potapova & Charles 2007, Sala *et al.* 2008, Silver *et al.* 2005, Vouilloud *et al.* 2010, Tudesque *et al.* 2012). Pero el tamaño del continente es tal, que se presume, aún falta mucho por descubrir (Tudesque *et al.* 2012). La mayoría de los estudios realizados en EE. UU. se basan en el uso de las diatomeas como bioindicadoras de calidad, ya que el territorio comparte características medioambientales similares a las de Europa, donde fueron desarrollados algunos índices; por esta razón la aplicabilidad de los índices europeos no es significativamente afectada como sucede en los trópicos (Silver *et al.* 2005).

Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007) en sus trabajos taxonómicos elaborados para Suramérica, los cuales incluyen descripciones de especies nuevas encontradas en Costa Rica (descritas en Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), instan a la búsqueda de nuevas especies tropicales y al estudio de su ecología. En Costa Rica se ha estudiado el uso

de las diatomeas como bioindicadoras (Silva-Benavides 1996b, 1998, Michels 1996, 1998 a, b, Michels *et al.* 2006, Nunn 1999) y los resultados demuestran que la falta de conocimiento sobre las especies tropicales genera un problema al momento de intentar aplicar los índices desarrollados en Europa (Michels 1996, 1998 a, b).

Otros trabajos se han enfocado en las diatomeas desde un punto de vista más ecológico y descriptivo de las especies (Phillips 1987, Silva-Benavides 1994, 1996a, Michels 1996, Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001, Michels-Estrada 2003, Silva-Benavides *et al*. 2008). En pocas ocasiones se ha utilizado la microscopia electrónica para su identificación (Silva-Benavides 1994, 1996a, Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), lo que genera problemas sobre la identidad de algunas especies, condición que puede afectar la aplicabilidad de los índices de calidad (Michels 1998 a, b).

***Justificación*:** El conocimiento de las diatomeas en los trópicos es escaso, especialmente en la zona Centroamericana (Michels 1996). Por este motivo, el presente estudio pretende contribuir al conocimiento de la taxonomía y ecología de las diatomeas presentes en un país tropical como es Costa Rica, específicamente en la Vertiente Caribe, la cual presenta altos niveles de precipitación. También se espera que el conocimiento generado pueda ser utilizado como una herramienta en la elaboración de una línea base para el futuro biomonitoreo del río Sarapiquí.

Varios de los trabajos realizados en Costa Rica (Michels 1996, Nunn 1999, Michels-Estrada 2003) fueron escritos en el idioma alemán, por lo tanto la información a continuación se brindara en idioma español para una mayor accesibilidad y fácil comprensión.

Además las diatomeas son excelentes indicadoras de calidad de agua y muy utilizadas por la biotecnología. Por lo tanto una apropiada identificación y mejor comprencion de su ecología son cruciales para la optimización y desarrollo de estas.

***Objetivo General*:** Identificar taxonómicamente las diatomeas presentes en los cuerpos de agua en seis sitios de la cuenca del río Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Objetivos específicos:

- Describir taxonómicamente a nivel de especie de ser posible, las diatomeas colectadas en seis sitios de la cuenca del río Sarapiquí.
- Determinar posibles diferencias en la abundancia y diversidad de las especies a lo largo del periodo de muestreo.
- Relacionar la abundancia de las especies con las características físicas (temperatura, alcalinidad, conductividad, sedimentos totales y turbidez) de los sitios de muestreo.
- Relacionar la abundancia de las especies con las características químicas (oxígeno disuelto y pH) de los sitios de muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron colectadas los días 1 y 2 de octubre del 2010; 8 y 9 de abril del 2011; 28 y 29 de julio del 2011; 11y 12 de noviembre del 2011; 1 y 2 de junio del 2012, como parte del Proyecto de Investigación 808-A9-230: ¨***Efectos y recuperación en las comunidades acuáticas en la cuenca del río Sarapiquí frente al terremoto de Cinchona, Heredia-Alajuela Costa Rica***¨ a cargo del Investigador Msc. Gerardo Umaña.

***Sitios de muestreo*:** El río Sarapiquí nace en las faldas del volcán Barva, en el Parque Nacional Braulio Carrillo, a una altura aproximada de 1650 msnm y corre dirección norte hasta desembocar en el río San Juan a 17 msnm. Los sitios muestreados se encuentran en el ámbito de altura de 700 msnm a 180 msnm, lo que equivale a la cuenca media-baja (Fig. 4). La cuenca ha sido explotada con fines agrícolas, por lo tanto se han degradado en gran manera los ecosistemas naturales.

El área de estudio presenta un promedio de precipitación anual de 4000 mm a 5000 mm, con un promedio de 250 días a 300 días con lluvias. La temperatura oscila anualmente entre los 14°-26° C. El promedio anual de brillo solar es de 5 a < 3 horas al día y presenta una evaporación anual que oscila entre los 1000 mm a 1200 mm anuales (IMN-Costa Rica 2009).

Se localizaron tres puntos en el cauce del río Sarapiquí (Fig. 4). El primero estuvo a la altura de Colonia del Socorro a 700 msnm, 10°15`27``N 84°10`13``W (Sar.1) El segundo punto se ubicó cerca de la localidad de San Miguel de Sarapiquí a 380 msnm, 10°19`38``N 84°10`14``W (Sar.2) El tercero se dispuso en la entrada a la Reserva La Tirimbina en la Virgen de Sarapiquí a 162 msnm, 10°24`56``N 84°7`19``W (Sar.3). Los otros tres sitios fueron ubicados en río Volcán a 380 msnm, 10°19`31``N 84°10`4``W (Volc); en río San Ramón a 200 msnm, 10°23`47``N 84°7`28``W (S. Ram) y río Tirimbina a 180 msnm, 10°23`60``N 84°6`23``W (Tiri).

El sustrato de los sitios dentro del cauce principal del río Sarapiquí fueron principalmente pedregoso arenoso, con la presencia de grandes rocas. El sitio Volcán presentó características similares al sitio cerca de la localidad de San Miguel, con un sustrato pedregoso arenoso y la presencia de grandes rocas. Además todos estos sitios

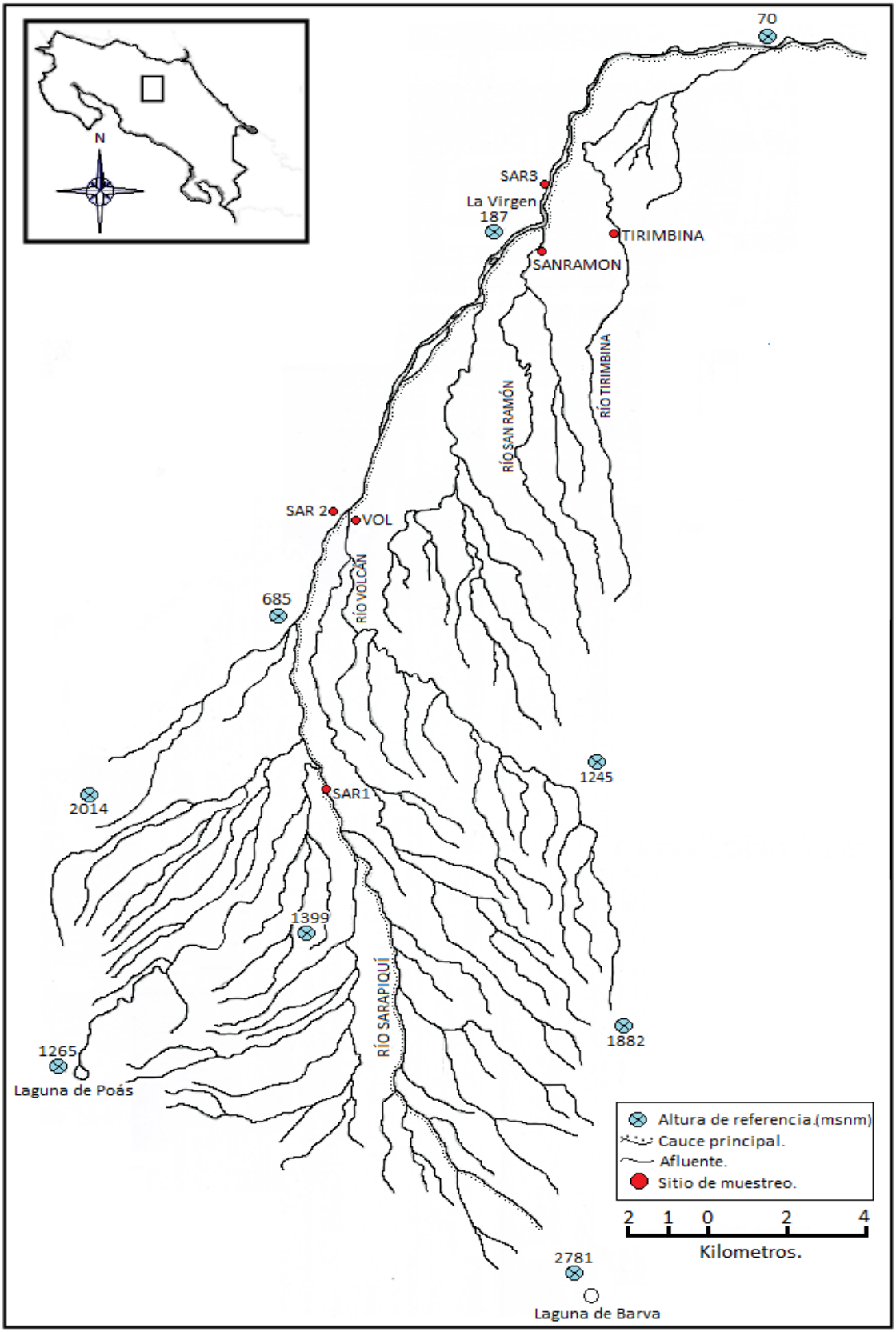


Figura 4. Imagen del área de muestreo en la cuenca del río Sarapiquí.

carecieron de una extensa cobertura boscosa, ya que el cauce del río es muy ancho y esto evita que la vegetación se establesca en sus orillas. El sustrato en los sitios de los ríos San Ramón y Tirimbina fue principalmente de tierra con la presencia de pequeñas rocas, además presentaron una vasta cobertura boscosa en su zona riparia.

***Colecta y preparación de las muestras*:** Las muestras se obtuvieron raspando con un cepillo dental la superficie de rocas en un transecto perpendicular a la orilla hasta la zona más profunda posible, la cual osciló entre los 0,3 y 0,7 metros de profundidad. Seguidamente se conservaron con formalina al 10% para su transporte al laboratorio de Limnología del CIMAR, de la Universidad de Costa Rica.

Para la limpieza de las diatomeas se vertieron 15 ml de las muestras en tubos de ensayo y se centrifugaron por 5 minutos a 3000 rpm en una centrífuga IEC Clinical Centrifuge IM-174. Las muestras se limpiaron con agua destilada tres veces o hasta que se eliminara el exceso de sedimento en el agua. Luego, se agregó a cada tubo 10 ml de ácido clorhídrico concentrado y se pusieron en baño María a 90°C por 30 minutos. Las muestras se centrifugaron y el ácido fue extraído. El sedimento se lavó con agua destilada por tres ocasiones más, para eliminar los residuos de ácido.

Seguidamente se añadieron 10 ml de peróxido de hidrógeno concentrado a cada tubo, con el propósito de remover el material orgánico restante. El proceso se repitió de igual manera que con el ácido.

Una gota de cada muestra fue fijada a portaobjetos, por medio de resina Permount y cubreobjetos. Luego fueron analizadas con un microscopio de luz Olympus modelo IX-51, con lente de aceite de inmersión a un aumento de 1000x. Una gota de cada muestra fue deshidratada a temperatura ambiente sobre bases metálicas. Posteriormente se cubrieron con una capa de oro y fueron analizadas en un microscopio electrónico de barrido Zeiss modelo DSM 942 en la Universidad de Ulm, Alemania. Con el auspicio del Jun. Prof. PhD. Steven Jansen.

***Identificación taxonómica*:** Se utilizó la literatura existente sobre diatomeas para Costa Rica con documentación fotográfica, Silva-Benavides (1994), Michels (1996), Michels-Estrada (2003), Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) y literatura internacional

como Patrick & Reimer (1966), Krammer & Lange-Bertalot (1986- 1991), Round et al. (1990), Lange-Bertalot (1993), Lange-Bertalot & Metzeltin (1996), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007), Reichardt (1999), Camburn & Charles (2000), Rumrich et al. (2000), Krammer (2000, 2002, 2003), Lange-Bertalot (2001, 2007), Lange-Bertalot et al. (2003) y Silver *et al.* (2005). Además, se utilizaron como referencia las bases de datos: algaebase.org (Guiry & Guiry 2012), calacademy.org (California Academy of Science 2012) y westerndiatoms.colorado.edu (Spaulding, Lubinski & Potapova 2010), las cuales disponen de información útil sobre la taxonomía de las especies.

***Variables fisicoquímicas*:** El oxígeno disuelto y la temperatura fueron medidos con un oxímetro YSI 550A. La conductividad fue registrada por medio de un conductímetro marca Lamotte Chemical. Los sedimentos totales en las muestras fueron calculados por el método gravimétrico, donde se compara la masa de un filtro pre-pesado antes y después de filtrar un volumen conocido de la muestra. La turbidez del agua en los sitios fue medida por medio de un equipo 2020e marca Lamotte. El pH se obtuvo por medio de tiras indicadoras de pH, Indicador Universal marca Merck. La alcalinidad se calculó por medio de un equipo de marca alcalinidad Hach.

***Análisis Estadístico*:** Se realizó un conteo de 400 frustulas en ML, para cada uno de los sitios correspondientes a los distintos muestreos. Esto con el fin de determinar la frecuencia relativa de las especies y así determinar su abundancia y diversidad.

Se utilizó el programa estadístico PAST3 para el análisis de los datos. Inicialmente se recurrió a un Análisis de Componentes Principales (PCA), para definir cuáles de las variables fisicoquímicas influyen principalmente en la varianza total de los datos. Con esto establecer cuales variables determinan las características ambientales de los sitios.

Se efectuó un análisis de clúster para definir la similitud entre los sitios, según el promedio de los valores medidos para las variables fisicoquímicas. Se utilizó el algoritmo del promedio de agrupamiento de pares no ponderado (UPGMA, siglas en ingles). Las agrupaciones se unieron sobre la base de la distancia media entre todos los miembros de los dos grupos.

Se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) (Legendre & Legendre 1998), el cual es un análisis de correspondencia entre matrices de sitios y especies. Donde a cada sitio se le ha dado diferentes valores para más de una variable ambiental (conductividad, temperatura, TSS, etc.). Los ejes de coordinación son combinaciones lineales de las variables ambientales. CCA es por lo tanto un ejemplo de análisis de gradiente directo, donde el gradiente dentro de las variables ambientales es conocido a priori y la abundancia de las especies se considera como una respuesta a este gradiente. Este análisis se realizó para definir que variables influyen sobre la abundancia de las especies.

Por último se calcularon los valores óptimos para las variables ambientales de las especies, por medio del método del promedio ponderado (WA (Sp)) de los valores de las variables ambientales en n muestras donde se encontró la especie (Leps & Smilauer 2003). La abundancia de las especies fue usada para calcular los pesos de cada especie en el cálculo del promedio. Se utilizó la siguiente formula:

$$WA(Sp) = \frac{\sum_{i=1}^{n} Env_i \times Abund_i}{\sum_{i=1}^{n} Abund_i}$$

Donde Env_i es el valor de la variable ambiental en la muestra i y $Abund_i$ es la abundancia de la especie en la muestra i.

La tolerancia de la especie fue calculada por medio de la raíz cuadra de la media ponderada del cuadrado de las diferencias entre el óptimo de las especies y los valores actuales en la muestra. El valor es análogo a la desviación estándar (SD) y fue calculado con la siguiente formula:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Env_i - WA(Sp))^2 \times Abund_i}{\sum_{i=1}^{n} Abund_i}}$$

RESULTADOS.

Se obtuvieron un total de 710 fotografías en MEB, las cuales documentaron la ultraestructura de las valvas de las diatomeas. Esta información fue utilizada para la identificación de las diferentes especies que se encuentran en los sitios analizados.

En el presente trabajo se identificó un total de 55 especies, de las cuales 41 fueron identificadas a nivel de especie, nueve morfoespecies con afinidad o forma similar a una especie anteriormente descrita y cinco especies que se presumen como nuevas especies. En seguida se presentan los datos obtenidos en el proceso de identificación de las especies, seguido de una breve recopilación bibliográfica, la cual demuestra con ejemplos su distribución biogeográfica y datos ecológicos recopilados de la literatura.

Lista de especies identificadas.

Achnanthidium sp. aff. deflexum (Reimer) Kingston 2003; Imagen 1 – 2.

Sinónimos: *Achnanthes deflexa* Reimer 1966

Valvas linear elípticas a lineal, con los extremos redondeados. Largo 7,2 – 19,8 µm, ancho 2,8 – 5,05 µm. La valva con rafe es cóncava, con un rafe filiforme recto con los poros centrales dilatados y los extremos distales curvados hacia el mismo lado. Con el área axial angosta y el área central lanceolada. La valva sin rafe es convexa, presenta un área axial angosta y un área central no distinguible. Las estrías en el medio paralelas y más separadas, volviéndose levemente radiales en los extremos, 28 – 32/10µm en la valva sin rafe, 32 – 36/10 µm en la valva con rafe.

Observaciones:

La especie es fácilmente confundible con *A. subhudsonis* en ML. Además podría tratarse de una especie del género *Rossithidium*, el cual presenta muchos problemas para

diferenciarse de *Achnanthidium*. Por la falta de información y conocimiento sobre el género *Rossithidium* y la similitud con *A. deflexum* es que se nombró *A.* sp. aff. *deflexum*.

Achnanthidium exiguum (Grunow) Czarnecki 1994; Imagen 3.

Sinónimos: *Achnanthes exigua* Grunow 1880, *A. exigua* var *constricta* (Torka) Hustedt 1930; *A. exigua* var *heterovalva* Krasske 1923, *A. exigua* var *exigua* Reimer 1966; *Achnanthidium exiguum* var. *heterovalvum* (Krasske) D.B.Czarnecki 1994.

Valvas de forma muy variable generalmente linear a linear-elíptica, pueden presentar una leve concavidad en el medio, los extremos abruptamente subcapitados y rostrados. Longitud 13 – 17 µm, ancho 6 – 8 µm. Área central rectangular transversalmente sobre ambas valvas. Valva con rafe con rafe filiforme con los extremos proximales rectos, con poros claramente observables en microscopia de luz; los extremos distantes se doblan en direcciones opuestas. Área central en la valva con rafe, más o menos estrecha con ausencia de estrías. El nodo central en el interior de la valva con rafe, presenta un estauroide (abultación transversal de la frustula en el interior que alcanza los extremos de la valva). Estrías, 20-24/10 µm, débil o moderadamente radiales, las cuales se vuelven más densas en los ápices.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Morales et al 2011), con una amplia distribución en el Neotrópico (Metzeltin & Lange–Bertalot 1998). Reportada ampliamente en Europa (Krammer & Lange Bertalot 1991, Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), en África (Giffen 1963), en EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Wehr& Sheath 2003, Spaulding et al 2010), en Brasil (Metzeltin & Lange–Bertalot 1998, Morales & Vis 2007), en Bolivia (Morales et al 2011), en Panamá (Soler 1993).

En Costa Rica ha sido reportada en depósitos de diatomita cerca de Liberia Guanacaste (Chávez & Haberyan 1996). En las cuenca de los ríos Tárcoles (Silva-Benavides (1996b), Tizate (Michels-Estrada 1996), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot

2001) y en los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). Además en la zona de drenaje del Golfo Dulce y en la cuenca del río Puerto (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Se dice que la especie es altamente tolerante a la contaminación (Silva-Benavides 1996b.) Nunn (1999) la define como tolerante a los nutrientes, en condiciones de β - mesosaprabiedad, con una alta necesidad de oxígeno y especifica de aguas alcalinas. Además Lange-Bertalot & Metzeltin (1996) documentan la especie en un lago oligotrófico, rico en electrolitos y libre de ácidos húmicos. Soler (1993) la reportó como una especie epifita en *Hydrilla verticillata*. Morales et al (2011) apoyan que es una especie alcalinofila y de oligo a eutrófica. Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

En el material documentado para Costa Rica y en el del presente estudio, se encuentran las variedades var. *constricta* y var. *exigua*, las cuales pueden ser diferenciadas por la leve concavidad en el centro de la valvas. Para el presente estudio ambas se tratan solamente como la especie A. exiguum, para dilucidar este aspecto se necesita analizar más a fondo la taxonomía de las diferentes poblaciones presentes en el país.

Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki 1994; Imagen 4 – 7.

Sinónimos: *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* Krammer & Lange-Bertalot, 1991; *Achnanthes minutissima* Kützing 1833; *Achnanthidium lineare* W. Smith 1855; *Achnanthidium minutissima* var. *cryptocephala* Grunow 1880.

Valvas elíptico-lanceoladas a linear lanceoladas con los extremos redondeados y levemente capitados. Longitud 7 – 14 µm, ancho 2,2 – 3 µm. La valva con rafe con un rafe filiforme recto, con poros centrales y distales poco apreciables en ML. Área axial lanceolada, área central estrecha a bastante ancha transversalmente por la ausencia de 1 – 2 estrías en ambos lados de la valva, apreciable en ML. Esta característica puede variar en ambas valvas de un

mismo individuo. Estrías en la valva con rafe 28-39/10 µm, estrías en la valva sin rafe 30 – 34/10 µm. Las estrías están conformadas por 1 – 5 areolas, organizadas de poco radial en el medio a radiales en los extremos. Un área de hialina rodea la valva, característica del género *Achnanthidium*, seguido de una línea de areolas transversalmente alargadas en el manto de la valva.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange Bertalot 1991). Reportada en Europa (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), en Corea del Norte (Cho 2000), en África (Giffen 1963), en EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Wehr& Sheath 2003, Siver et al 2005, Ponadera & Potapova 2007, Spaulding et al 2010), en Bolivia (Morales & Vis. 2007, Morales et al 2011), en Colombia (Sala et al 2008), en Panamá (Soler et al 1991, Soler 1993).

En Costa Rica ha sido reportada en depósitos de diatomita en Liberia Guanacaste (Chávez & Haberyan 1996). En la cuenca de los ríos Virilla, Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996a, b), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels-Estrada 2003) y en los río Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Se dice que la especie es muy sensible a la contaminación, especialmente la orgánica (Silva-Benavides 1996b). Se encuentra en aguas oxigenadas (Nunn 1999). Es frecuente en sitios con poca alteración antropogénica y alta turbulencia (Michels-Estrada 2003). Es una colonizadora temprana, luego de una tormenta o eventos de alta escorrentía a menudo domina sustratos alterados físicamente (Michels et al 2006).

La alta presencia de la especie se puede asociar a bajas concentraciones de nutrientes e iones (Ponadera & Potapova 2007). Pero se debe tomar en cuenta que las preferencias ecológicas que se han definido para la especie en ocasiones engloba un complejo de especies, por lo tanto el rango se amplía.

Observaciones:

El género Achnanthidium fue elevado de su condición de subgénero, anteriormente parte del género Achnanthes (Bory), ya que presenta características particulares como la zona con ausencia de areolas (hialina) alrededor del manto de la valva. La especie *Achnanthes minutissima* anteriormente conformaba un complejo de especies que se agrupaban por la imposibilidad de diferenciarlas y por la frecuente aparición de las diferentes variedades en un mismo sitio. Estudios más detallados en la ultraestructura de estas especies logro separarlas en el género *Achnanthidium* y definir las distintas especies que lo constituían. Los conflictos en la literatura sobre la taxonomía y ecología de la especie, demuestran la necesidad de un mayor estudio de este taxón en todo el mundo (Morales et al 2011).

Para Costa Rica se han documentado fotográficamente las especies *A. minutissima* (Silva-Benavides 1996a, b), *A. minutissima var minutissima* (Nunn 1999), *A. cf. minutissima* (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), *A. minutissimum* (Michels et al 2006), las cuales en mi opinión podrían ser diferentes especies del género *Achnanthidium*. Solamente *A. minutissima* en Silva Benavides (1996a) y *A. minutissimum* presentada en este trabajo cuentan con análisis bajo el microscopio electrónico de barrido.

Achnanthidium subhudsonis (Hustedt) H. Kobayasi 2006; Imagen: 8 – 9.

Sinónimo: *Achnanthes subhudsonis* Hustedt 1921

Valvas elíptico-lanceoladas con extremos agudos levemente redondeados. Longitud 7,5 – 13,6 µm, ancho 3,2 – 4,2 µm. Valva con rafe con un rafe filiforme distalmente próximo a uno de los costados del área axial, luego se curva en dirección contraria hasta llegar al centro de la valva. Los extremos proximales del rafe terminan en poros evidentes en ML, los extremos distantes se doblan en la misma dirección. El área axial es lineal hasta lanceolada, volviéndose ancha hacia el área central, la cual presenta una forma rómbica. En la valva sin rafe el área central es lanceolada y puede curvarse hacia uno de los costados, el área axial lineal y angosta. Como lo señalan Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) falta por completo el rafe reducido o vestigial en la valva sin rafe. Ambas valvas presentan una línea

de areolas sobre el manto de la valva separada por una línea de hialina. Estrías, 21 – 28/10 µm, levemente radiales en el medio y radiales en los extremos, conformadas por 1-4 areolas.

Biogeografía:

La especie fue descrita en el lago Tanganika por Hustedt en 1921. Reportada en Japón (Takano et al 2009), en las Filipinas (Ohtsuka et al 2009), en Nepal (Jüttner et al. 2010), en Italia (Falasco & Bona 2013). Ha sido reportada como *A. subhudsonis* var *kraueselii* Cholnoki, para Corea del Norte (Cho 2000), igualmente la misma variedad fue reportada para los EE. UU. (Patrick & Reimer 1966) y Sudáfrica (Giffen 1963).
En la cuenca de los ríos Virilla, Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006) y en los río Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003).

Ecología:

La especie se ha localizado sobre granos de arena en zonas estuarinas donde se le catalogó como una especie saproxenosa (Cho 2000), lo que quiere decir que es una especie que ocurre generalmente en biotopos, algunos más contaminados que otros, pero pueden sobrevivir siempre en presencia de contaminación (Cairns & Dickson 1972). La presencia de *A. subhudsonis* en los ríos Virilla y Tárcoles confirman esta teoría, ya que estos ríos presentan altos niveles de contaminación, principalmente por la descarga de nutrientes y materia orgánica (Silva-Benavides 1996b).

Se ha determinado que el ambiente óptimo para la especie son tierras bajas (Michels-Estrada 2003, Falasco& Bona 2013), donde la temperatura del agua es cálida, con pocos contaminantes y ricas en nutrientes (Silva-Benavides 1996 a, Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). Prefiere baja intensidad lumínica (Michels et al 2006, Falasco & Bona 2013), altas concentraciones de silicio y aguas de pH neutrales (Michels et al 2006). Además presenta altas abundancias en sitios de mucha turbulencia, lo que sugiere que esta especie se adapta bien perturbación física (Michels et al 2006).

Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) la reportaron como muy abundante en aguas ácidas con un rango de pH de 2,50 – 6,95, de temperatura de 18-21°C y conductividades

entre 90-5120 µS/cm; esto la cataloga como una especie acidófila. También se ha encontrado la especie entre musgos húmedos, hepáticas y en las rocas mojadas (Giffen 1963). Sobre materiales finos como grava, arena y limo (Falasco& Bona 2013).

Observaciones:

Documentación fotográfica de la especie para Costa Rica se encuentra en los siguientes trabajos, Silva-Benavides (1996a), Michels (1996), Nunn (1999), Michels-Estrada (2003), Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001). Por un error tipográfico en la lista de especies presentada en Michels (1996) no fue posible recabar la información sobre la especie en este trabajo.

Amphipleura chiapasensis Metzeltin & Lange-Bertalot 1998; Imagen: 10.

Valvas rómbicas a rómbico lanceoladas con extremos poco redondeados. Longitud 132 µm, ancho 21 µm, estrías 31/ 10 µm. Con el sistema central de costillas típico del género *Amphipleura*. Longitud de la fisura del rafe 38,6 µm, ocupando un 1/3 de la distancia del eje apical. La especie presenta las características propias de la especie *A. chiapasensis*, solamente el largo de la fisura del rafe difiere de las dimensiones propuestas por Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) para la especie.

Biogeografía:

La especie fue descrita en la localidad de Chiapas, México (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998) y ha sido nuevamente reportada para México por Ibarra et al. (2009). Se ha reportado para Chile (Rumrich et al 2000), y en la presente investigación para Costa Rica.

Ecología:

La especie se colectó en el río Tirimbina, el cual presentó durante los muestreos un rango de temperatura de 21° a 25,1°C y de pH 7 – 7,8, con valores promedio de concentración de oxigeno de 8,6 mg/L, de alcalinidad 19,8 mg/L, de conductividad de 64,83 µSi/cm^{-1} y turbidez de 2,73 NTU. Por lo tanto la especie se encuentra en aguas cálidas con un pH relativamente neutro, moderadamente oxigenadas, con baja alcalinidad y

baja conductividad. El muestreo se realizó en época lluviosa lo que pudo afectar en la baja alcalinidad y conductividad detectada en el río.

Observación:

Es el primer reporte de esta especie en el país.

Amphipleura ampla sp. nov. Imagen: 11 – 12.

Valvae rhombicae usque ad rhombico-lanceolatas, 135 - 203,8µm longae, 31,4 - 39,4µm latae, 29 - 31 striae in 10 µm, cum apicibus leviter rotundatis. Costa axialis et raphe a *Amphipleura* Kützing similes; raphidis rami 40,3 - 53,5 µm longi. Differt a *A. pellucida* Kützing, *A. lindheimeri* Grunow et *A. chiapasensis* Metzeltin & Lange-Bertalot per latitudinem, strias transapicales et raphidis ramos.

Typus: USJ 83757 en la colección de algas del Herbario Dr. Luis A. Fournier Origgi, Universidad de Costa Rica.

Locus typicus: Ríos San Ramón y Tirimbina, Heredia, Costa Rica. Leg. Edwin Céspedes Vargas, Noviembre 2011.

Etimología: El epíteto se refiere al amplio tamaño de las valvas en comparación con las demás especies dentro del género.

Valvas rómbicas a rómbico lanceoladas con extremos poco redondeados. Costilla axial y rafe como en la descripción original del género *Amphipleura* Kützing. Longitud 135 - 203,8µm, ancho 31,4 - 39,4µm, estrías 29 – 31/ 10 µm. Longitud de la fisura del rafe constante entre 40,3 - 53,5µm, ocupando entre un 1/3 a 1/4 del eje apical. El ancho es la principal característica que diferencia a *A. ampla* de las especies, *A. pellucida* Kützing, *A. lindheimeri* Grunow y *A. chiapasensis* Metzeltin & Lange-Bertalot, las cuales son similares a la especie (Cuadro 1). Las estrías transapicales discrepan con las especies antes mencionadas al igual que la longitud de la fisura del rafe.

Si comparamos a *A. ampla* con la especie tipo del género *A. pellucida* (Patrick & Reimer 1966, Krammer & Lange Bertalot 1986) podemos observar como la longitud axial de las valvas en la especie tipo es mayor, con un número menor de estrías y un ancho absolutamente menor. En comparación con *A. chiapasensis* (Metzeltin & Lange Bertalot 1998, Rumrich et al 2000) la nueva especie presenta un tamaño mayor, aunque el rango de longitud axial es similar, no lo es en el ancho de las valvas y la longitud de las ramas del rafe, las cuales se mantuvieron muy constantes entre los 40,3 - 53,5µm.

Cuadro 1. Comparación de las dimensiones de las valvas de las diferentes especies de Amphipleura. (Fuentes: *A. pellucida* y *A. lindheimeri*, Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991); A. chiapasensis, Rumrich et al. (2000); *A. lindheimeri var. neotropica*, Frenguelli (1933))

Especie	Ancho (µm)	Estrías (in 10 µm)	Largo (µm)	Longitud del Rafe (µm)
A. pellucida	7-9	37-40	80-140	15-20
A. chiapasensis	19-21	30-31	126-190	25-32
A. lindheimeri	23-27	26-28	123-330	1/3- 1/6
A. lindheimeri var. neotropica	27-32	24	240-306	56
A. ampla	31-40.6	29-31	133,5-204,5	40,3 - 53,5µm

La especie más similar a *A. ampla* es *A. lindheimeri var. neotropica* Frenguelli. Pero el rango de ancho en las valvas de la var. *neotropica*, se encuentran por debajo de los encontrados para la nueva especie. El número de estrías en 10 µm de *A. ampla* es mayor que los datos reportados para *A. lindheimeri* y aún más para la var. *neotropica*. Si bien el valor inferior de las estrías transapicales es similar a *A. lindheimeri,* esta última no comprende una cantidad mayor a las 29 estrías en 10 µm como lo hace la nueva especie (29-31/10µm).

Si se encontraran individuos con anchos entre 33 – 40 µm y el mismo número de estrías de *A. lindheimeri* se podría decir que *A. ampla* es una variedad más de *A. lindheimeri*. Pero como no se identificaron individuos con estas características y por la marcada diferencia del ancho de las valvas se propone a *A. ampla* como una nueva especie del género *Amphipleura*.

Preliminarmente Sayre & Bixby (datos sin publicar) encontraron diferencias en poblaciones de *Amphipleura* en Costa Rica y Panamá y presumieron que se tratan de nuevas especies. Por lo tanto *A. ampla* probablemente es una de estas nuevas especies. Se requiere en el futuro un análisis de más poblaciones en el neotrópico ya que se podría llegar a definir nuevas especies pertenecientes a este género.

Ecología:

Los valores medidos para los ríos Tirimbina y San Ramón fueron, respectivamente, pH 7,8 y 8,4, temperatura del agua 23 y 23,5 °C, oxígeno disuelto 7,98 y 8,59 mg/L. La alcalinidad para ambos sitios fue de 25 mg/L y la conductividad fue medida en 79,5 µSi/cm, únicamente para el río San Ramón. Ecológicamente la especie se encuentra en aguas de pH neutro, temperaturas cálidas, moderadamente oxigenadas, con baja alcalinidad y baja conductividad. El muestreo se realizó en época lluviosa lo que pudo afectar en la baja alcalinidad y conductividad detectada en el río.

Capartogramma crucicula (Grunow ex Cleve) Ross 1963. Imagen: 13 – 14.

Sinónimos: *Stauroneis crucicula* (Grunow ex Cleve) Comber 1901, *Stauroneis merrimacensis* Woodhead y Tweed 1960, *Stauroneis brasiliensis* (Zimmermann) Compère 1975, *Stauroneis grunowii* sensu Cholnoky 1962.

Valvas lanceoladas o elíptico lanceoladas, con los extremos abruptamente prolongados en ocasiones rostrados. Largo 25 – 29 µm, ancho 9 µm. El rafe es recto con poros centrales expandidos, las fisuras terminales se encuentran levemente curvadas en la misma dirección. El área central presenta un estauroide, característico del género, en forma de "X" llamado tigillum, el cual se extiende interiormente hasta los márgenes de la valva. El área axial es angosta y lineal. Se nota la presencia de un pseudosepta en el interior de la valva en ambos extremos. Las estrías, 23 – 25/10 µm, son fuertemente radiales en el centro de la valva, interrumpidas algunas por el tigillum, hacia los extremos se ordenan paralelamente. Las estrías continúan sobre el manto de las valvas. En vista lateral se observa en las bandas del cinturón una línea de poros, 25/10 µm.

Biogeografía:

La especie ha sido reportada en África, la península Ibérica, Francia y en todo el continente americano, se considera una especie de origen tropical o subtropical que se encuentra generalmente en zonas bajas (Montoya-Moreno et al. 2011). Reportada en EE. UU. (Patrick & Reimer). En Costa Rica solamente ha sido reportada por Michels-Estrada (2003) en el río Sábalo y en la cuenca del río Puerto Viejo.

Ecología:

Se encuentra en muchos ambientes dulceacuícolas, generalmente sobre sustratos (naturales o artificiales) y pocas veces formando parte del plancton, en aguas poco profundas, en un rango de pH muy variable y probablemente eurihalina (Montoya-Moreno et al. 2011). Patrick & Reimer (1966) reportan el desarrollo de grandes poblaciones en áreas de aguas salobres.

Observaciones:

Esta especie es cuestionada por Montoya et al. (2011), ya que aunque se asume que todos los especímenes descritos en la literatura son realmente *C. crucicula*, se observan variaciones que podrían significar la existencia de diferentes especies. Un ejemplo claro se observa en la especie reportada por Mitchels-Estrada (2003), ya que en la documentación gráfica se observa una importante variación en el tamaño y la forma de los dos especímenes que reportó. Un mayor estudio de los individuos reportados como *C. crucicula* es necesario para esclarecer la posibilidad de un mayor número de especies. Además hago la aclaración que en Mitchels-Estrada (2003) se debe corregir el epíteto *crucicola* por *crucicula*.

Cocconeis placentula Ehrenberg 1838 Imagen: 15 – 18.

Sinónimos: *Cocconeis pediculus* var. *placentula* (Ehrenberg) Grunow 1867, *Cocconeis communis* var. *placentula* (Ehrenberg) O.Kirchner 1878, *Cocconeis communis* f. *placentula* (Ehrenberg) Chmielevski 1885

Valvas relativamente planas, elípticas hasta elíptico lanceoladas. Largo 13,7 – 31,9 μm, ancho 7,2 – 16,8 μm. La valva del rafe presenta una valvocopula ancha con fimbriae y una

gruesa zona de hyalina, la cual interrumpe las estrías, alrededor de la superficie de la valva. El área axial es muy angosta y el área central es redondeada o de forma ovoide. Las fisuras del rafe son rectas y filiformes, en los extremos proximales y distales presenta poros con una marcada forma de gota, los poros proximales se encuentran muy juntos y los distales terminan justo antes de la zona de hialina. Internamente los poros proximales están desviados en direcciones contrarias. La valva sin rafe tiene una Valvocopula sencilla sin Fimbriae, la estructura fina de la valva es muy diferente a la valva del rafe y estas estructuras son las características utilizadas en la diferenciación de las variedades. Estrías radiales, 22 – 31/10 μm. Los poros de la areolae están transversalmente alargados externamente, pero son más pequeños o redondeados interiormente, con la presencia de un marcado pseudorafe (var. *euglypta*). Los poros de la areolae fuertemente punteados y formando líneas apicalmente, no se nota la presencia de un pseudorafe (var. *lineata*).

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Reportada en Irlanda (O'Driscoll et al. 2012), Portugal (Ferreira et al. 2009), España (Urrea & Sabater 2009), Italia (Falasco & Bona 2013), Iraq (Hameed 2003), Japón (Gotoh & Kubota 2010), EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Smith & Piccin 2004, Siver et al 2005) y Canadá (Goldsborough 1994).

En América del Sur, en Argentina (Maidana & Seeligmann 2006), en Brasil (Bertolli et al. 2010), en Chile (Rumrich et al. 2000), en Colombia (Montoya & Ramírez 2007, Sala et al. 2008), en Bolivia (Morales et al 2007), en Panamá (Soler et al 1991, Soler 1993).

La especie y sus variedades han sido reportadas para Costa Rica en depósitos de diatomita (Chávez & Haberyan 1996). En la cuenca de los ríos Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996a, b), Tizate (Michels 1998 a, b), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), Convento y Sonador (Nunn 1998, Michels-Estrada 2003), Grande de Térraba (Silva et al. 2008) y en la zona de drenaje de Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

Células solitarias que se adhieren a los sustratos por medio de mucilago en su valva con rafe (Round et al 1990). Es una especie trepadora ya que forma masas, esta

característica en especial para las variedades *euglypta* y *lineata* (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Se encuentran en aguas lenticas y loticas (Krammer & Lange-Bertalot 1991), como epifitas o creciendo sobre sustratos, como madera o piedras (Patrick & Reimer 1966, Krammer & Lange-Bertalot 1991, Bertolli et al. 2010), en sitios con alta conductividad y alcalinidad (O'Driscoll et al 2012). La variedad *euglypta* se reconoce como una especie tolerante a muchos ambientes desde oligotróficos hasta eutróficos sin una clara preferencia, el desarrollo de ambas variedades es estimulado por el impacto humano (Rumrich et al. 2000). La var. *lineata* se ha localizado en ambientes levemente ácidos y alcalinos (Siver et al. 2005).

C. placentula es una especie colonizadora que se adhiere rápidamente a los sustratos nuevos (Hoagland et al. 1982, Wu et al. 1999), ya que presenta una leve movilidad (Goldsborough 1994), pero no es muy competitiva y es rápidamente removida por otras especies dominantes (Wu et al. 1999). La especie es además tolerante a un alto espectro de contaminantes químicos (Ferreira et al. 2009), lo que las hace dominantes en ambientes contaminados (Kelly et al 2012).

La especie se ha reportado en ambientes fuertemente contaminados con materia orgánica y clasificada como una verdadera especie eutrófica, con preferencia de aguas bien oxigenadas (Silva-Benavides 1996a, b, Nunn 1999). Silva-Benavides (1996 b) sugiere que al presentarse esta especie tanto en ríos contaminados como no contaminados no es una buena indicadora del estado trófico del agua. Nunn (1999) expone que la especie presenta una relación negativa con la concentración de nitrato y una relación positiva con la conductividad.

Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) localizaron la especie en ambientes ácidos (pH 2,30) a poco ácidos, también como epifita creciendo sobre *Chaetophora sp*.. La especie presenta una respuesta negativa a la exposición lumínica (Goldsborough 1994), lo que se demostró en su preferencia por zonas boscosas con alta cobertura vegetal (Michels-Estrada 2003). Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

Siver et al. (2005) señalan la dificultad que existe para diferenciar las variedades de esta especie. La principal característica utilizada es la ultra estructura de la valva sin rafe, la cual solamente es bien apreciada en microscopia electrónica, mientras que la valva con rafe presenta siempre características muy similares.

Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck 1880. Imagen: 19 – 20.

Sinónimos: *Cocconema tumidum* Brébisson ex Kützing 1849, *Cymbella stomatophora* Grunow 1875.

Valva marcadamente dorsiventrales, margen dorsal fuertemente convexo y frecuentemente liso a poco ondulado. Margen ventral levemente convexo, recto a levemente cóncavo y comúnmente con una leve porción central gibosa, algunas veces levemente ondulada. Los extremos de las valvas son distintivos, pero algunas veces pueden no estar muy separados del cuerpo de las valvas, mayormente rostrados. Largo 55,2 – 67,4 µm, ancho 14,9 – 16,4 µm. Con un rango máximo de largo/ancho de 3,5 – 4,4. Área axial estrecha y arqueada. El área central es claramente diferenciada, bastante grande de forma orbicular o romboide ocupando entre 1/2 a 1/3 del ancho de la valva. Rafe cercano a la línea media levemente lateral volviéndose filiforme cerca de los extremos distales y proximales. Extremos proximales con poros centrales distintivos y con una corta y abrupta deflexión ventral. Las fisuras terminales son claramente apreciables en ML, con forma de hoz y dobladas dorsalmente. Con un gran estigma en el lado ventral del área central, el cual penetra lateralmente el nódulo y termina interiormente en el lado dorsal del nódulo central. Estrías 11 – 12/10 µm en la porción central de la valva volviéndose 11 – 13/10 µm hacia los extremos. Estrías radiales en la porción central de la valva y levemente radiales a paralelas hacia los extremos, claramente punctate-lineolate. Puncta 19/10 µm. Descripción adaptada de Krammer (2002).

Biogeografía:

Ampliamente distribuida y abundante en zonas templadas, subtropicales y especialmente en las zonas tropicales, poblaciones tipo en Alemania, Suecia, México, EE. UU., Hawaii (Krammer 2002). Reportada en Irak (Hameed 2003), Chile (Rumrich et al. 2000), Ecuador (Rumrich et al. 2000, Morales et al. 2007), Argentina (Seeligmann et al. 2008), Brasil (Bertolli et al. 2010, Bes et al. 2012), Japón (Takano et al 2009, Gotoh & Kubota 2010) y Nicaragua (Hernández & Guerrero ----).

Reportada en Costa Rica en la cuenca de los ríos Tárcoles y Virilla (Silva-Benavides 1996a), Savegre (Silva-Benavides 1996 b), Tizate (Michels 1998 b), Sonador y Convento (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). También fue reportada en la zona de drenaje al Golfo Dulce (Michels et al. 2006) y en la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

En zonas litorales, en agua estancada y ríos. En los trópicos es más abundante en manantiales, prefiriendo aguas oligotróficas a mesotróficas con una cantidad media de electrolitos. (Krammer 2002)

Particularmente epifita, en aguas desde mesotróficas a eutróficas (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Presente en aguas con alta concentración de oxigeno e intolerante a la contaminación con nitrógeno, típico de un organismo oligosaprobio (Nunn 1999). Catalogada como sensible a la contaminación (Silva-Benavides 1996 a, Michel 1998), indicadora de aguas frías y abundante durante la época lluviosa (Silva-Benavides 1996 a). Es una especie colonizadora (Hoagland et al. 1982). Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

La línea exterior de la valva puede presentar mucha variación, puede ser más redondeada, presentar varias ondulaciones en el margen dorsal o presentar los extremos más redondeados. Estas variaciones no son de relativa importancia, ya que son efímeras en una población (Krammer 2002).

Cymbella turgidula Grunow 1875. Imagen 21 – 23

Valvas moderadamente dorsiventrales generalmente lanceoladas, el margen dorsal fuertemente arqueado y el margen ventral moderadamente convexo. Extremos cortos y romos, subrostrados a rostrados truncados. En los especímenes más largos los extremos están apenas prolongados. Largo 31,7 – 40,6 µm, ancho 8,3 – 12,6 µm, con una proporción máxima de largo/ancho de 3,7. Área axial estrecha y levemente curvada. Área central pequeña, rómbica, comúnmente más desarrollada en el lado dorsal que en el lado ventral. Rafe desplazado levemente hacia el lado ventral, filiforme cerca de los extremos distales y lateralmente reversos (reverse-lateral) hacia los extremos proximales. Los extremos proximales del rafe son levemente redondeados y la fisura terminal distintivamente doblada dorsalmente. Estrías en la porción media 10 – 11/10 µm, volviéndose 12 – 13/10 µm hacia los extremos, puncta 22 en la estría. Estrías levemente radiales en la porción media volviéndose más radiales cerca de los extremos distintivamente punctate (formadas por puntos o puncta). Comúnmente dos, algunas veces uno o tres, estigmas aislados justo hacia el final de las estrías medias sobre el lado ventral o muy poco separado de estas. Descripción basada en Krammer (2002).

Biogeografía:

Krammer & Lange-Bertalot (1986) sugieren que solo existe evidencia segura de que el taxón solamente se encuentra en el trópico y en los EE. UU (Dodd 1987, Kociolek & Spaulding in Wehr & Sheath 2003). Actualmente se sabe que las distintas variedades de este taxón están ampliamente distribuidas en los trópicos, especialmente el Sur de Asia, Australia y Centroamérica, la especie es rara en las zonas templadas (Krammer 2002). Además ha sido reportada en Corea (Cho 2000) y Panamá (Soler 1991).

En Costa Rica la especie se ha reportado como muy rara en la cuenca del río Tizate (Michels 1996) y abundante en la cuenca del río Convento (Nunn 1999) y en la parte baja del río Savegre (Silva-Benavides 1996 b) y como una especie dominante en el río Grande de Térraba (Silva-Benavides et al. 2008). Además ha sido reportada la var. *venezolana* en la zona que drena hacia el Golfo Dulce (Michels et al 2006).

Ecología:

Se ha encontrado en muestras de arena de un estero (Cho 2000), lo que puede suponer su adaptabilidad de adherirse a una gran diversidad de sustratos. Michels et al. (2006) reportan un pH óptimo para la especie de 8,25 y una conductividad optima de 234,45 μScm^{-1}. La especie necesita condiciones estables para su desarrollo, es abundante en época lluviosa y presenta una alta correlación positiva con la temperatura del agua (Nunn 1999). Silva-Benavides (1996a) sugiere que la especie prefiere aguas cálidas y poco contaminadas.

Observaciones:

Este taxón es muy similar a otras especies de *Cymbella*, por lo tanto se han cometido muchos errores de identificación en la literatura anterior al trabajo de Krammer (2002). Los especímenes analizados se designaron a esta especie por presentar 2 a 3 estigmas en lugar de 1 a 2 como *C. tropica*. Además todos los demás caracteres coincidieron con la especie *C. turgidula*. Este es el primer registro en MEB para esta especie en el país.

Diadesmis sp. cf. contenta (Grunow) D.G. Mann 1990. Imagen 24 – 26.

Sinónimo: *Navicula contenta* Grunow in Van Heurck 1884.

Frustulas a menudo unidas en la superficie de sus valvas formando colonias en forma de bandas. Valvas con forma elíptica a linear, a menudo la parte central presenta una leve concavidad, las caras de las valvas son planas. Los extremos a menudo dilatados levemente, volviéndose más anchos que la parte media y muy redondeados. Largo 8 µm, ancho 2,5 µm. Área central con forma de estauro, la ausencia de estrías la hace apreciable en ML. Rafe filiforme corriendo apicalmente en medio de la valva, bifurcándose en los extremos distales en una depresión con una clara forma de "T" y terminando en unos pequeños poros; en los extremos proximales presenta poros centrales. Estrías paralelas, 12/2,5µm, 48/10µm, conformadas por solamente una areola prolongada transversalmente. Las estrías se extienden sobre el manto de la valva, pero antes son interrumpidas por una zona de

hialina que rodea toda la cara de la valva. Sobre el manto las areolas son de mayor tamaño en la parte media de la valva y se reducen hasta pequeños poros hacia los extremos. Las bandas del cinturón presentan pequeñas perforaciones.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer &Lange-Bertalot 1986). Reportada en lagos oligotróficos de Europa (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), en Republica Checa (Poulíčková & Hašler 2007, Veselá & Johansen 2009), Japón (Gotoh & Kubota 2010, Takano et al. 2009), Portugal (Ferreiro et al. 2009), los EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Wehr & Sheath 2003), Brasil (Bes et al. 2012, Bertolli et al. 2010), Chile (Rumrich et al. 2000) y Argentina (Maidana & Seelingmann 2006)

En Costa Rica ha sido reportada en la cuenca de los ríos Virilla, Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b), río Tizate (Michels 1998 a, b), en la zona de drenaje al Golfo Dulce (Michels et al. 2006), en la cuenca del río grande de Térraba (Silva-Benavides et al. 2008), en Monteverde (Metzeltin & Lange-Bertalot 2007) y en aguas poco ácidas de la cuenca del río Agrio (Wyrdzycka & Lange-Bertalot 2001).

Ecología:

Se encuentra en una gran cantidad de ambientes acuáticos teniendo su optimo en la fase aire-agua, por ejemplo sobre rocas húmedas, pantanos, musgos, nacientes y pequeños riachuelos, con una mayor frecuencia en ambientes con una alta reducción de la intensidad lumínica (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Es una especie resistente a la desecación por su preferencia aerofila (Veselá & Johansen 2009). La especie ha sido catalogada como sensible a la contaminación (Silva-Benavides 1998b, Michels 1998b). Michels et al. (2006) reportó un óptimo de 163,13 μScm^{-1} para la conductividad y un pH óptimo de 7,67. La especie aparece en ambientes con una alta concentración de sedimentos suspendidos (Michels-Estrada 2003)

Observaciones:

Por el tamaño pequeño de la especie las características taxonómicas necesarios para su adecuada identificación no son fácilmente apreciables bajo ML, por lo tanto se debe

utilizar MEB. Wyrdzycka & Lange-Bertalot (2001) aportan material fotográfico en MEB sobre varias especies del género.

Encyonema silesiacum (Bleisch) D.G. Mann. 1990. Imagen: 27.

Sinónimos: *Cymbella silesiaca* Bleisch 1864; *Cymbella ventricosa* var. *silesiaca* (Bleisch) Cleve-Euler 1955; *Cymbella minuta* var. *silesiaca* (Bleisch) Reimer 1975

Valvas fuertemente dorsiventrales a través del eje axial, con el margen dorsal muy arqueado y el margen ventral recto. Los extremos prolongados y redondeados. Largo 22 – 34,2 µm, ancho 7 – 7,4 µm. El área axial angosta y levemente arqueada, el área central no es distinguible. El rafe filiforme arqueado, con los extremos proximales doblados dorsalmente y los extremos distales doblados ventralmente. Estrías claramente lineate, 10 – 14/10 µm. Estrías dorsales en el centro de la valva más separadas que las distales, levemente radiales a paralelas. La estría dorsal central termina en un estigma. Estrías ventrales radiales volviéndose paralelas a levemente radiales hacia los polos.

Biogeografía:

Cosmopolita, poblaciones tipo en el centro y norte de Europa (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en los EE. UU. (Hoagland et al. 1982, Dodd 1987, Potapova & Charles 2009, Smith & Piccin 2004), Japón (Takano et al. 2009, Gotoh & Kubota 2010), Corea (Cho 2000), Finlandia, Alemania y Austria (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), Irlanda (O'Driscoll et al. 2012), Italia (Falasco & Bona 2013), Portugal (Ferreira et al. 2009), Bolivia (Morales et al. 2007), Argentina (Maidana & Seeligmann 2006), Venezuela (Kaštovský et al. 2011), Ecuador y Chile (Rumrich et al. 2000), Brasil (Bertolli et al. 2010, Bes et al. 2012), México (Ibarra et al. 2009) y Panamá (Soler et al. 1991).

En Costa Rica se ha reportado en las cuencas de los ríos Tárcoles, Virilla y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b), Tizate (Michels 1998 a, b), en los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). También en los ríos Coto Colorado y varias quebradas que desembocan en el Golfo Dulce. (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Es una de las especies más comunes en ambientes desde oligotróficos hasta eutróficos (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996). Típica de ambientes con un elevado nivel de trofía (Morales et al. 2007), donde se presenta su desarrollo óptimo (Silva-Benavides 1996a). Silva-Benavides (1996b) dice que la especie es tolerante y eutrófica.

La especie es muy frecuente en las partes altas del río Virilla y dominante en la parte alta del río Savegre. Es una mala especie indicadora de trofía, pero presenta una preferencia por sitios limpios, con una alta concentración de oxígeno, poca turbidez y bajas concentraciones de nitrato y fosfato. (Silva-Benavides 1996a)

En Michels-Estrada (2003) la especie fue más común en aguas oligotróficas, desde muy ácidas a neutras, con valores óptimos calculados para el pH de 6,83, conductividad 46 μScm^{-1} y fosfato reactivo disuelto 11,8 μgl^{-1}. Presenta una correlación positiva con la temperatura del agua, pero mantiene una correlación negativa con la alcalinidad, la conductividad, la concentración de Calcio, Magnesio, Silicato y el pH (Nunn 1999)

Observaciones:

En Silva-Benavides (1994) se aportan dos fotografías de la especie en MEB.

Eolimna minima (Grunow) Lange-Bertalot & Schiller 1997. Imagen: 28.

Sinónimo: Navicula minima Grunow in Van Heurck 1880.

Valvas linear a linear elípticas hasta elípticas, con los extremos redondeados. Largo 4,7 – 9,2 µm, ancho 2,4 – 3,5 µm. El rafe es filiforme con poros centrales y las fisuras distales dobladas hacia el mismo lado. El área central es ancha por la disminución de tres estrías centrales y con un distintivo estauroide, el área axial es angosta y lineal. Estrías ,32 – 40/10 µm, radiales, levemente curvadas, formadas por areolas que aumentan en tamaño hacia el centro de la valva.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Reportada en Portugal (Ferreira et al. 2009), Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), Japón (Takano et al. 2009, Gotoh & Kubota 2010), Nepal (Jüttner et al. 2010), EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Camburn & Charles 2000, Potapova & Charles 2007), Chile y Ecuador (Rumrich et al. 2000), Argentina (Maidana & Seeligmann 2006), Brasil (Bes et al. 2012), Bolivia (Morales et al 2007) y Panamá (Soler et al.1991)

Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001), reportan un espécimen *Eolimna* aff. *minima* en la cuenca del río Agrio. Reportada en la cuenca de los ríos Tárcoles (Silva-Benavides 1996 b), Tizate (Michels 1996), Convento y Sonador (Nunn1999, Michels-Estrada 2003). En la zona de drenaje del Golfo Dulce y en la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Se encuentra en aguas con detritos, muy tolerante a la contaminación, desde α-mesosaprobio hasta polisaprobios (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Es una especie típica de ambientes más alcalinos y ricos en nutrientes, con un valor optimo calculado de pH 7,1 y una conductividad de 167 μScm^{-1} (Veselá & Johansen 2009). Es una especie tolerante a la contaminación con metales (Ferreira et al. 2009).

En Silva-Benavides (1996 b) la especie es catalogada como altamente tolerante a la contaminación y se registró tanto en la parte alta como en la parte baja del Tárcoles. Nunn (1999) señala que la especie puede estar en ambientes alcalinos, levemente ácidos y tiene una gran capacidad de estar en diferentes concentraciones de nitratos. Además presenta una tendencia hacia valores altos de alcalinidad, conductividad, pH, fosfatos y silicatos en el agua (Michels-Estrada 2003). Michels et al. (2006) reportan valores óptimos calculados para la especie en Península de Osa de pH 8,11 y conductividad 217,71 μScm^{-1}.

Observaciones:

La fotografía con que documentan Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) la especie no es fácilmente apreciable, por lo tanto no se pudo hacer alguna comparación. Los

individuos analizados corresponden con los especímenes mostrados en Schiller& Lange-Bertalot (1997) Fig. 18 y en Rumrich et al. (2000) Fig. 71: 4, 9, 10.

Nunn (1999) señala para la especie, que ella identificó como *N. minima*, que luego del sitio contaminado la morfología cambia respecto a la forma normal y se preguntó ¿si será una especie diferente? Se han reportado un gran número de especies pequeñas de *Navicula* sensu lato para Costa Rica, las cuales carecen de análisis bajo el MEB, por lo tanto se recomienda estudiar la estructura fina de las frustulas de estas poblaciones para corroborar su identidad. Como lo señalan Krammer & Lange-Bertalot (1991) *Navicula minima* solamente puede ser diferenciada en su totalidad de *Navicula seminulum* por la estructura fina de las estrías, como lo hace ver también Silva-Benavides (1996 a). Comparar discusión con Sala et al. (2008).

Fragilaria capucina Desmazières 1925. Imagen: 29 – 30

Sinónimos: *Fragilaria capucina* var. *lanceolata* Grunow 1881, *Fragilaria capucina* f. *lanceolata* (Grunow) Hustedt 1957, *Fragilaria capucina* f. *lanceolata* (Grunow) Skabichevskii 1960

Las frustulas se unen en las superficies de las valvas formando colonias lineares. En vista lateral con forma rectangular. Valvas son lineares a linear-elípticas, pueden ser levemente angostas o anchas en el centro. Los extremos subcapitados y en ocasiones levemente rostrados. Longitudes de la valva variables, largo 20,7 – 40,4 µm, ancho 3,2 – 4,3 µm. El área axial es angosta y lineal, se expande hasta el área central, esta última tiene formas muy variables, de rectangular a desarrollada solamente la mitad hasta no existente. Las estrías son uni seriadas, 12/10 µm, paralelas a más o menos alternas, con los poros expandidos apicalmente. En MEB se nota un rimoportulae al extremo de la valva justo entre las dos últimas estrías, también un área de poros (pore fields) en los extremos de las valvas. Las valvas están rodeadas de espinas espatuladas que se expanden desde el manto, las cuales unen las frustulas como un zíper para formar las colonias, además presenta placas que rodean el manto de la valva.

Biogeografía:

Especie cosmopolita reportada en Europa (Krammer & Lange-Bertalot 1991), Portugal (Ferreira et al. 2009), España (Margalef 1949, Urrea & Sabater 2009), Irlanda (O'Driscoll et al.2012), Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Siver et al. 2005, Potapova & Charles 2007), Canadá (Antoniades et al. 2005), México (Ibarra et al. 2009), Colombia (Montoya & Ramírez 2007, Sala et al. 2008, Ramírez & Plata-Díaz 2008), Brasil (Bere & Tundisi 2011), Bolivia (Morales et al. 2007), Venezuela (Kaštovský et al. 2011), Argentina (Maidana & Seeligmann 2006), Chile (Rumrich et al. 2000), Nicaragua (Hernández et al.) y Panamá (Soler et al. 1991, Soler 1993).

En Costa Rica ha sido reportada en la cuenca del río Agrio la ssp. *perminuta* (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), en la cuenca del río Tizate y la quebrada La Pita la var. *vaucheriae* (Michels 1998 a, b), en la cuenca de los ríos Tárcoles, Virilla y Savegre las variedades var. *capucina*, var. *gracilis*, var. *rumpens* y var. *vaucheriae* (Silva-Benavides 1996 a, b), en la cuenca de los ríos Convento y Sonador se ha reportado la var. *vaucheriae* (Nunn 1999).

Ecología:

Según Krammer & Lange-Bertalot (1991) la ecología de esta especie es muy difícil de definir, ya que autores en el pasado no han diferenciado adecuadamente entre los complejos de las especies *F. capucina* y *F. vaucheriae*. Sin embargo dicen que puede encontrarse en aguas oligotróficas hasta levemente mesotróficas, regularmente ácidas hasta circumneutrales, con poca o media concentración de electrolitos. Patrick & Reimer (1966) opinan que presenta preferencia por aguas alcalinas.

Es tolerante a altas concentraciones de metales pesados y puede llegar a ser una especie dominante en estos ambientes; la valva sufre malformaciones en estas condiciones, lo que la hace una excelente indicadora de altas concentraciones de metales (Ferreira et al. 2009).

Se ha visto su capacidad para colonizar nuevos sustratos (Montoya & Ramírez 2007). Además es común en zonas de alca corriente, donde sus características morfológicas le permiten mantenerse aferradas a la roca (Ramírez & Plata-Díaz 2008). La mayoría de las

especies de este género aparecen en los sedimentos y algunas pocas en el plancton (Round et al. 1990). La var. *vaucheriae* puede ser considerada como indicadora de aguas no contaminadas (Silva-Benavides 1996 a)

Observaciones:

La especie *F. capucina* está formada por un complejo de variedades, las cuales comparten las características antes expuestas. En el presente estudio se encontraron las variedades var. *rumpens*, var. *mesolepta*, var. *vaucheriae*, var. *gracilis*, las cuales fueron todas tratadas como *F. capucina.*

Estas variedades se pueden diferenciar por la densidad de las estrías en 10 µm, la forma exterior y el tamaño apical de las valvas (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Algunas de estas variedades, por estudios más detallados de la ultraestructura de las valvas, han sido elevadas al nivel de subespecies (Lange-Bertalot 1993). En Silva-Benavides (1996 a) se documentan fotografías en MEB de la var. *vaucheriae*.

Frustulia sp. aff. saxonica Rabenhorst 1850. Imagen: 31 – 32.

Sinónimos: *Frustulia rhomboides* var *saxonica* (Rabenhorst) De Toni 1891.

Valvas con forma rómbico-lanceoladas con los extremos levemente prolongados y redondeados. Largo 37 – 69 µm, ancho 8,5 – 13,4 µm. Con una costilla media que recorre longitudinalmente la valva, esta costilla está bifurcada y contiene al rafe en su interior. En el área central presenta una helictoglossa apreciable solamente en MEB y en los extremos se unen formando un porte-crayon. Las terminaciones centrales y terminales del rafe presentan una forma de T. Las estrías, 29 – 31/10 µm, paralelas en el medio de la valva y radiales en los extremos, están formadas por areolas muy finas y son muy difíciles de apreciar en ML. La especie se puede clasificar según Lange-Bertalot (2001) como el morfotipo II.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en EE.UU. (Patrick & Reimer 1966, Camburn & Charles 2000, Siver et al. 2005, Kociolek & Graeff 2011), en diversas localidades de Europa (Lange-Bertalot 2001), Finlandia (Krammer & Lange-Bertalot 1986), Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), Brasil (Metzeltin & Lange–Bertalot 1998, Schneck et al. 2007), Chile (Rumrich et al. 2000), Venezuela (Metzeltin & Lange–Bertalot 1998) y Panamá (Soler 1991).

En Costa Rica ha sido reportada en el área que drena al Golfo Dulce, en la cuenca del río Sábalo (Michels-Estrada 2003) y en los ríos Convento, Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003)

Ecología:

La especie fue localizada en aguas ácidas y ambientes sub aéreos, por lo que ha sido catalogada como una especie acidófila y oligotrófica (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003, Siver et al. 2005, Veselá & Johansen 2009); con valores óptimos para el pH de 4,8 y conductividad de 110 $\mu Sicm^{-1}$ (Veselá & Johansen 2009). Su abundancia varió según el pH, dándose el mayor aumento con la reducción de los valores de pH (Nunn 1999).

Observaciones:

Todas las especies de este género presentan una preferencia de ambientes bajos de pH y además esta especie en particular es intolerante a la contaminación, incluidos los ácidos inorgánicos (Siver et al. 2005).

Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni 1891. Imagen: 33 – 34.

Sinónimo: *Schizonema vulgare* Thwaites 1848, *Frustulia vulgaris* var. *elliptica* Hustedt 1937.

Valvas elípticas lanceoladas a linear elípticas con extremos redondeados y levemente prolongados. Largo 43,4 – 46, 2 µm, ancho 8,1 – 9,1 µm. La fisura del rafe se desvía lateralmente en la zona media de la valva, los extremos terminales y proximales se curvan

en la misma dirección. El rafe se encuentra inmerso en un sistema de costa media, las cuales se unen en los extremos formando un porte-crayon a cada lado. Las terminaciones centrales y terminales del rafe presentan una forma de "Y". El área central es ovoide, el área axial es angosta y lanceolada. Las estrías, 32 – 33/10 µm, levemente radiales en el centro y distalmente paralelas volviéndose levemente convergentes y radiales en los extremos, formadas por areolas finas muy difíciles de apreciar en ML.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986, Lange-Bertalot 2001). Reportada en Alemania (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998), EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987), Finlandia (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), Colombia (Sala et al. 2008), Chile y Ecuador (Rumrich et al 2000), Panamá (Soler 1991)

En Costa Rica reportada en la cuenca de los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999), Agrio (Metzeltin & Lange-Bertalot 2007). Si se toma en cuenta la observación realizada (ver observaciones) para Silva-Benavides (1994), Michels (1996 a, b) y Michels-Estrada (2003), la especie podría encontrarse también en la cuenca del río Tárcoles (Silva-Benavides 1994), Tizate (Michels 1996), en la zona de drenaje al Golfo Dulce y la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Se encuentra en una amplia diversidad de ambientes, desde agua dulce a levemente salobre, en ambientes oligotróficos a levemente oligodistrofico, en un rango de aguas sucias de β a α mesosaprobio y agua bien oxigenada (Lange-Bertalot 2001). Usualmente encontrada en aguas con bajo contenido mineral y neutras (Patrick & Reimer 1966). Se encuentra adherida a sustratos formando colonias con forma de tubos o talos (Lange-Bertalot 2001, Kociolek & Graeff 2011).

Observaciones:

El espécimen fotografiado por Michels-Estrada (2003) y reportado como *F. vulgaris* (Tafel 8, Fig. 12) no corresponde a este taxón, ya que presenta los extremos muy subcapitados. Además los especímenes fotografiados y reportados como *F. weinholdii*

(Silva-Benavides 1994 Fig. 66-67, Michels 1996 Fig. 3: 1, 2003 Fig. 8: 13) igualmente no corresponde a este taxón, ya que las estrías centrales se notan radiales como en *F. vulgaris*. Estas muestras requieren un mayor análisis para esclarecer su verdadera identidad.

Gomphonema sp. aff. demerarae (Grunow) Frenguelli 1941. Imagen: 35 – 36.

Sinónimo: *Gomphonema brasiliense* var *demerarae* Grunow 1878.

Frustulas heteropolares, clavadas y levemente lanceoladas, con el extremo de la cabeza de levemente a redondeado, el extremo del pie redondeado y con la placa de poros apicales evidente. Largo 25 – 34,6 µm, ancho 4,7 – 6,5 µm. El área axial es angosta en los extremos extendiéndose hacia el centro de la valva, formando un área de hialina. Área central con un estigma simple en el medio. La valva presenta una serie de depresiones irregulares, las cuales se expanden hasta el manto de la valva. La forma de estas depresiones es la principal característica para diferenciar a *G. demerarae* de *G. brasiliense*. El rafe es filiforme y ondulado, los extremos proximales del rafe se expanden levemente en forma de gota. Los extremo distales se doblan en la misma dirección formando ángulos obtusos, la fisura del rafe en el extremo de la cabeza termina en una depresión sobre el manto de la valva, mientras la fisura del rafe en el extremo del pie termina en la placa de poros apicales. Las estrías son muy cortas y radiales, 12 – 14/10 µm, en el extremo del pie las areolas están contenidas en las depresiones, mientras que hacia el extremo de la cabeza las areolas se vuelven alargadas apicalmente. Según Levkov & Williams (2011) esta especie debería ser transferida al género *Gomphosphenia*.

Biogeografía:

Reportada en Brasil y Guyana (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998). Es el primer registro de esta especie en Costa Rica, aunque se sospecha que pudiera haber sido confundida en trabajos anteriores, donde no se contó con MEB.

Ecología:

No se obtuvieron datos ecológicos sobre la especie en la literatura disponible.

Observaciones:

La revisión detalla de los diferentes taxones afines a *G. demerarae, G. brasiliense* o *G. butantanum* debe ser realizada bajo el MEB, ya que las características principales para diferenciar entre los diferentes taxa que se han desprendido de estos no se observan adecuadamente en ML.

Ghomponema mexicanum Grunow 1880. Imagen: 37 – 38.

Sinónimos: *Gomphonema subclavatum* var. *mexicanum* (Grunow) Patrick 1961

Frustulas con forma heteropolar, valvas elípticas clavadas, con los extremos redondeados. Largo 21,8 – 49,16 µm, ancho 7,9 – 11 µm. El polo de la cabeza levemente rostrado y el polo del pie alargado y redondeado, con un área de poros apicales en su extremo. El área central angosta y recta, ensanchada por la disminución de las estrías centrales, el área axial angosta. Presencia de un estigma en el área central, externamente es redondeado e internamente alargado transapicalmente. El rafe se observa lateral en LM y filiforme en MEB, los extremos proximales del rafe son redondeados y las fisuras distales doblados hacia el mismo lado. Las estrías, 10 – 14 /10 µm, levemente radiales en el medio volviéndose paralelas en los extremos. Estrías compuestas de areolas que pueden tener forma de coma, además las estrías continúan sobre el manto de la valva en forma de una línea de 4 – 6 poroides finos (ambas son características propias del taxón)

Biogeografía:

La especie está distribuida entre el sur de Norteamérica, Sur y Centroamérica (Reichardt 1999). Ha sido reportada en EE.UU. (Kociolek 2011), Japón (Gotoh & Kubota 2010), Brasil (Bes et al. 2012), Chile (Rumrich 2000), Colombia (Montoya & Ramírez 2007), Nicaragua y México (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Metzeltin & Lange-Bertalot 1998).

Para Costa Rica la especie fue reportada como poco abundante en la parte baja de los ríos Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b), en el río Tizate (Michels 1998 b).

También fue hallada en la zona de drenaje al Golfo Dulce y en varios de los ríos dentro de la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

La especie se encuentra en aguas cálidas con una concentración moderada de electrolitos, pudiendo vivir también en ambientes levemente salinos (Reichardt 1999). La especie se localiza en procesos de colonización, presenta secreciones mucilaginosas, tamaño pequeño y rápida multiplicación por lo que se considera estratega R (Montoya & Ramírez 2007).

Observaciones:

La forma típica de las frustulas, además del estigma alargado transapicalmente son las principales características para identificarla a *G. mexicanum* en el ML.

Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing 1849. Imagen: 39 – 40.

Sinónimos: *Sphenella parvulum* Kützing 1844, *Sphenoneis parvula* (Kützing) Trevisan 1848, *Gomphonema parvulum* (Kützing) Rabenhorst 1853.

Frústula heteropolar con la mayor anchura en el medio de las valvas. Valvas lanceoladas a elíptico lanceoladas, con el extremo de la cabeza rostrado y el extremo del pie levemente alargado. Largo 12 – 20 µm, ancho 4,6 – 5,3 µm. El área central es angosta, dirigida hacia un lado de la valva por la reducción de una a dos estrías centrales, la estría central contraria a la estría reducida termina en un estigma. El área axial es angosta y lineal. El rafe es filiforme con algunas ondulaciones, los extremos proximales están levemente dilatados poco apreciables en ML, ambos extremos distales terminan en forma de una fisura indistinta, los cuales se doblan en la misma dirección, formando un ángulo obtuso. Las estrías, 14 – 16/ 10 µm, levemente paralelas al medio volviéndose radiales hacia los extremos.

Biogeografía:

Especie cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en Irlanda(O'Driscoll et al. 2012), Japón (Gotoh & Kubota 2010, Takano et al. 2009), EE. UU. (Siver et al. 2005), Brasil (Schneck et al. 2007, Riveiro et al. 2008, Bertolli et al.2010, Bes et al. 2012), en el estuario del río Ebro en España (Rovira et al. 2012), Colombia (Montoya & Ramírez 2007), Venezuela (Kaštovský et al. 2011), Argentina (Maidana & Seeligmann 2006), Bolivia (Morales et al. 2007), México (Ibarra et al. 2009), Nicaragua (Hernández & Guerrero ----).

En Costa Rica se ha reportado en la cuenca de los ríos Tizate (Michels 1998 a, b), Tárcoles, Virilla, Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b), Grande de Térraba (Silva-Benavides et al. 2008) y en los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999). Además en agua dulce de la cuenca del río Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001).

Ecología:

La especie se ha encontrado en una gran cantidad de ambientes, desde ambientes mesotróficas hasta eutróficos (Nunn 1999, Silva-Benavides 1996 b, Siver et. al 2005, Schneck et al. 2007, Bere & Tundisi 2011). Es una especie abundante en aguas vertidas, con una correlación negativa con la concentración de oxígeno y positiva con el fosfato reactivo disuelto, amonio, nitrito y la conductividad (Michels 1998 b).

Es una especie que se comporta como colonizadora (Goldsborough 1994, Montoya & Ramírez 2007) y pueden ser un factor importante en el ensamblaje de las diatomeas en nuevos sustratos (O'Driscoll 2012). Forma colonias en formas de rosetas o tallos de células y es una especie típica de ambientes loticos (Hoagland et al. 1982). Puede vivir adherida sobre animales acuáticos (Gaiser & Bachmann 2012). La especie es tolerante a trazas de metales pesados y llega a ser una especie dominante en ambientes fuertemente contaminados (Ferreira 2009).

Observaciones:

El espécimen mostrado en Michels (1998 a) Fig. 2: 36 sin lugar a dudas no corresponde a *G. parvulum*, ya que no presentan las forma general de la especie y las estrías son menos densas. Igualmente en Michels (1998 b) Fig. 7: 7 – 8 no corresponden a *G.*

parvulum, por las mismas razones, mientras que la Fig. 7: 9 si corresponde a este taxón. El espécimen en Silva-Benavides (1996 a) Fig. 76, no corresponde a *G. parvulum*, ya que no presenta la heteropolaridad respectiva en las valvas.

Como lo señala Nunn (1999) las preferencias ecológicas de la especie son dudosas, ya que la especie ha sido históricamente tratada como un complejo de especies y hasta hace muy poco es que se han realizado trabajos taxonómicos con el fin de resolver la verdadera identidad de este grupo.

Gomphonema lagenula Kützing 1844. Imagen: 41 – 42.

Sinónimos: *Gomphonema parvulum* f. *lagenula* (Kützing) Otto Müller 1905, *Gomphonema parvulum* var. *lagenula* (Kützing) Frenguelli 1923.

Valvas heteropolares, de forma ovoide a clavadas con los extremos subcapitados. Largo 20,5 – 24 µm, ancho 4,9 – 7 µm. El área axial angosta ampliada hacia el centro, área central ancha por la reducción de una de las estrías centrales. Presenta un estigma en el área central justo al final de la estría central larga. Rafe filiforme, ondulado, con los extremos distales y proximales doblados en la misma dirección. Con las terminaciones proximales dilatadas en forma de poros y los extremos distales en forma de fisuras, que se doblan en la misma dirección formando un ángulo obtuso. Estrías, 12 – 20 /10 µm, levemente radiales en el medio a radiales en los extremos, las areolas presentan formas de "C".

Biogeografía:

Es una especie que se localiza principalmente en zonas tropicales (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en Guadalupe y el Este de Cuba (Metzelting & Lange-Bertalot 2007), en Trinidad, Australia y Java (Krammer & Lange-Bertalot 1986), Japón (Gotoh & Kubota 2010), Guyana y Brasil (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Tremarin et al. 2009, De Faria et al. 2010), Venezuela (Krammer & Lange-Bertalot 1991), Bolivia (Morales et al. 2007), Colombia (Sala et al. 2008, Ramírez & Plata-Díaz 2008), Chile (Rumrich et al. 2000).

Los especímenes de Panamá, mostrados en Soler (1993) e identificados como *G. parvulum*, en la lámina 10 Fig. 3 – 4 y en Soler et al. (1991) en la Fig. V: 3 – 4, parecen ser individuos de *G. lagenula*

En Costa Rica se ha reportado como *G. parvulum* var. *lagenula* en la cuenca de los ríos Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1998 a, b), río Tizate (Michels 1998 a, b), en la zona de drenaje del Golfo Dulce y en la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003). Además en los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Gomphonema lagenula es considerada una especie muy tolerante a la contaminación (Michels 1998 a), de preferencias tropicales (Michels 1998 b) con valores óptimos calculados para el pH 7,41, conductividad 120 μScm^{-1} y Fosfato reactivo disuelto 14,5 mgl^{-1} (Michels-Estrada 2003). Sala et al. (2008) reporta la especie en ambientes con una conductividad 126 – 213 μScm^{-1}, temperatura 23 – 30°C, pH 5,5 – 8,1 y oxígeno disuelto 7,1 – 7,9 mgl^{-1} (Sala et al. 2008).

Presenta una correlación positiva con la concentración de fosfato, amonio, nitrito y la conductividad, pero negativo con el pH (Michels 1996). Además la especie presentó una alta correlación negativa con la alcalinidad, el calcio y conductividad, mientras que tuvo una correlación positiva con la concentración de nitrógeno (Nunn 1999). En Ramírez & Plata-Díaz (2008) se encontró una relación negativa entre la conductividad y la abundancia de la especie, además señalan que la especie prefiere ambientes de poca corriente, ya que presenta poca adherencia al sustrato.

Observaciones:

El espécimen documentado en Michels (1998 a) Fig.2: 39, sin lugar a dudas no corresponde a la especie *G. lagenula*, ya que no presenta los extremos subcapitados. Igualmente en Michels (1998 b) Fig. 7: 9 no corresponde a *G. lagenula*, por la misma razón, sino más bien corresponde a *G. parvulum*.

Gomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot 1991. Imagen: 43 – 45.

Sinónimo: *Gomphonema intricatum* f. *pumila* Grunow 1880, *Gomphonema intrincatum* var *pumila* Cleve – Euler 1932.

Valvas heteropolares, lanceoladas con los extremos muy redondeados. Largo 11,3 – 25,9 µm, ancho 2,6 – 5,8 µm. Área axial angosta y lanceolada, el área central es simétrica con las estrías centrales muy reducidas. Presenta un estigma de forma circular en el nódulo central. Rafe recto con los extremos proximales dilatados en forma de gota y los extremos distales doblados en la misma dirección, formando un ángulo obtuso. El área de los poros de la placa apical se nota en ML. Estrías 16 – 20/ 10 µm, curvadas y levemente radiales, con areolas en forma de media luna y extendiéndose sobre el manto de las valvas.

Biogeografía:

Reportada en lagos de Europa (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), en Alemania, Bélgica y Sumatra (Krammer & Lange-Bertalot 1991), Polonia (Wojtal 2003), Irlanda (O'Driscoll et al. 2012), Colombia (Sala et al. 2008), Ecuador y Chile (Rumrich et al. 2000), Bolivia (Morales et al. 2007), Brasil (Bertolli et al. 2010, Bes et al. 2012).

Para Costa Rica se ha reportado en la cuenca de los ríos Savegre, Virilla y Tárcoles, como la especie *Gomphonema* sp. aff *pumilum* (Silva-Benavides 1996 a, b). Como la var. *rigidum* en la cuenca del río Tizate (Michels 1998 a, b), Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). También se ha reportado la var. *bourbonense* en el área de drenaje del Golfo Dulce y en la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003). La especie *G. pumilum* se reportó en el río Grande de Térraba (Silva-Benavides et al. 2008).

Ecología:

Según Silva-Benavides (1996 b) la especie presenta su óptimo en aguas con una concentración moderada de nutrientes y cálidas. Además la encontró principalmente en la parte baja de los ríos y es una especie muy abundante en el río Tárcoles.

La especie fue predominantemente encontrada en la zona de drenaje del Golfo Dulce, la cual se caracterizó por una alta alcalinidad, conductividad y exposición solar del

área (Michels-Estrada 2003). Los valores óptimos calculados por Michels-Estrada (2003) para la var. *bourbonense* son pH 8,20, conductividad 230 μScm^{-1} y para el fosfato reactivo disuelto 16,3 mgl^{-1}.

Gyrosigma (sp. nov?) cf. reimeri Sterrenburg 1994. Imagen: 46 – 47.

Valvas levemente sigmoides, lineares en la mitad volviéndose angostas gradualmente hacia los poros, con los extremos redondeados. Largo 70,6 - 84 µm, ancho 11,3 – 12,9 µm. El área axial y el rafe con forma sigmoidea. Los extremos proximales y distales del rafe se curvan en direcciones opuestas. El área central presenta una forma rectangular con los extremos proximales del rafe curvados abruptamente en direcciones contrarias, casi paralelos. Además se da la presencia de dos perforaciones (estigmas?) en medio del nódulo central. Es por esta última característica que no se puede asociar claramente a ningún taxón. Estrías, 20 – 22/10 µm, levemente radiales y curvadas al medio volviéndose paralelas hacia los extremos.

Observaciones:

Se requiere un estudio más detallado de la población de esta especie, ya que aunque los especímenes analizados concuerdan con las longitudes de la especie *G. reimeri*, no concuerdan con la densidad de las estrías y con las perforaciones en el área central, como la descrita por Sterrenburg (1994).

Gyrosigma sp. aff. scalproides (Rabenhorst) Cleve 1894. Imagen: 48 – 50.

Sinónimo: *Pleurosigma scalproides* Rabenhorst 1861

Valvas con forma sigmoidea, linear en la mayor parte de la valva. Con los extremos gradualmente disminuidos simétricamente, alargados con forma de escalpelo hasta redondeados. Largo, 58,9 – 80,9 µm, ancho 7,5 – 13 µm. El área axial y el rafe lineales y sigmoideos, el área axial es longitudinalmente elíptica, un poco asimétrica y sobresale de la superficie de la valva. Los extremos proximales del rafe tienen forma de "T". Las estrías

transversales más espaciadas al medio de la valva, levemente onduladas, las estrías longitudinales se curvan en ambos lados del área central. Estrías 22 – 26/10 µm.

Biogeografía:

La especie *G. scalproides* es cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Reportada en EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987), Brasil (Oliveira et al. 2001, Bertolli et al. 2010), México (Ibarra et al. 2009). En Ecuador ha sido reportada una especie como *Gyrosigma aff. scalproides* (Rumrich et al. 2000).

En Costa Rica ha sido reportada en la zona de drenaje al Golfo Dulce y la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003) y en las cuencas de los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Tizate (Michels 1998 b), Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b).

Ecología:

Es una especie de agua dulce con concentraciones medias a altas de electrolitos (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Frecuentemente en corrientes de pH neutro o levemente alcalina (Patrick & Reimer 1966). Silva-Benavides (1996 a) sugiere que la especie es sensible pero presente en aguas eutróficas.

La especie es más frecuente en las aguas características de la zona de la Selva, las cuales son loticas, ácidas y eutróficas. Además se dan valores óptimos calculados de pH 7,02, conductividad 133 μScm^{-1} y de concentración de fosfato reactivo de 38,4 mgl^{-1}. (Michels-Estrada 2003)

Observaciones:

La especie antes descrita es similar a la expuesta por Rumrich et al. (2000) Fig. 109: 1-3 como *Gyrosigma aff. scalproides*. Mientras que respecto a la expuesta en Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) Fig.128: 3, 4 como *Gyrosigma* spec. cf. *scalproides*, el área central en MEB es diferente. La especie *G. scalproides* que documentó Silva-Benavides (1994) Fig. 243 – 246, es muy similar a la nuestra.

Luticola goeppertiana (Bleisch) D.G.Mann 1990. Imagen: 51 – 54.

Sinónimo: *Navicula goeppertiana* (Bleisch) H. L. Smith 1874

Valvas elíptico lanceoladas, los extremos pueden ser un poco puntiagudos, pero siempre redondeados. Largo 15,7 – 39,1 µm, ancho 6,1 – 10,5 µm. El rafe es filiforme curvo hacia los poros centrales y con las fisuras terminales dobladas en la misma dirección. El área axial es angosta y desde el medio de la valva lanceolada. El área central se contrae hacia el centro de la valva y en el lado opuesto de los poros centrales se encuentra un estigma alargado transapicalmente. Estrías radiales a lo largo de toda la valva, 20 – 28/10 µm, formadas por una línea de areolas. Tres o más estrías centrales a ambos lados del área central se encuentran reducidas. En MEB: se observa una a dos filas de areolas rodeando la valva, estas areolas se reducen en tamaño hacia el centro y los extremos de la valva sobre el manto. Además las bandas del cinturón presentan una línea de pequeños poros que las rodea.

Biogeografía:

Cosmopolita con poblaciones tipo en Java, el Sur de Brasil y África, (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Reportada en Japón (Gotoh & Kubota 2010), EE. UU. (Potapova & Charles 2007), Chile (Rumrich et al. 2000), Brasil (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Oliveira et al. 2001, Schneck et al. 2007, Bes et al. 2012).

Reportada en Costa Rica, en las cuencas de los ríos Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996 b), Tizate (Michels 1998 b), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). Además en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

Principalmente en aguas con un alto contenido de electrolitos, pero no en agua salobre, en ambientes aéreos, también se han encontrado en ríos muy contaminados por desechos industriales hasta el ambientes polisaprobios (Krammer & Lange-Bertalot 1991).

Es una especie eutrófica e indicadora de aguas con un alto impacto antropogénico (Schneck et al. 2007). Presente en aguas contaminadas con metales pesados (Ferreira 2009).

En Silva-Benavides (1996 b) la especie es catalogada como muy tolerante a la contaminación y buena indicadora de aguas muy contaminadas con desechos orgánicos. Michels-Estrada (2003) da valores óptimos calculados para la especie de pH 7,01 y conductividad de 119 μScm^{-1}. Además señala que la especie es más común en aguas loticas con poca sombra, prefiere altas concentraciones de nitratos y nitritos y una alta concentración de partículas en suspensión. Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

En Silva-Benavides (1996 b) se puede apreciar una fotografía en SEM de esta especie.

Luticola sp. aff. ventricosa (Kützing) D.G. Mann 1990. Imagen: 55 – 57.

Sinónimos: *Stauroneis ventricosa* Kützing 1844, *Navicula mutica* var. *ventricosa* (Kützing) Cleve & Grunow 1880, *Navicula mutica* var. *neoventricosa* Hustedt 1966

Valvas anchas elípticas, con los extremos sacados y rostrados. Largo 14,9 – 22,6 µm, ancho 5,8 – 6,7 µm. El rafe es filiforme, con las fisuras terminales dobladas y las proximales curvadas en la misma dirección. El área axial es estrecha, lineal a lanceolada. El área central se comprime hacia el centro de la valva y se amplía hacia los extremos transapicalmente, por la reducción de las estrías centrales. Presenta un estigma con forma circular o un poco alargado, siempre cerca de las estrías reducidas. Estrías radiales, 26 – 32/10 µm, las areolas son evidentes en ML. En MEB se observa como las areolas varían desde circulares hasta prolongadas transapicalmente. Las fisuras terminales del rafe salen sobre el manto y están doblados hacia el mismo lado. Los extremos proximales del rafe se doblan primero en dirección contraria del estigma, luego doblan abruptamente en dirección

del estigma. Presenta de una a dos líneas de areolas rodeando la valva en el manto, estas se acortan hacia el medio y los extremos de la valva.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Reportada en Italia (Lange-Bertalot et al. 2003), EE. UU. (Potapova & Charles 2007), Japón (Gotoh & Kubota 2010), Argentina (Maidana & Seeligmann 2006). Además la especie *Luticola* spec. cf. *neoventricosa* es reportada por Rumrich et al. (2000) en Chile. En Costa Rica solamente ha sido reportada por Silva-Benavides (1998 a, b) en la cuenca de los ríos Tárcoles y Savegre.

Ecología:

Presente en agua salobre hasta aguas muy puras, con un amplio rango de diferencias osmóticas, con una tolerancia a la contaminación menor que *L. goeppertiana*, α – β mesosaprobio sin llegar a un grado de contaminación crítico (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Además puede estar en ambientes aéreos por ejemplo sobre rocas (Lange- Bertalot et al. 2003). Silva-Benavides (1996 b) en su estudio en el río Tárcoles, cataloga a la especie como sensible a la contaminación. Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

La especie que aquí se presenta podría tratarse de *Luticola neoventricosa*, ya que concuerda con la fotografía expuesta por Rumrich et al. (2000) Fig. 60: 3, pero por la carencia de la descripción original de Hustedt 1966, no se puede decir que sea así. Principalmente nuestra especie difiere en el número de estrías en 10 µm y en las fisuras terminales del rafe, las cuales salen del área de la valva a diferencia de la descripción de *Luticola ventricosa* sensu stricto. Comparar con *L. ventricosa* documentada en Lange-Bertalot et al. (2003) Fig. 73: 1 – 9, Fig. 74: 7 – 8.

Melosira varians Agardh 1827. Imagen: 58 – 60.

Sinónimos: *Lysigonium varians* (C.Agardh) De Toni 1892.

Las células son cilíndricas con los bordes de la superficie de las valvas muy redondeados y el manto de las valvas levemente convexo. Forman cadenas por medio de una unión gelatinosa que une las diferentes células en la cara de las valvas, haciendo uso de pequeñas espinas para anclarlas. Las frustulas presentan un diámetro de 8,95 – 27 μm, con un ancho del manto de 8 – 11,16 μm (no fue posible obtener la medida de los individuos con los diámetro mayores, por lo tanto se presume el valor esta subestimado). La cara de la valva está cubierta de pequeñas espinas y gránulos, el manto presenta pequeños gránulos. El cinturón o anillo está formado por tres bandas, las cuales no son apreciables en ML. Se encuentran muchos rimoportulae sobre el rostro de la valva o en el manto.

Biogeografía:

Cosmopolita, descrita para Europa en bentos y plancton (Krammer &Lange-Bertalot 1991). Reportada en el estuario del río Ebro, España (Leira & Sabater 2005, Rovira et al 2012), Israel (Gerloff et al 1978), Corea (Cho 2000), Japón (Takano et al 2009, Gotoh & Kubota 2010), Filipinas (Ohtsuka 2009), Sur África (Giffen 1963), los EE. UU. (Dodd 1987, Potapova & Charles 2007, Bahls 2009, Potapova 2009), México (Ibarra et al 2009), Brasil (Bertolli 2010, Bere & Tundisi 2011, Bes et al 2012), Argentina (Vouilloud 2003), Bolivia (Morales & Vis 2007, Morales et al 2007) y Colombia (Montoya & Ramírez 2007). Este es el primer registro de la especie para Costa Rica.

Ecología:

La especie ha sido localiza en una amplia variedad de ambientes dulceacuícolas. Poblaciones con altas concentraciones se encontraron en aguas neutrales o poco ácidas en la región de Sur África (Giffen 1963). Se ha reportado en aguas pantanosas, en aguas oligotróficas hasta eutróficas, también en aguas salobres, en lugares montañosos con bajas concentraciones de electrolitos (Krammer &Lange-Bertalot 1991), hasta en zonas de poca altura con aguas ricas en electrolitos (Krammer &Lange-Bertalot 1991, Morales et al 2007).

Por su tolerancia a una gran cantidad de ambientes ha sido catalogada como una especie eutrófica, ya que se ha encontrado en nacientes y corrientes de agua con niveles relativamente altos de nitrógeno y fosfato (Gerloff et al 1978, Leira & Sabater 2005, Potapova & Charles 2007). Puede ser parte importante de la composición de especies en el plancton de los lagos (Gotoh & Kubota 2010), pero se considera una especie bentónica (Montoya & Ramírez 2007). También se han encontrado colonias adheridas a plantas acuáticas (Bertolli 2010).

Por presentar secreciones mucilaginosas, tamaños pequeños y rápida multiplicación, ha sido considerada como una estratega R (Montoya & Ramírez 2007). Es una especie con una alta inmigración y habilidades competitivas (Wu et al. 1999).

En el presente estudio se localizó la especie en aguas de los ríos Volcán, Tirimbina, San Ramón y Sarapiquí. Las condiciones físico químicas promedio del agua fueron, oxígeno disuelto 8,12 mgL^{-1}, temperatura 22,2°C, pH 7,30, alcalinidad 29,8 mgL^{-1}, conductividad 85,9 $\mu Sicm^{-1}$ y una turbidez de 10,1 NTU.

Observaciones:

Este es el primer registro de la especie en Costa Rica. Ya antes se han reportado otras especies del género *Melosira* en los cuales no se ha hecho referencia a la especie (Umaña-Villalobos 2010, Silva-Benavides 1996).

Navicula cryptotenella (nov. var?) Lange-Bertalot 1985. Imagen: 61 – 62.

Sinónimos: *Navicula tenella* Brébisson ex Kützing 1849, *Navicula radiosa* var. *tenella* (Brébisson) Cleve & Möller 1879, *Navicula radiosa* var. *tenella* (Brébisson) Van Heurck 1885.

Valvas lanceoladas con los extremos redondeados, no prolongados. Largo 12,5 – 18,85 µm, ancho 4,5 – 5,2 µm. Rafe filiforme levemente lateral, con los poros centrales poco curvados y las fisuras distales en forma de gancho sobre el lado secundario de la valva. Área axial delgada, área central angosta. Estrías 18/10 µm, radiales en el medio volviéndose convergente hacia los extremos. La lineolae es más fina que la especie tipo y el sternum

elevado sobre la superficie de la valva, solamente en el lado primario de la valva (esta es la principal característica para diferenciar la variedad de la especie *N. cryptotenella* sensu estricto y *N. cryptotenelloides*).

Biogeografía:

La especie *N. cryptotenella* tiene una distribución cosmopolita (Lange-Bertalot 2001). Reportada en EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Camburn & Charles 2000, Siver et al. 2005), en lagos oligotróficos de Europa (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), en Chile y Ecuador (Rumrich et al. 2000), Brasil (Oliveira et al. 2001) y Panamá (Soler et al. 1991, Soler 1993).

En Costa Rica la especie *N. cryptotenella* ha sido reportada en la cuenca de los ríos Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), Virilla y Tárcoles (Silva-Benavides 1994), Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). Además en el área de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006) y en la cuenca del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

La especie *N. cryptotenella* se distribuye en ambientes muy diversos desde oligotróficos hasta eutróficos, con la excepción de aquellos que tienen una concentración demasiado alta o demasiado baja de electrolitos. Es indicadora de calidad de agua de β-mesosaprobio a mejor, es sensible a la contaminación ya que desaparece en aguas de categoría de β – α mesosaprobio. (Krammer & Lange-Bertalot 1991)

Observaciones:

La especie coincide con *Navicula* sp 3 en Silva-Benavides (1994), la cual cuenta con documentación en MEB en la Fig. 264, se logra observar el levantamiento lateral del septum. La identidad de las especies reportadas para el género *Navicula* en Costa Rica requiere un análisis más detallado de la ultraestructura por medio de MEB.

Navicula rostellata Kützing 1844. Imagen: 63 – 64.

Sinónimo: *Navicula viridula* var. *rostellata* (Kützing) Cleve.

Valvas linear-lanceoladas a linear elípticas, extremos prolongados y redondeados. Largo 37,3 – 25 µm, ancho 6 – 8.8 µm. Rafe filiforme, lateral, con los poros centrales doblados hacia el lado primario de la valva y los extremos distales en forma de gancho hacia el lado secundario de la valva. En ML se logra observar un nódulo central donde se encuentran los extremos centrales del rafe. El área axial es angosta y linear, mientras que el área central es elíptica y un poco asimétrica. Estrías formadas por lineolae, 14 - 16/ 10 µm, radiales en el centro y luego de la falla de Voigt se vuelven paralelas hasta finalmente en los extremos ligeramente convergentes. La especie coincide con la especie documentada en Lange-Bertalot (2001) Fig. 35: 1-6 y Fig.65: 5. Difiere de *N. viridula* y *N. amphiceropsis* por la densidad de las estrías.

Biogeografía:

La especie es cosmopolita con poblaciones tipo en Europa, Israel y Sur América (Lange-Bertalot 2001). Reportada en los Pirineos en Francia (Krammer & Lange-Bertalot 1991), EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dood 1987, Potapova & Charles 2007, Potapova & Kociolek 2011), México (Ibarra et al. 2009), en el Este de Cuba (Metzeltin & Lange-Bertalot 2007), Ecuador, Chile, Venezuela, Europa, (Rumrich et al. 2000), Brasil (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Bertolli et al. 2010, Da Silva et al. 2010), Bolivia (Morales et al. 2007)

En Costa Rica fue reportada por Michels (1998 a, b) en la cuenca del río Tizate como *N. viridula var. rostellata*. También reportada en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al 2006), en la cuenca del río Puerto Viejo y Convento (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Se dice que la especie presenta las características ecológicas similares a *N. viridula* (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Michels (1998 a) clasifica la especie en la categoría de

especies sensibles a la contaminación. Mientras que Da Silva et al. (2010) la nombraron como una especie eutrófica.

Es una especie epilitica y epipelagica, comúnmente adherida en los detritos sobre macrofitas. Tolerante a la contaminación probablemente hasta grados altos de contaminación (β – α mesosaprobio), con un valor óptimo de conductividad de 182 µScm^{1}. Además prefiere aguas ácidas y poco alcalinas. (Michels-Estrada 2003)

Observaciones:

Existe una problemática asociada a la identificación adecuada de este taxón (Ponader 2001). Se debe diferenciar los especímenes de *N. viridula*, *N. rostellata* y *N. amphiceropsis*, por la longitud de sus valvas y principalmente la densidad de las estrías. Silva-Benavides (1996 a) reporta *N.viridula* en las cuencas de los río Tárcoles y Savegre, este taxón podría corresponder a *N. rostellata*, por la densidad de las estrías. Se requiere un mayor análisis de las poblaciones de estas especies en Costa Rica.

Navicula symmetrica Patrick 1944. Imagen: 65 – 67.

Sinónimos: *Navicula symmetrica* var. *symmetrica* Patrick 1944, *Navicula schroeteri* var. *symmetrica* (Patrick) Lange-Bertalot 1991.

Valvas linear elípticas a linear lanceoladas con los extremos redondeados. Largo 30,2 – 47,56 µm, ancho 6 – 8,63 µm. Rafe filiforme levemente curvado, con los poros centrales muy juntos y desviados hacia el lado primario de la valva. Las fisuras del rafe en la parte distal presentan una curvatura en forma de gancho hacia el lado primario, luego se expande incluso en el manto de la valva. El área central es asimétrica, un poco elíptica transversalmente y lanceolada hacia los extremos. El área axial es angosta. Estrías radiales, 12 – 17/ 10 µm, formadas por areolas alargadas apicalmente, las cuales aumentan en longitud conforme se alejan del centro de la valva. Suele presentar fallas de Voigt en el lado secundario de la valva, aunque en ocasiones no es fácil de apreciar. Interiormente la valva presenta una costilla media que contiene la fisura del rafe, con un nódulo central

evidente, expandido hacia el lado primario de la valva, uno de los extremos de la costilla media se dobla en la misma dirección y la fisura del rafe termina en una helictoglossa.

Biogeografía:

Reportada en los EE. UU. (Dodd 1987, Patrick & Reimer 1966, Potapova & Charles 2007, Manoylov & Hamilton 2010), Brasil (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Oliveira et al. 2001) y Bolivia (Morales et al. 2007).
Para Costa Rica aparece reportada en la zona de drenaje al Golfo Dulce por Michels et al. (2006), donde corrigieron la identidad de la especie *N. schoeteri* (Michels-Estrada 2003) por *N. symmetrica*.

Ecología:

Por motivo de la confusión histórica de este taxón con *N. schoeteri* y *N. escambia*, no se cuentan con datos de confianza sobre la ecología de la especie. Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

En mi opinión el espécimen en Silva-Benavides (1994) en la Fig. 260 no es *N. schoeteri*, ya que las dimensiones 32 x 7 µm y 16 estrías/10 µm coinciden con *N. symmetrica*, como las descritas en el presente trabajo. Actualmente se reconoce la problemática existente sobre la confusión de las especies *N. schoeteri, N. escambia* y *N. symmetrica*, ya que se presume pueden ser solamente variedades de *N. schoeteri* (Lowe 2001, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007).

Navicula sp. aff. tenelloides Hustedt 1937. Imagen: 68 – 69.

Valvas linear-lanceoladas con los extremos redondeados. Largo 11,68 – 15,08 µm, ancho 3,22 – 3,68. Rafe filiforme, levemente desviado hacia el lado secundario de la valva. Los poros centrales se encuentran en medio de la cara de la valva. Las fisuras distales con forma de gancho. Las áreas axial y central pequeñas. Las estrías, 20 /10 µm, radiales en el medio

y convergentes en los extremos. La especie corresponde con la especie reportada por Rumrich et al. (2000) Fig. 56: 1 – 9.

Biogeografía:

N. tenelloides es considerada una especie cosmopolita, que se encuentra muy dispersa o raramente común en las áreas que ocupa (Lange-Bertalot 2001). Con poblaciones tipo en Java, Sur América y los Andes (Lange-Bertalot 2001). Reportada en Republica Checa (Poulíčková & Hašler 2007), los EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Potapova & Charles 2007), Ecuador, Chile y Venezuela (Rumrich et al. 2001), Venezuela (Kaštovský et al. 2011), Argentina (Vouilloud et al. 2005, Maidana & Seeligmann 2006), Panamá (Soler 1991).

En Costa Rica se ha reportado en los ríos Tizate (Michels 1996, 1998 b), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Grande de Térraba (Silva-Benavides et al. 2008) y en la zona de drenaje hacia el Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

Presente en muchos ambientes, con concentraciones de electrolitos muy variado, en nacientes, arroyos y como aerofila sobre suelos o camas de musgos, hasta en algunos muy contaminados, α – meso a polisaprobios. (Lange-Bertalot 2001). Sobre rocas verticales (Kaštovský et al. 2011).

Michels-Estrada (2003) reporta valores óptimos para la especie en pH 7,62, conductividad de 189 μScm^{-1} y una concentración de fosfato reactivo disuelto de 27,7 mgl^{-1}. Además al interpretar la Fig. 4: 28 de Michels-Estrada (2003) para la especie se puede ver como se incluye en el grupo de especies características de Golfo Dulce, influenciado por la concentración de SiO2, conductividad y temperatura.

Observaciones:

Un estudio más detallado de las poblaciones reportadas en el país es necesario para dilucidar la identidad de esta especie, la cual podría ser una especie nueva por no coincidir con la descripción de *N. tenelloides* sensu estricto.

Neidium sp. cf hercynicum A. Mayer 1917. Imagen: 70 – 71.

Sinónimos: *Neidium affine* var *hercynica* (Mayer) Hustedt 1930, *Neidium hercynicum* f. *subrostratum* Wallace 1959.

Valvas lineares a alargadamente elíptica, con los lados paralelos a levemente convexo, los extremos levemente prolongados y redondeados. Largo 24,8 – 45 µm, ancho 7,5 – 10 µm. Rafe filiforme con los extremos distales bifurcadas y los extremos proximales curvados en direcciones contrarias. En MEB se observa como uno de los extremos proximales se curva abruptamente en un ángulo de 90° aproximadamente, mientras el otro se dobla en dirección contraria con forma de gancho. El área central tiene forma elíptica transversalmente, el área axial es angosta y linear. Estrías, 32 / 10 µm, radiales en el medio a levemente convergentes en los extremos, difíciles de apreciar en ML, las estrías centrales presentan areolas un poco más anchas. Presenta una costilla longitudinal a ambos costados de la valva, las cuales cortan las estrías en los bordes. Las estrías se proyectan sobre el manto de las valvas.

Biogeografía:

Se considera que la especie se distribuye principalmente en las zonas templadas (Krammer & Lange-Bertalot 1991) pero ha sido reportada para los trópicos en Ecuador y Chile (Rumrich et al. 2000). Ha sido reportada en EE. UU. (Patrick & Reimer 1966), En Japón (Kihara et al. 2009, Gotoh & Kubota 2010), Republica Checa (Veselá & Johansen 2009). En Brasil fue reportado un ejemplar como *Neidium* spec. cf. *hercynicum* (Metzeltin & Lange-Bertalot 2007).

Ecología:

La especie se ha encontrado en ríos pequeños con una concentración media de electrolitos (Krammer & Lange-Bertalot 1991). En ríos pequeños de corriente, levemente ácidos y pantanos distroficos (Patrick & Reimer 1966)

Observaciones:

La especie antes descrita presenta características similares en su forma a *N. ampliatum*, *N. affine* sensu Krammer & Lange-Bertalot 1991, pero no corresponde el rango

de tamaño de las valvas, ni la densidad de las estrías. El espécimen reportado por Michels (1998 b) en la Fig. 11: 1, podría ser un sinónimo del taxón antes expuesto, ya que las dimensiones de la valva no coinciden con *N. ampliatum*, como si lo hace el espécimen de la Fig. 11: 2.

Nitzchia sp. (nov?) cf. brevissima? Grunow in Van Heurck 1881. Imagen: 72 – 74.

Valvas lineares con forma sigmoide, con una concavidad en el medio y los bordes distales convexos. Los extremos son prolongados y levemente rostrados, curvados en direcciones opuestas. Largo 29,6 – 36 µm, ancho 3,4 – 3,7 µm. Fibulae 9 – 10/10 µm. Estrías lineares, 50 – 52/ 10 µm, no apreciables en ML. Difiere de los demás taxones por la densidad de sus estrías. Krammer & Lange-Bertalot (1986) exponen que en el trópico se presentan formas que no corresponden al taxón.

Biogeografía:

N. brevissima es una especie cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1991), reportada en Portugal (Ferreira et al. 2009), Corea (Cho 2000), los EE.UU. (Dodd 1987, Kociolek 2011), Chile (Rumrich et al. 2000) y Brasil (Bertolli et al. 2010).

En Costa Rica la especie N. brevissima se ha reportado en la cuenca de los ríos Savegre (Silva-Benavides 1996 a), Tárcoles (Silva-Benavides 1996 b), Tizate (Michels 1996) Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).y en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Presente en aguas salobres, muy rara vez se encuentra en agua dulce (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Michels-Estrada (2003) da un valor óptimo calculado de pH 7,00 para la especie.

Observaciones:

El individuo fotografiado por Silva-Benavides (1994) en MEB y reportado en la Fig. 271 como *N. brevissima*, presenta dimensiones de las valvas más pequeñas que las

expuestas en este trabajo, largo 21,13 µm, ancho 2,45 µm, pero el mismo número de estrías 51/10 µm. Igualmente en Silva-Benavides (1994) el espécimen reportado en fotografía de ML en la Fig. 167 no corresponde a *N. brevissima*, ya que no presenta la constricción típica de la especie. Se requiere de un análisis más detallado de la ultraestructura de estas especies bajo el MEB para determinar si se tratan de *N. brevissima*, alguna variedad u otra especie.

Nitzchia clausii Hantzsch 1860. Imagen: 75 – 77.

Sinónimos: *Nitzschia sigma* var. *clausii* (Hantzsch) Grunow 1878.

Valvas lineares con forma sigmoide, puede tener una muy leve concavidad en el medio. Los extremos terminan en forma de cuña y ligeramente rostrados. Largo 17,17 – 25 µm, ancho 3,8 – 5,2 µm. La quilla del rafe esta lateralmente posicionada. El rafe es filiforme con los extremos proximales doblados hacia el interior de la valva, perpendicularmente y levemente convergentes, uno de los dos extremos se proyecta más que el otro. Las estrías centrales son continuaciones del rafe, estas son convergentes hacia el lado opuesto a la curvatura del rafe. Las demás estrías, 42 – 48/10 µm, están desviadas y la primera areola de cada estría (desde el rafe) está dilatada transapicalmente y es de mayor tamaño que las demás. Fíbulas 12 – 14/10 µm.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1988). Reportada en Canadá (Antoniades et al. 2005), EE. UU. (Kociolek 2011), Japón (Gotoh & Kubota 2010), Ecuador (Rumrich et al. 2000), Brasil (Oliveira et al. 2001, Bertolli et al. 2010, Da Silva et al. 2010), Panamá (Soler et al. 1991, Soler 1993) y Nicaragua (Hernández & Guerrero ----)

En Costa Rica se ha reportado en la cuenca de los ríos Tárcoles (Silva-Benavides 1996 b), Tizate (Michels 1996 b) Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Grande de Térraba (Silva-Benavides et al 2008).y en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

A menudo encontrada en aguas salobres, cerca de las costas y estuarios de ríos que presentan altas concentraciones de electrolitos. En ríos grandes contaminados por industrias suelen aparecer masivamente, tolerante a la contaminación hasta α-mesosaprobio. (Krammer & Lange-Bertalot 1988)

En la zona de drenaje del Golfo Dulce se reportaron altas abundancias en ambientes cargados de sedimentos, además la especie se vio favorecida por el aumento de la turbidez y DBO (Michels et al 2006). Con valores óptimos calculados para pH 7,13 y una concentración de fosfato reactivo disuelto de 24,9 mgl^{-1}, encontrada en aguas ácidas y con baja alcalinidad (Michels-Estrada 2003). Significantemente más abundante en época lluviosa, común en aguas eutróficas pero bien oxigenadas, la especie es indicadora de aguas bien aireadas y contaminadas con materia orgánica, con una gran carga de nitrato y fosfato (Silva-Benavides 1996 a). Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

Los especímenes analizados bajo MEB revelaron una densidad de estrías mayor que la reportada por Krammer & Lange-Bertalot (1988) para la especie. Tomando en cuenta lo dicho por Kociolek (2011) la especie acá identificada podría en realidad tratarse de una especie dentro de un complejo formado por especies con similitud a *N. clausii*.

Nitzchia dissipata (Kützing) Grunow 1862. Imagen: 78 – 79.

Sinónimos: *Synedra dissipata* Kützing 1844.

Valvas lanceoladas a linear lanceoladas con los extremos alargados en forma de picos hasta rostrados y redondeados. Largo 21 – 54,2 µm, ancho 3 – 7 µm. La quilla del rafe es excéntrica y muy evidente en ML, con 6 – 8/ 10 µm fíbulas. Estrías en ML muy difíciles de diferenciar, 44 – 48/10 µm. En MEB se observa el Conopeum sobre la quilla del rafe, en este se encuentra la fisura del rafe.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en Europa (Besse-Lototskaya et al. 2010), Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), España (Urrea & Sabater 2009, Rovira et al. 2012), Irak (Hammed 2003), los EE. UU. (Dodd 1987, Camburn & Charles 2000, Potapova & Charles 2007, Manoylov 2010), Guam (Lobban et al. 2012), Laos (Fujita & Ohtsuka 2005), Japón (Takano et al. 2009, Gotoh & Kubota 2010), Finlandia y Alemania (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), Chile (Rumrich et al. 2000), Bolivia (Morales et al. 2007), Brasil (Bertolli 2010), Panamá (Soler 1993) y Nicaragua (Hernández & Guerrero ----)

En Costa Rica ha sido reportada en la cuenca de los ríos Tárcoles (Silva-Benavides 1996 b), Tizate (Michels 1998 a, b), Convento y Sonador (Nunn 1999), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003). En la zona de drenaje hacia el Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

Común en aguas con una concentración media a alta de electrolitos, menor cantidad en ambientes bajos en electrolitos (Krammer &Lange-Bertalot 1986). Nunn (1999) la encontró en condiciones ligeramente ácidas y con pocos electrolitos, además presentó una correlación negativa con la alcalinidad y la conductividad.

Catalogada como una especie moderadamente sensible pero eutrófica (Silva-Benavides 1996 b, Michels 1998 a, b). Frecuente en corrientes ácidas y eutróficas, como en la zona de la Selva, con valores óptimos calculados para la especie en pH 6,92 y concentración de fosfatos reactivos 34,6 mgl-1 (Michels-Estrada 2003).

Antoniades et al. (2005) reportan un valor óptimo calculado de conductividad para la especie de 215 μScm^{-1}. Este valor no concuerda con el calculado por Michels-Estrada (2003) 127 μScm^{-1}. Se ha reportado su presencia en estuarios (Rovira et al. 2012). Presente en eventos de colonización, llegando a ser una especie dominante (Hoagland et al. 1982, Hammed 2003).

Observaciones:

En Silva-Benavides (1994) se documenta con tres fotografías en MEB un espécimen que se define como *Nitzchia* sp. aff. *dissipata* (Figs. 286 – 288).

Nitzchia levidensis (W. Smith) Grunow en Van Heurck 1881. Imagen: 80 – 81.

Sinónimos: *Tryblionella levidensis* W. Smith 1856, *Nitzchia tryblionella var. levidensis* (W. Smith) Grunow in Cleve & Grunow 1880.

Valvas anchas con forma linear elípticas haciéndose angostas en forma de quilla hacia los extremos, los ápices son redondeados. En el medio puede presentar una leve concavidad a uno o ambos lados de la valva. Largo 22,1 – 47,5 µm, ancho 8,6 – 18,8 µm. Las valvas presentan una serie de costas que se expanden en ambos lados de la cara de la valva, 8 – 12/10 µm, tienen una disposición alternada con forma de zíper en mitad de la valva.

Biogeografía:

Cosmopolita, con poblaciones tipo en Jamaica, Wales y EE. UU. (Krammer & Lange-Bertalot 1988). Reportada en EE. UU (Dodd 1987, Potapova & Charles 2007) y Guyana (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998).

En Costa Rica se ha reportado la var. *salinarum* en la parte baja del río Tárcoles (Silva-Benavides 1994). En la cuenca de los ríos Tizate (Michels 1998 a, b), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003) y en la zona de drenaje al Golfo Dulce (Michels et al. 2006)

Ecología:

Con preferencia de aguas salobres, cerca de las costas y en estuarios. En agua dulce son más frecuentes en ambientes con una concentración de electrolitos de medio a alto, son epipelicas, con una tolerancia a la contaminación hasta α- mesosaprobio. (Krammer & Lange-Bertalot 1988)

Michels (1998 a) la clasifica como una especie eutrófica. Con preferencia por aguas ácidas, poco alcalinas y bajo sombra, con un óptimo calculado de pH 7,04, conductividad 156 μScm^{-1} y una concentración de fosfato reactivo de 47,4 mgl^{-1} (Michels-Estrada 2003).

Observaciones:

La especie expuesta anteriormente presenta todas las características típicas de la var. *salinarum*, la cual ya ha sido reportada en Costa Rica (Silva-Benavides 1994). Sin embargo se requieres un análisis más detallado de las poblaciones que se encuentran en Costa Rica, ya que Michels-Estrada (2003) reportó varios morfotipos que identificó como *N. levidensis*.

Nitzchia palea (Kützing) W. Smith1856. Imagen: 82 – 83.

Sinónimo: *Synedra palea* Kützing 1844.

Valvas linear lanceoladas a linear elípticas, con los extremos levemente prolongados, rostrados y redondeados. Largo 19,3 – 34,9 µm, ancho 2,5 – 3,9 µm. La quilla del rafe presenta 10 – 14/ 10 µm fíbulas, las cuales son anchas y adheridas en su base a dos o tres filas de areolas. Además las fíbulas centrales no presentan una distancia diferente a las demás. No presenta nódulo central, el rafe recorre la totalidad de la valva. Las estrías, 33 – 42/10 µm, no son apreciables en ML, estas recorren transapicalmente la cara de la valva hasta la quilla, las areolas exteriormente están cubiertas por una membrana.

Biogeografía:

Cosmopolita, es una de las especies más comunes (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en Finlandia y Austria (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), Japón (Gotoh & Kubota 2010), Iraq (Hammed 2003), Portugal (Ferreira 2009), Canadá (Antoniades et al. 2005), EE. UU. (Dodd 1987, Camburn & Charles 2000, Smith & Piccin 2004, Siver et al. 2005, Kociolek 2011), Chile (Frenguelli 1930, Rumrich et al. 2000), Bolivia (Rumrich et al. 2000, Morales et al. 2007), Brasil (Oliveira et al. 2001, Schneck et al. 2007, Bere & Tundisi 2010, Bertolli et al. 2010, Da Silva et al. 2010, Bere & Tundisi 2011), Venezuela (Kaštovský et al. 2011), Colombia (Montoya & Ramírez 2007), México (Ibarra et al. 2009), Panamá (Soler et al 1991, Soler 1993) y Nicaragua (Hernández & Guerrero ----).

En Costa Rica se reportó la especie en la cuenca de los ríos Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b), Tizate (Michels 1998 a, b), Convento y Sonador (Nunn 1999,

Michels-Estrada 2003), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Grande de Térraba (Silva-Benavides et al. 2008) y en la zona de drenaje al Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

La especie es más frecuente en ambientes α – mesosaprobio hasta polisaprobio, resistente en aguas negras y en aguas contaminadas por desechos de la industria (Krammer & Lange-Bertalot 1988). Es común encontrarla en secciones de ríos altamente afectados por la agricultura, ya que presenta resistencia a altas concentraciones de nutrientes en el agua (Urrea & Sabater 2009). Indicadora de ambientes eutróficos con un alto impacto antropogénico (Schneck et al. 2007, Potapova & Charles 2007, Bere & Tundisi 2010, Bere & Tundisi 2011, Besse-Lototskaya et al. 2010). También se ha reportado en ambientes fuertemente contaminados por metales pesados (Ferreira et al. 2009).

Ha sido observada en procesos de colonización (Hoagland et al. 1982, Goldsborough 1994, Hammed 2003), pero su relación aún no está clara, aunque puede llegar a dominar los nuevos sustratos sustituyendo a otras especies (Hammed 2003). Las células de esta especie se adhieren a los sustratos formando rosetas y desplazando así a las otras especies (Hoagland et al. 1982).

Silva-Benavides (1996 b) la cataloga como una especie muy tolerante y común en la parte baja del Tárcoles, siendo esta una de las especies más frecuentes en los sitios más contaminados, especialmente durante la transición de época seca a época lluviosa. También expone que la especie es una buena indicadora de contaminación orgánica. Nunn (1999) denota a la especie como tolerante a muy altos niveles de contaminación, con una gran adaptabilidad a diferentes concentraciones de nitratos y poco oxígeno disuelto.

La especie fue más frecuente en ambientes contaminados con aguas residuales de porquerizas, con una correlación positiva con el amonio y el fosfato reactivo disuelto en el agua (Michels 1996). Michels-Estrada (2003) da valores óptimos calculados de conductividad 179 y 189 μScm^{-1} y de fosfato reactivo disuelto de 22 y 22,3 mgl^{-1}, para *N. palea* y la var. *debilis* respectivamente. Siver et al. (2005) dan un valor óptimo calculado para el pH de 5,9. Michels et al. (2006) reportan la especie como típica en ambientes con un pH circumneutrales, una elevada turbidez y una concentración alta de electrolitos.

Observaciones:

En Silva-Benavides (1994) se adjuntan fotografías en MEB de *N. palea*, estos individuos concuerdan con la especie en el presente estudio. Michels-Estrada (2003) reportó la especie *N. palea*, la var. *debilis* y la f. *maior*. En el presente trabajo no se hizo diferencia entre las variedades o formas tratando a todas bajo el nombre *N. palea.*

Nupela praecipua (Reichardt) Reichardt 2000. Imagen: 84 – 86.

Sinónimo: *Achnanthes praecipua* Reichardt 1988, *Achnathes maculata* Hustedt en Krammer & Lange-Bertalot 1986.

Valvas elíptico-lanceoladas, con los extremos redondeados. Largo 13,3 – 18,9 µm, ancho 4,9 – 7 µm. La valva sin rafe presenta depresiones en la superficie de la valva que son fácilmente apreciables en ML como "manchas lunares". Mientras que en la valva con rafe, el rafe es filiforme con los extremos proximales dilatados en forma de poros, igualmente apreciable en ML, con los extremos distales doblados en la misma dirección. Estrías difícilmente apreciables en ML, 34 – 40/10 µm. En la valva con rafe son radiales y solo se notan marginalmente en la cara de la valva, con un área central grande en forma elíptica y el área axial reducida. Interiormente se nota la fisura del rafe que termina distalmente en una helictoglossa y proximalmente en un nódulo central. Además las estrías se prolongan interiormente más de lo que se logra ver en la vista exterior. Las areolas de las estrías están cubiertas por una fina capa de sílice (Hymen) que en ocasiones puede disolverse en el proceso de preparación de las muestras (Potapova et al. 2003)

Biogeografía:

Distribución tropical (Nunn 1999, Michels 1998 b). Reportada en Venezuela (Rumrich et al. 2000), Brasil (Schneck et al. 2007, Bere & Tundisi 2011), Bolivia (Morales et al. 2011), Costa Rica (Krammer & Lange-Bertalot 1986, Rumrich et al. 2000, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007).

Ha sido reportada en la cuenca de los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels 1998 a, b), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001) y Ciruelas (Silva-Benavides et al. 2008).

Ecología:

Frecuente en sitios de pH neutro dentro de la cuenca del río Agrio, además en un sitio con un pH 8,1 y una conductividad muy baja 52 μScm^{-1}, se presume por lo tanto que la especie es alcalofila con preferencia de aguas oligotróficas bien oxigenadas y limpias (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001). La especie es de ambientes con pH neutros y presentaron una correlación negativa con la alcalinidad y la concentración de silicato (Nunn 1999). Muy frecuente en una naciente en la cuenca del río Sonador alcanzando hasta un 59% de la abundancia, prefiere aguas limpias y bien oxigenadas (Michels-Estrada 2003).

Según Michels et al. (2006) ocurre con mayor frecuencia en ríos limpios del bosque lluvioso, prefiriendo los lugares sombreados, las aguas de baja conductividad, elevada concentración de silicato y de pH neutras. Además da valores óptimos calculados de conductividad 148 μScm^{-1} y de pH 7,65. Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Contrastantemente Schneck et al. (2007) sugieren que la especie es altamente tolerante a la contaminación y aunque aparece en ambientes eutróficos igualmente puede aparecer en aguas muy limpias. Para ellos la especie es indicadora de aguas contaminadas.

Observaciones:

Se tiene la misma opinión que Nunn (1999) quien supone que en Silva-Benavides (1996 a, Fig. 5 - 7) la especie presentada como *A. maculata* debe tratarse de *N. praecipua*. Michels (1998 a) aclara que por el desconocimiento de los requerimientos ecológicos de esta especie, el taxón no pudo ser clasificado en ninguno de los grupos diferenciados por su tolerancia.

Pinnularia acrosphaeria W. Smith 1853. Imagen: 87 – 88.

Sinónimo: *Pinnularia acrosphaeria* Rabenhorst 1853, *Pinnularia acrosphaeria* var. *acrosphaeria* Patrick & Reimer 1966.

Valvas lineales con los extremos y el medio dilatados, los extremos son muy redondeados y en ocasiones levemente rostrados. Largo 70 – 84 µm, ancho 11,6 – 13,9 µm. La fisura del rafe curvadas lateralmente, con los extremos distales doblados en direcciones opuestas y sobre el manto de la valva, los extremos proximales con poros centrales pequeños doblados lateralmente. Área axial lineal ancha ampliándose hacia el área central, ambas áreas presentan una superficie irregular. Estrías, 12 - 16/10 µm, paralelas a levemente radiales en el medio volviéndose convergentes en los extremos. Internamente las aperturas de las estrías son pequeñas y marginales.

Biogeografía:

Distribución cosmopolita, pero probablemente más distribuida en los trópicos con poblaciones tipo en Francia, Alemania y Java (Krammer 2000). Reportada en los EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Krammer 2000), Chile y Ecuador (Rumrich et al. 2000), Brasil (Oliveira et al. 2001, Tremarin et al. 2010) y Panamá (Soler et al. 1991). Reportada en la cuenca de los ríos Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Tizate (Michels 1996 b) y muy poco dispersa en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006)

Ecología:

No ocurre mucho en áreas de montaña pero ocurre esporádicamente en las tierras bajas, con preferencia a estar adherida, epipelica, en aguas con pocos electrolitos y un pH alrededor de 7 (Krammer 2000). Se ha visto como prefiere las zonas litorales, lagos y pozos de pH neutros (Patrick & Reimer 1966). En Costa Rica al parecer prefiere los sitios ácidos y eutróficos típicos de la zona de la Selva (Michels-Estrada 2003)

Observaciones:

Es el primer registro en MEB para la especie en Costa Rica.

Pinnularia butantanum (Krasske) Metzeltin 1998. Imagen: 89 – 90.

Sinónimo: *Caloneis butantana* Krasske 1948.

Valvas lineares a elípticas, con los lados paralelos y los extremos redondeados. Largo 54 – 83,5 µm, ancho 10,7 – 14, 3 µm. Presenta un área axial pequeña y el área central asimétrica de forma circular. El rafe es filiforme con los poros proximales doblados en el mismo sentido y las fisuras distales en forma de gancho. Estrías, 14 - 16/10 µm, levemente radiales a paralelas. Las estrías solamente son observables claramente en ML, ya que las areolas están cubiertas por un Hymen que permanece aún en MEB. Interiormente las estrías están conectadas al interior de la valva por medio de perforaciones que rodean el área de la valva, además se observa una pequeña helictoglossa en los extremos distales de las valvas.

Biogeografía:

Con una probable dispersión tropical (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). Reportada en Brasil (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Machuca & Veiga 2006, Delgado & Machado 2007, Tremarin et al. 2010, Straube 2011, Rodrigues et al. 2013).
Reportada en Costa Rica en las cuencas de los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003) y como una especie escasa en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

Se conoce poco de las preferencias ecológicas de esta especie. Las observaciones realizadas por Nunn (1999) hacen parecer que la especie prefiere ambientes levemente ácidos y ambientes con pocos electrolitos, con una gran correlación negativa hacia el pH y la concentración de silicato y magnesio, negativa con la alcalinidad y la concentración de calcio, pero positiva con la temperatura del agua.

En el trabajo de Michels-Estrada (2003) la especie fue más frecuente en aguas oligotróficas con una baja concentración de electrolitos, desde ácidas a neutras y en un rango de altura de 400 a 900 msnm. Además brinda valores óptimos calculados para el pH 6,79, conductividad 49 μScm^{-1} y la concentración de fosfato reactivo de 1,7 mgl^{-1}. Se

reportó la especie creciendo sobre el mucilago de *Chaetophora* sp. (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001).

Observaciones:

Es el primer registro en MEB para la especie en Costa Rica.

Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot 1999.

Imagen: 91 –92.

Sinónimos: *Achnanthes lanceolata* ssp. *frequentissima* Lange-Bertalot 1993

Valvas elípticas, elíptico-lanceoladas y lanceoladas con los extremos anchos y redondeados, algunas veces supcapitados. Largo 11,45 – 16µm, ancho 3 – 6 µm. Valva sin rafe, presenta un pseudorafe angosto y un área de hyalina, donde se encuentra una estructura silícea en forma de herradura, extendiéndose hacia uno de los lados de la valva. Las áreas central y axial tienen forma lineal a lanceolada, con depresiones en la superficie. La valva con rafe, con un rafe filiforme recto, los poros proximales dilatados y las fisuras distales dobladas hacia uno de los lados de la valva. El área central es algo grande transversalmente y el área axial angosta. Estrías levemente radiales, 12 – 16/10 µm, las estrías centrales son más cortas. En MEB las estrías están formadas por más de dos líneas de poros alternadas a paralelas. Interiormente la valva con rafe presenta los poros proximales levemente doblados en direcciones contrarias sobre el sternum. La herradura presenta forma de túnel, esto se logra ver en ML como un doble arco.

Biogeografía:

Cosmopolita con poblaciones tipo en Europa (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en España (Urrea & Sabater 2009), Portugal (Ferreira 2009), EE. UU. (Siver et al. 2005, Potapova 2010), Chile (Rumrich et al. 2000), Brasil (Schneck et al. 2007, Bes et al. 2012), Argentina (Vouilloud et al. 2005) y Bolivia (Morales et al. 2007, Morales et al. 2009).

En Costa Rica fue reportada en las cuencas de los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003) y en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006) Además ha sido identificada como *A. lanceolata* ssp. *frequentissima* en la cuenca del río Tizate (Michels 1996).

Ecología:

En agua dulce con muy diferentes cualidades (desde extremadamente ácidas hasta alcalinas), asociada con *P. lanceolatum*, con tolerancia de α- meso hasta polisaprobio (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Esta especie es indicadora de ambientes poco impactados, con pocos nutrientes disponibles, pocos solidos disueltos y baja turbidez (Schneck et al. 2007). Se encontró en ambientes contaminados por metales pesados (Ferreira et al. 2009).

En el estudio de Michels-Estrada (2003) la especie fue abundante en sitios con alta conductividad, pH y alcalinidad, pero con poca concentración de fosfato reactivo y silicatos. Con valores calculados para el pH 8,05 y conductividad 215 μScm^{-1}. En Michels et al. (2006) los autores señalan que la especie se desarrolló mejor en bajas intensidades luminosas y que posiblemente este adaptada a ambientes de corriente y turbulentos.

Planothidium lanceolatum (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot 1999.

Imagen: 93 – 96.

Sinónimos: *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata* (Brébisson) Grunow in Cleve & Grunow 1880, *Achnanthidium lanceolatum* Brébisson ex Kützing 1849.

Valvas elípticas a elíptico-lanceoladas, con los extremos anchos y redondeados. Largo 16,4 – 21,68 µm, ancho 4,5 – 8,53 µm. Valva sin rafe, presenta un pseudorafe angosto y un área de hyalina, que contiene una estructura silícea en forma de herradura, extendiéndose hacia uno de los lados de la valva. Las áreas central y axial tienen forma lineal a lanceolada, con depresiones en la superficie. La valva con rafe, con el rafe filiforme recto, con los poros proximales dilatados y las fisuras distales dobladas hacia el mismo lado de la valva. El área central es algo grande transversalmente y el área axial angosta. Estrías levemente radiales,

12 – 16/10 µm, las centrales son más cortas. En MEB las estrías están formadas por más de dos líneas de poros alternadas a paralelas. Interiormente la valva con rafe presenta los poros proximales levemente doblados en direcciones contrarias sobre el sternum. La herradura presenta una forma simple, en ML se distingue solamente como un arco.

Biogeografía:

Cosmopolita con poblaciones tipo en Europa (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en Republica Checa (Poulíčková & Hašler 2007, Veselá & Johansen 2009), EE. UU. (Boyer 1927, Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Camburn & Charles 2000, Siver et al. 2005, Potapova 2010), Japón (Takano et al. 2009, Gotoh & Kubota 2010), Finlandia (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), Brasil (Oliveira et al. 2001, Ferrari & Veiga 2007, Bere & Tundisi 2011a, Bere 2014), Bolivia (Morales et al. 2007, Morales et al. 2009), Chile (Rumrich et al. 2000), Venezuela (Kaštovský et al. 2011), Colombia (Montoya & Ramírez 2007), México (Ibarra et al. 2009) y Panamá (Soler 1993).

Reportada para Costa Rica como *Achnanthes lanceolata*, en la cuenca del río Ciruelas (Silva-Benavides et al. 2008). Como *P. lanceolatum* en la cuenca del río Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001). Como *Achnanthes lanceolata* var *lanceolata* en las cuencas de los ríos Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003)

Ecología:

En aguas con pH neutro hasta alcalinas, de pobres a ricas en electrolitos, en sistemas loticos y lenticos, tolera hasta β – α mesosaprobio, raras veces se han visto en zonas contaminadas (Krammer & Lange-Bertalot 1986). La especie fue más abundante en la parte alta de los ríos Virilla y Savegre, significantemente más frecuente en la época seca por esta razón fue catalogada como no tolerante a la contaminación (Silva-Benavides 1996 a). Además se dice que prefiere una combinación de baja concentración de nitrato y alta conductividad (Silva-Benavides 1994).

La especie presentó una correlación positiva con la alcalinidad, conductividad, calcio, magnesio, silicato y el pH. Además una correlación negativa con la concentración

de nitrato y con la temperatura del agua. La especie es indicadora de aguas oxigenadas. (Nunn 1999)

Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) reportaron la especie como muy escasa en una naciente acida (pH 2,8) y frecuente en otros sitios menos ácidos del río Agrio. Michels-Estrada (2003) da valores calculados de pH 7,92, alcalinidad 200 μScm^{-1} y concentración de fosfato reactivo 23 mgl^{-1}.

Esta especie es una importante colonizadora por presentar secreciones mucilaginosas, tamaño pequeño y rápida multiplicación, por esta razón se considera una estratega R (Montoya & Ramírez 2007). Frecuente en ambientes contaminados, ricos en nutrientes y metales pesados (Bere & Tundisi 2011a, Bere 2014)

Observaciones:

En Silva-Benavides (1994) se documentan dos fotografías del interior de ambas valvas.

Planothidium salvadorianum (Hustedt) Lange-Bertalot 1999. Imagen: 97.

Sinónimos: *Achnanthes salvadoriana* Hustedt 1953, *Achnantheiopsis salvadoriana* (Hustedt) Lange-Bertalot 1997, *Achnanthes salvadoriana* (Hustedt) Lange-Bertalot 1998.

Valvas elíptico-lanceoladas con los extremos redondeados. Valva con rafe, con el área central en forma de "H" y rafe filiforme. Valva sin rafe con un área central ancha lanceolada con depresiones en la superficie, que se observan al ML como "manchas lunares". Hacia uno de los extremos se desarrolla una forma silícea en forma de herradura pero tubular. Estrías radiales, 9/10 µm, claramente apreciables en ML.

Biogeografía:

Distribución posiblemente tropical (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003). Reportada en Brasil (Ferrari & Veiga 2007, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007), Ecuador (Rumrich et al. 2000) y Bolivia (Morales et al. 2009).

Reportada en Costa Rica en la cuenca de los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003) y en la zona de drenaje al Golfo Dulce (Michels et al 2006).

Ecología.

Es una especie típica de la zona de la Selva, mostrando preferencia por ambientes oligotróficos, con pocos electrolitos, de ácidos a neutros, con sombra y con valores óptimos calculados para la conductividad de 145 μScm^{-1} y para la concentración de fosfato reactivo 39,1 mgl^{-1}(Michels-Estrada 2003). Además de estos no hay datos ecológicos disponibles para la especie (Michels et al. 2006).

Platessa hustedtii (Krasske) Lange-Bertalot 2004. Imagen: 98 – 99.

Sinónimos: *Cocconeis hustedtii* Krasske 1923; *Achnanthes rupestoides* Hohn 1961; *Achnanthes hustedtii* (Krasske) Reimer en Patrick & Reimer 1966; *Achnanthes krasskei* Kobayasi & Sawatari 1986.

Valvas elípticas a linear elípticas, con los extremos anchos y redondeados. Largo 10,8 – 12 µm, ancho 5 – 6 µm. La valva con rafe, con el área axial lineal y el área central ancha en forma rectangular a ovoide. El rafe filiforme recto con los poros centrales dilatados observables en ML. La valva sin rafe, con un área central muy ancha y lanceolada, depresiones en esta. Estrías radiales en ambas valvas, 16 – 24/10 µm, en la valva sin rafe son más cortas. En MEB se observan las estrías formadas por una doble línea de areolas.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Potapova 2011), Japón (Gotoh & Kubota 2010), Brasil (Ferrari & Veiga 2007 Bes et al. 2012).

Reportada en Costa Rica en la cuenca de los ríos Tárcoles y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b), Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Puerto

Viejo (Michels-Estrada 2003) y en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

En una amplia diversidad de ambientes, desde aguas neutras pobres en electrolitos, en pantanos hasta en aguas ricas en electrolitos y nacientes alcalinas (Krammer & Lange-Bertalot 1986).

En Costa Rica la especie se observó en ambientes alcalinos, con temperaturas bajas y de corriente. Con una correlación positiva para la alcalinidad, la conductividad, el pH y la concentración de Ca, Mg y Si. Además presentó una correlación negativa con la temperatura del agua. (Nunn 1999)

Presenta una preferencia por ambientes oligotróficos, con pocos electrolitos, de ácidos a neutros y es más común en lugares con sombra, con valores óptimos calculados de pH 6,98 y alcalinidad 87 μScm^{-1} (Michels-Estrada 2003).

Reimeria sinuata (Gregory) Kociolek & Stoermer 1987. Imagen: 100 – 101.

Sinónimos: *Cymbella sinuata* Gregory 1856.

Valvas levemente dorsiventrales, con los márgenes ventral y dorsal convexos, el margen ventral ligeramente inflado en el medio de la valva. Los extremos de las valvas de redondeados a levemente subcapitados, con la presencia de un área de poros apicales en ambos extremos en el margen ventral. Largo 12,5 – 16,7 µm, ancho 3,5 – 4,3 µm. El área axial es angosta y linear, con un área central extendida sobre el margen ventral y pequeña en el margen dorsal, esto debido a la reducción de la estría central. Además presenta algunas depresiones observables en MEB. Con un estigma presente en el centro de las valvas. La fisura del rafe es filiforme lineal a levemente lateral. Los extremos proximales del rafe están doblados levemente hacia el margen ventral de la valva, los extremos distales fuertemente curvados hacia el margen ventral, internamente los proximales se curvan y los distales terminan en una helictoglossa. Estrías 12 – 14/10 µm, levemente radiales. Las estrías están compuestas por una doble fila de areolas alternadas.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en los EE.UU. (Dodd 1987, Smith & Piccin 2004, Potapova & Charles 2007, Potapova 2009), República Checa (Veselá & Johansen 2009), Alemania y Finlandia (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), Australia y Siberia (Levkov & Ector 2010), Irlanda (O'Driscoll 2012), Japón (Takano et al. 2009), Bolivia (Morales et al. 2007), Colombia (Metzeltin & Lange-Bertalot 2007, Ramírez & Plata-Díaz 2008) y Chile (Rumrich et al. 2000).

En Costa Rica ha sido reportada en la cuenca de los ríos Tárcoles, Virilla y Savegre (Silva-Benavides 1996 a, b) y en la quebrada Lourdes la cual es afluente del río Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Krammer & Lange-Bertalot (1986) dicen que se encuentra más frecuentemente en zonas altas y también sobre musgos o áreas húmedas. Es una de las diatomeas más frecuentes en ecosistemas de agua dulce y es tolerante a altos niveles de eutrofización (Levkov & Ector 2010). Reportada en ambientes alcalinos (Veselá & Johansen 2009, O'Driscoll 2012), muy ricos en nutrientes (Morales et al. 2007, Veselá & Johansen 2009) y en sitios de poca elevación (Morales et al. 2007).

Según Silva-Benavides (1996 b) la especie es sensible a altamente sensible pero eutrófica, dice que la especie tuvo su máxima abundancia en época lluviosa, y además es una buena indicadora de aguas oxigenadas y probablemente responde a bajos valores de DBO y a la concentración de nutrientes en el agua resultado del efecto de dilución. Pero por su amplia distribución la catalogó como una mala indicadora de calidad de agua. Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Rhoicosphenia abreviata (Agardh) Lange-Bertalot 1980. Imagen: 102 – 104.

Sinónimo: *Gomphonema curvatum* Kützing 1833, *Rhoicosphenia curvata* (Kützing) Grunow 1860.

Valvas heteropolares, en vista lateral con forma de una cucha doblada. Las valvas con forma clavada levemente lanceolada y con los extremos redondeados. Las valvas están dobladas de manera que la valva del rafe es cóncava, mientras la valva con el pseudorafe convexa. Largo 13,7 – 20,5 µm, ancho 3 – 5 µm. En ML es fácil apreciar en ambos extremos de las valvas el pseudoseptum, para apreciarlo en MEB se debe obtener vistas interiores de las valvas. El rafe en la valva cóncava está bien desarrollado, ambos extremos en esta cara difieren en la longitud, siendo el extremo del pie el más largo. Los extremos proximales del rafe están dilatados en forma de gota, mientras que los extremos distales terminan indistintamente sobre el manto de la valva. En la valva convexa se da la presencia de un rafe que se extiende brevemente en ambos extremos de la valva. Además en este lado se presenta un área de poros apicales muy notorio. Estrías levemente radiales en el medio volviéndose más paralelas hacia los extremos, 12 - 14/ 10 µm, formadas por areolas extendidas apicalmente, las areolas se extienden sobre el manto de la valva. El cinturón en vista externa se observa compuesto por tres bandas, las cuales presentan una línea de poroides.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en Europa (Levkov et al. 2010), EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Potapova 2009), España (Rovira et al 2012), Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), Iraq (Hameed 2003), Japón (Takano et al. 2009), Chile (Rumrich et al. 2000), Brasil (Bere & Tundisi 2011), Bolivia (Morales et al. 2007) y México (Ibarra et al. 2009).

Reportada en Costa Rica en la cuenca de los ríos Savegre y Tárcoles por (Silva-Benavides (1996 a, b), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Grande de

Térraba (Silva-Benavides et al. 2008) y en algunos ríos que desembocan en el Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

Comúnmente encontrada en flujos de agua alcalina, asociada a lugares de altura y con poca salinidad (Patrick & Reimer 1966). Krammer & Lange-Bertalot (1986) exponen que la especie se encuentra en ambientes con muchos electrolitos hasta en agua salobre, cerca de la costa y que además es una especie indicadora de contaminación, con una tolerancia de β-α mesosaprobio.

En Silva-Benavides (1996 a) la especie alcanzó su máxima abundancia en época seca, la presenta como una especie eutrófica presente en ríos grandes con altas concentraciones de oxígeno, además no es una buena especie indicadora porque se distribuyó en todos los sitios. Presentó una preferencia por ambientes con poca concentración de nitrógeno pero con una alta conductividad (Silva-Benavides 1994).

La especie se ha reportado en aguas levemente ácidas y como epifita (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001, Levkov et al 2010). En las observaciones de Nunn (1999) se encontró una correlación positiva de la abundancia de la especie con las siguientes variables, alcalinidad, conductividad, calcio, magnesio, silicatos y pH; por otro lado tuvo una correlación negativa con la temperatura del agua. En Michels-Estrada (2003) se reportan valores óptimos para la especie de pH 7,99 y concentración de Fosfato reactivo disuelto de 20,9 mgl^{-1}.

Ha sido localizada en eventos de colonización (Hoagland et al. 1982, Wu et al. 1999, Hameed 2003). La especie además ha sido reportada como una especie común en estuarios y su mayor desarrollo se dio luego de las descargas de las aguas en primavera (Rovira 2012).

Observaciones:

Un excelente trabajo taxonómico sobre este género se encuentra en Levkov et al. (2010).

Rhopalodia sp. cf. gibba (Ehrenberg) O. Müller 1895. Imagen: 105 – 107.

Las células en vista lateral se observan redondas, rómbicas hasta linear, con los lados paralelos hasta convexos, sin ser muy dilatadas en el medio y los extremos anchos o recortados. Las valvas tienen forma de paréntesis inflados en el medio y los extremos pueden ser puntiagudos y doblados hacia el lado ventral de la valva. El lado dorsal convexo y el ventral recto. Largo 30,7 – 41,7 µm, ancho 7 – 8,9 µm. En el lado dorsal de la valva hay una depresión donde se encajan los extremos proximales del rafe. Las fíbulas, 8/10 µm, se expanden transapicalmente y en cada espacio interfibular se encuentran de 2 - 4 estrías. Estrías 17- 24/10 µm.

Observaciones:

La especie se parece a la reportada por Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) en la lámina 29: Fig. 3 – 7, identificada como Rhopalodia sp. (nov?), pero no se cuenta con la definición clara de las areolas ni de la incisión dorsal, para poder emitir un criterio.

Sellaphora seminulum (Grunow) Mann 1989. Imagen: 108 – 110.

Sinónimos: *Navicula seminulum* Grunow 1860, *Schizonema seminulum* (Grunow) Kuntze 1898.

Valvas linear elípticas con los extremos anchos y redondeados. Largo 5,6 – 14,3 µm, ancho 2,9 – 3,7 µm. Área central rectangular transversalmente, por la reducción de las estrías centrales. Área axial es angosta. Rafe filiforme recto con las fisuras distales dobladas hacia el mismo lado de la valva. Estrías, 24 – 28/10 µm, paralelas y más separadas en el medio volviéndose radiales hacia los extremos. En MEB se observa que las estrías están formadas por una doble línea de areolas, característica muy importante para la identificación del género.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Reportada en Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), España (Urrea & Sabater 2009), Portugal (Ferreira et al. 2009), EE. UU. (Boyer 1927, Patrick & Reimer 1966, Dodd 1987, Camburn & Charles 2000, Potapova & Charles 2007), Ecuador (Rumrich et al 2000), Brasil (Oliveira et al. 2001, Bes et al. 2012), Bolivia (Morales et al. 2007, Morales et al. 2009), Colombia (Ramírez & Plata-Díaz 2008) y Panamá (Soler et al. 1991).

Todos los reportes de la especie en Costa Rica han sido bajo el sinónimo *N. seminulum*. Reportada en la cuenca de los río Tárcoles (Silva-Benavides 1996 a, b), Tizate (Michels 1998 a, b), Convento y Sonador (Nunn1999, Michels-Estrada 2003), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003), Grande de Térraba y Ciruelas (Silva-Benavides 2008) y en la zona de drenaje hacia el Golfo Dulce (Michels et al. 2006).También ha sido reportada en depósitos de diatomita en la zona de Liberia (Chávez & Haberyan 1996).

Ecología:

Frecuentes en aguas ricas en electrolitos y nutrientes, es indicadora de calidades de α – mesosaprobio hasta levemente polisaprobio (Krammer & Lange-Bertalot 1986). Es una especie tolerante a la contaminación con metales (Ferreira et al. 2009).

Silva-Benavides (1996 b) la catalogó como una buena indicadora de aguas contaminadas por su alta tolerancia a la contaminación, además en su estudio la especie fue más frecuente en la parte baja del río Tárcoles. La especie es más común en la época seca y presenta su óptimo en riqueza de nutrientes (Silva-Benavides 1994). Tolerante en aguas contaminadas pero pueden llegar a ser dominantes en aguas limpias como en nacientes, lo que sugiere que la especie posiblemente es tolerante a la baja intensidad lumínica. (Michels 1998 b).

La especie es tolerante a bajas concentraciones de nutrientes y relacionada a ambientes alcalinos. Presenta una correlación positiva con el pH, la alcalinidad, la conductividad y la concentración de calcio, magnesio y silicato. Pero una correlación negativa con la temperatura del agua y la concentración de nitrato. (Nunn 1999)
En Michels-Estrada (2003) se dan valores óptimos calculados para la especie de, pH 7,32, conductividad 88 μScm^{-1}, concentración total de fosforo reactivo 17, 1 mgl^{-1}.

Stenopterobia krammeri Metzeltin & Lange-Bertalot 1998. Imagen: 111 – 113.

Valvas linear lanceoladas con los extremos poco prolongados y los ápices con forma de quilla redondeados a puntiagudos. Largo 32,5 – 41,5 µm, ancho 4,3 – 7 µm. Las valvas presentan un sistema alar de rafe que recorre ambos lados de la valva. La cara de la valva está formada por una serie de costillas que se extienden desde el medio de la valva hacia ambos lados uniéndose con el sistema alar. Las costillas se encuentran de manera alterna y con un espacio de hyalina en medio de la valva. Las costillas en medio de la valva son corrugadas. Estrías, 26 – 28/10 µm, no son apreciables en ML se encuentran de dos a tres entre las crestas. Con 6 canales del rafe en 10 µm.

Biogeografía:

Posiblemente tropical por su amplia distribución en el neotrópico, con poblaciones tipo en Brasil y en la Guyana (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998). En Costa Rica únicamente ha sido reportada en la cuenca de los ríos Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Presenta una correlación negativa con la alcalinidad, la conductividad, la concentración de calcio, magnesio, silicato y el aumento de pH. Mientras que a la vez tuvo una correlación positiva con la temperatura del agua. (Nunn 1999)

Más común en aguas oligotróficas, con pocos electrolitos, encontrándose en un rango de altura de los 400 a 900 msnm y un pH acido a neutral. Con valores óptimos calculados para el pH 6,64 y conductividad 22 μScm^{-1}. (Michels-Estrada 2003)

Observaciones:

Stenopterobia krammeri se diferencia de St. *delicatissima* solamente porque no presenta los extremos muy prolongados y por las dimensiones de la valva que suelen ser más pequeñas. Se recomienda un estudio más detallado de las especies de *Stenopterobia* presentes en Costa Rica, ya que puede haber taxones aún sin conocer. Por ejemplo

Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) presentan dos especies sin una identificación absoluta.

Stenopterobia sp. (nov?). Imagen:114 – 115

Valvas linear lanceoladas con los extremos no prolongados y los ápices en forma de quilla redondeados a puntiagudos. Largo 31,7 – 46,6 µm, ancho 4,9 – 6,9 µm. Las valvas presentan un sistema alar de rafe que recorre ambos lados de la valva. La cara de la valva está formada por una serie de costillas que se extienden transversalmente en la superficie uniendo ambos bordes de la valva. Las costillas se expanden sobre el manto de la valva. Estrías, 26 -28/10 µm. Sin canales de rafe como en *St. krammeri*.

Observaciones:

No fue posible encontrar una referencia taxonómica de alguna especie relacionada a la morfología de la especie anteriormente descrita.

Surirella davidsonii A. Schmidt 1875. Imagen: 116.

Valvas heteropolares, ovoide con la base cuneada y el ápice redondeado. Largo 122,8 – 136,6 µm, ancho 55,3 – 60,45 µm. Con una proporción de largo/ancho de 2,19 a 2,25. Alas del sistema alar suben de manera perpendicular al borde de las valvas. Con canales alares, 3 – 4/10 µm, cuya proyección se restringe al margen de la valva. Las estrías no son apreciables en ML y no se cuenta con su registro en MEB.

Biogeografía:

Posiblemente distribución tropical. Reportada en Brasil (Rumrich et al. 2000). En Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) se reporta esta especie igualmente en Brasil, pero en Siver et al. (2005) los autores indican que la especie indicada en el anterior trabajo se trata de *S. guatemalensis* Ehrenberg, la cual se diferencia por el tamaño y la proporción de largo/ancho.

Ecología:

No se logró encontrar información bibliográfica sobre la ecología de la especie.

Observaciones:

Se requiere de una exploración más minuciosa en MEB de la estructura fina de esta especie.

Surirella linearis sp. var. constricta Grunow 1862. Imagen: 117 – 119.

En vista lateral lineal con los vértices redondeados. Valvas isopolares, linear-lanceoladas con una constricción en la parte media de la valva, con una costilla central que atraviesa apicalmente la valva. Los extremos en forma de quillas y redondeados. Largo 73,6 – 156 µm, ancho 18,3 – 26,4 µm. Con una proporción de largo/ancho de 4,2 a 6,2. Alas del sistema alar no muy largas y rectas con respecto al contorno del manto de la valva. Con canales alares, 2 - 4 /10 µm, que se proyectan hacia el medio de la valva en forma de costillas levemente alternadas a paralelas en el medio y radiales en los extremos. Las estrías, 30 – 31/10 µm, paralelas en el medio y radiales en los extremos, solamente apreciables en MEB.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1988). Reportada en Austria y Finlandia (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996), EE. UU. (Dodd 1987, Camburn & Charles 2000, Siver et al. 2005), Brasil (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007, Da Silva et al. 2010), en Venezuela (Metzeltin & Lange-Bertalot 2007). En Costa Rica solamente ha sido reportada en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sonador (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

Se encuentra en la zona litoral de los cuerpos de agua, desde las llanuras a zonas montañosas, frecuentemente en aguas con una cantidad media de electrolitos, encontrada en nacientes con cantidades alta de electrolitos (Krammer & Lange-Bertalot 1988).

Reportada en sitios ácidos a levemente ácidos (Camburn & Charles 2000, Siver et al. 2005). En ambientes de aguas limpias a aguas con ácidos húmicos, con una gran tolerancia a la concentración de fosforo (Siver et al. 2005). Además la especie se encontró en ambientes oligotróficos y en aguas ricas en calcio (Lange Bertalot & Metzeltin 1996).

Observaciones:

Al igual que para la especie *S. linearis* var. *helvetica*, no se pueden tomar como reportes de la especie, reportes que solamente mencionan *S. linearis* sin aclarar la variedad. En Nunn (1999) la autora reporta en la figura 11: 1 – 2 una especie como *Surirella* spec., con dimensiones de largo 103 µm, ancho 16,6 y 4 canales alares en 10 µm. Esta especie posiblemente se trata del mismo taxón aquí expuesto. Igualmente en Michels (1998 b) la autora reporta en la figura 12: 6 una especie como *Surirella linearis*, la cual posiblemente se trata de la var. *constricta*.

Surirella linearis var. helvetica (Brun) Meister 1912 Imagen: 120 – 122.

Sinónimos: *Surirella helvetica* Brun 1880.

Valvas levemente heteropolares, linear-lanceoladas con los extremos en forma de quilla y redondeados. Largo 32,6 – 50 µm, ancho 11,6 – 12, 8 µm. Con una proporción de largo/ancho de 2,7 a 3,1. Alas del sistema alar no muy largas y rectas con respecto al contorno del manto de la valva. Las alas presentan una línea de protuberancias a ambos lados del canal del rafe, las cuales son proyecciones de las estrías 21 – 22/10 µm. Con canales alares, 3 – 4/10 µm, que se proyectan hacia el medio de la valva en forma de costillas levemente alternadas a paralelas en el medio y radiales en los extremos. La superficie de la valva presenta espinas y algunas protuberancias. Las ventanas de las alas presentan cuatro diferentes espacios.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1988). Reportada en EE. UU. (Camburn & Charles 200), España (Cantoral-Uriza & Aboal 2008), Brasil (Metzeltin & Lange-

Bertalot 1998, Salomoni & Carvalho 2010, Dunck et al. 2012). En Costa Rica este es el primer registro de la variedad.

Ecología:

Se encuentra en la zona litoral de los cuerpos de agua, esta variedad se encuentra más en zonas de montaña, frecuentemente en aguas con una cantidad media de electrolitos, encontrada en nacientes con cantidades alta de electrolitos (Krammer & Lange-Bertalot 1988).

Observaciones:

Según Krammer & Lange-Bertalot (1988) las espinas en la valva son de forma y distribución muy variada, esto cambia entre poblaciones. Existen muchos reportes de la especie *S. linearis* en la literatura, pero no se especifican las variedades, por lo tanto no se pueden tomar como reportes de la var. *helvetica*.

Surirella sp. (nov?). Imagen: 123 – 126.

Valvas isopolares, elíptico lanceoladas, con los extremos en forma de quilla y redondeados. En el medio de la valva tiene un área en forma lanceolada con una costilla corrugada y en ambos extremos de la costilla una espina, evidentes en ML. Largo 51,3 – 59 µm, ancho 21,4 – 23,2. Con una proporción de largo/ancho de 2,3 a 2,5. Alas del sistema alar rectas con respecto al manto de la valva. Los canales alares, 3,5 - 5/10 µm, se proyectan hacia el medio de la valva en forma de costillas paralelas en el medio y radiales en los extremos. La superficie de la valva entre las costillas presenta perforaciones irregulares. Estrías no evidentes en ML, 32/10 µm.

Observaciones:

La especie aquí reportada es similar a la especie reportada en la cuenca del río Puerto Viejo por Michels-Estrada (2003) en la Fig. 22: 7, como *Surirella* sp. 7, la cual tiene dimensiones de largo 60 µm, ancho 23 µm y con 4 canales alares en 10 µm. Las perforaciones irregulares no se han visto documentadas en ninguna otra especie documentada en la literatura analizada sobre el género *Surirella*.

Surirella tenera W.Gregory 1856. Imagen: 127 – 130.

Sinónimos: *Surirella diaphana* Bleisch 1863, *Surirella tenera* f. *cristata* Hustedt 1957.

Valvas heteropolares, ovoide lanceoladas a linear lanceoladas, con los extremos redondeados, uno ancho y el otro puntiagudo. Las valvas presentan en su línea media un área angosta que puede presentar forma lanceolada, esta es evidente en LM. Largo 88,5 – 110,3 µm, ancho 33,3 – 36,4 µm. Con una proporción de largo/ancho de 2,6 a 3. Alas del sistema alar no muy largas, siguiendo el contorno del manto de la valva. Con canales alares, 2 – 3/10 µm, más anchos que las ventanas, los cuales se proyectan en forma de costillas que llegan próximos a la línea media sin tocarla. Estrías no apreciables en LM, 34 – 36/10 µm, paralelas en el medio volviéndose radiales en los extremos.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1988). Reportada en Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), España (Linares et al. 2007), Japón (Takano et al. 2009), EE. UU. (Boyer 1927, Dodd 1987), Brasil (Oliveira et al. 2001, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007, Bes et al.2012, Dunck et al. 2012), Argentina (Maidana & Seeligmann 2006) y México (Ibarra et al. 2009).

En Costa Rica ha sido reportada en la cuenca de los ríos Tizate (Michels 1998 b) y Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003).

Ecología:

La especie ha sido mayoritariamente reportada en aguas oligotróficas con una concentración media de electrolitos (Krammer & Lange-Bertalot 1988).

Observaciones:

La información ecológica para la especie es muy escasa, de igual manera para el género Surirella. Se recomienda un estudio más detallado de la taxonomía y ecología de las especies pertenecientes al género.

Synedra goulardii Brébisson en Cleve & Grunow 1880. Imagen: 131 – 133.

Sinónimos: *Synedra fluviatilis* Lemmermann 1910, *Fragilaria ulna var goulardii* Lange-Bertalot 1980, *Fragilaria goulardii* Lange-Bertalot 1991.

Valvas lanceoladas con una fuerte constricción en la zona media, con los extremos subcapitados a capitados y levemente rostrados. Presenta una gran variabilidad en las dimensiones, largo 47 – 110 µm, ancho 7,1 – 10,4 µm. El área axial es angosta y lineal, mientras que el área central es cuadrangular, con la presencia de lo que Patrick & Reimer (1966) llamaron estrías fantasmas. Las estrías son paralelas, 9 – 10/10 µm. Internamente se encuentra un sternum que recorre el eje axial de la valva. Presenta un rimoportula simple en cada uno de los extremos de la valva.

Biogeografía:

Se dice que la especie posiblemente esta confinada a las zonas tropicales de Norte y Sur América, en Centroamérica y el trópico en África, mientras que los reportes de la especie en Europa y Asia pudieron ser erróneamente confundidos con otras especies de *Synedra* (Williams 1986). Michels (1998 b) y Silva-Benavides (1996 b) reiteran que la especie es de distribución principalmente tropical.

Reportada en EE. UU. (Patrick & Reimer 1966), México (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998), Brasil (Brassac & Ludwig 2003, Ferrari & Veiga 2007), Ecuador (Rumrich et al. 2000), Cuba (Toledo & Comas 2008) y Puerto Rico (Williams 1986).

Reportada en Costa Rica en la cuenca de los ríos Tárcoles (Silva-Benavides 1996 b), Savegre (Silva-Benavides 1996 a), Convento y Sonador (Nunn 1999, Michels-Estrada 2003), Agrio (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001), Tizate (Michels 1998 b), Grande de Térraba, Ciruelas y Quebrada Honda (Silva-Benavides et al. 2008) y Puerto Viejo (Michels- Estrada 2003). Además en la zona de drenaje del Golfo Dulce (Michels et al. 2006).

Ecología:

Presente en aguas cálidas y no contaminadas (Lange-Bertalot 1991, Silva-Benavides et al. 2008). Nunn (1999) encontró una alta correlación entre la temperatura del agua y la abundancia de la especie. Para los óptimos y tolerancias calculados para la especie respecto a las variables físico químicas en el presente estudio, ver el capítulo de análisis estadístico.

Observaciones:

Williams (1986) aporta una excelente descripción de la ultraestructura de la especie analizada en MEB.

Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère 2001. Imagen: 134 – 137.

Sinónimos: *Bacillaria ulna* Nitzsch 1817, *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot 1980, *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg 1832.

En vista lateral presenta una forma rectangular, pueden encontrarse frustulas libres o unidas en colonias de pocas células con forma rectangular. Las valvas son lineares a linear-lanceoladas, con los extremos capitados y/o redondeados. Largo de las valvas muy variable 75,2 – 265,4 µm, ancho 5,4 – 7,7 µm. El área axial es angosta y alargada, mientras que el área central es cuadrada con la ausencia de estrías, o la presencia de estrías ocluidas (estrías fantasmas). En los extremos de la valva se encuentran dos rimoportulae o procesos labiados. Un área de poros (ocellulimbus) se encuentran en el manto de la valva en los extremos de la valva, están compuestos por líneas de poros. Presenta espinas marginales rodeando el manto, dos espinas puntiagudas en los extremos distales y las otras se vuelven más espatuladas hacia el centro de la valva. Las estrías, 8 – 10/ 10 µm, paralelas en el centro y levemente radiales en los extremos conformadas por una doble serie de areolas.

Biogeografía:

Cosmopolita (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Reportada en Portugal (Ferreira et al. 2009), Irlanda (O'Driscoll et al. 2012), España (Margalef 1949, Rovira et al. 2012), Republica Checa (Veselá & Johansen 2009), Japón (Takano et al 2009, Gotoh & Kubota

2010), EE. UU. (Patrick & Reimer 1966, Smith & Piccin 2004, Potapova & Charles 2007), Brasil (Brassac & Ludwig 2003, Ferrari & Veiga 2007, Schneck et al. 2007, Bertolli et al. 2010, Bes et al. 2012), Colombia (Sala et al. 2008), Argentina (Maidana & Seeligmann 2006), Chile (Rumrich et al. 2000), Bolivia (Morales et al. 2007), Iraq (Hameed 2003), Cuba (Toledo & Comas 2008), México (Ibarra et al. 2009), Nicaragua (Hernández & Guerrero ---) y Panamá (Soler et al. 1991, Soler 1993).

En Costa Rica la especie ha sido reportada en la cuenca de los ríos Virilla y Tárcoles (Silva-Benavides 1996 a, b), Sonador (Nunn 1999), Tizate (Michels 1998 b), Agrio (Wydrzycka &Lange-Bertalot 2001), Grande de Térraba (Silva-Benavides et al. 2008), Puerto Viejo (Michels-Estrada 2003) y en la zona que desagua en el Golfo Dulce (Michels et al. 2006). Además se ha encontrado en muestras de diatomita en Liberia (Chávez & Haberyan 1996).

Ecología:

Puede ser una especie oportunista que coloniza rápidamente nuevos sustratos (Hammed 2003). La especie fue reportada en ambientes alcalinos y mesotróficos, hasta levemente eutróficos, con una conductividad alta, por lo tanto fue considera una especie alcalinofila (Siver et al. 2005). Se ha considerado como una especie oligotrófica, pero como la taxa puede estar compuesta de muchas especies difíciles de diferenciar entre ellas, no se puede caracterizar fácilmente su preferencia ecológica (Potapova & Charles 2007).

La especie se encuentra en ambientes de corriente donde se adhieren fuertemente a los sustratos (Ramírez & Plata-Díaz 2008), pero también puede ser afectada por la corriente, ya que al ser una diatomea grande puede ser arrastrada (Stevenson 1983). Ha sido encontradas adherida al cuerpo de Cladóceros (Gaiser & Bachmann 2012).

En Costa Rica la especie se encontró en algunos afluentes menos ácidos del río Agrio y como epifitas sobre *Chaetophora* sp. (Wydrzycka & Lange-Bertalot 2001). En Silva-Benavides (1996 b) se reporta una alta ocurrencia en ambientes bien oxigenados, cálidas y enriquecidos con nutrientes, la señala como altamente tolerante a la contaminación orgánica y con preferencias de conductividades altas y pH neutro. También se presume que presenta una adaptación a los ambientes de sombra (Michels 1998 b).

Presentó una correlación negativa con el pH, siendo más común en aguas neutras y acompañada por las especies *S. goulardii* y *F. lanceolata* (Nunn 1999). En Michels-Estrada (2003) aparecen los valores óptimos calculados de pH 6,96, conductividad 66 µSi/cm^{-1}, 13,5 mg/L^{-1} de fosfato reactivo disuelto.

Observaciones:

Se encontraron dos variedades, las cuales son var. *ulna* y la var. *amphirhyncus*, se diferencian porque las valvas de la segunda variedad son más largas y no presentan área central (Patrick &Reimer 1966). En Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001) se identifican *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot y su forma sensu lato "*bíceps*" sensu Hustedt, la cual comparte mucho parecido con la var. *amphirhyncus*. Michels-Estrada (2003) reportó dos variedades, la var. *ulna* y la var. *oxyrhynchus.*

Análisis estadístico.

Los problemas en la identificación de las especies en ML, fueron la causa de la imposibilidad de utilizar el total de los conteos realizados, para cada uno de los sitios en los diferentes muestreos. Por lo tanto no se relacionó el total de las especies con las características fisicoquímicas de los sitios de muestreo. Solamente se utilizó la abundancia de 10 especies que fueron identificadas correctamente desde el inicio de los análisis. Además estas especies fueron muy frecuentes o dominantes en algunos de los muestreos.

Se lograron obtener datos ecológicos para las especies *Achnanthidium exiguum, Coconneis placentula, Cymbella tumida, Luticola goeppertiana, Luticola ventricosa, Navicula symmetrica, Nitzchia clausii, Nupela praecipua, Reimeria sinuata* y *Synedra goulardi*. Los datos fisicoquímicos y la abundancia relativa de las especies se muestran en los Cuadros 2 y 3 respectivamente.

Cuadro 2. Datos Fisicoquímicos para los seis sitios dentro de la cuenca del Río Sarapiquí.

Fecha	Sitio	OD (mg/L)	PH	Alcalinidad (mg/L)	Conductividad (uS/cm)	Temperatura (°C)	Turbidez NTU	TSS (mg/L)
01/10/2010	Sar.1	8.03	7.5	37.5	89	21.7	4.46	10.23
08/04/2011	Sar.1	9.35	7.5	45.8	65	19.6	0.68	8.6

28/07/2011	Sar.1	8.46	8.7		148.8	19.5	1.71	1.9
11/11/2011	Sar.1	8.65	9.25	37.5	129.5	18.5	3.97	1.8
01/06/2012	Sar.1	9.43	7	50	64	19.7		8.5
01/10/2010	Sar.2	8.09	8	27.1	112	22.9	7.95	16.73
28/07/2011	Sar.2		8.9		182	21.8	1.64	3.2
11/11/2011	Sar.2	8.62	8.68	16.7	156.4	19.9	8.81	2.05
01/06/2012	Sar.2	10.04			104	21	8.04	20.223
01/10/2010	Sar.3	8.82	7.5	35.4	109	22.2	7.48	8.24
09/04/2011	Sar.3	9.49	7.5	52.1	78	22.3	1.87	8.1
28/07/2011	Sar.3	8.59	8.5		89.8	22.1	25.65	47.6
11/11/2011	Sar.3	8.33		50		21.6	2.33	1.26
01/06/2012	Sar.3	8.34		35.4	71	24.5	5.11	12.97
01/10/2010	Volc	8.91	7	12.5	66.5	22.9	1.02	3.61
08/04/2011	Volc	10.68	7.5	22.9	68	21.4	0.35	2.15
28/07/2011	Volc	8.78	8.4		70	21	0.37	0.5
11/11/2011	Volc	8.74	8.6	25	57.5	19.4	4.23	2.31
01/06/2012	Volc	9.67	6.5	20.8	30	20.9	1.22	2.66
01/10/2010	Tiri	8.29	7	27.1	106	21	1.23	1.15
09/04/2011	Tiri	8.81	7	33.3	61.5	22.7	1.63	3.85
28/07/2011	Tiri	8.4	7.8		79.8	24.8	1.19	
11/11/2011	Tiri	7.98		25		23.8	6.02	0.5
01/06/2012	Tiri	7.88	7	25.0	46	25		1.45
01/10/2010	S.Ra	8.12	7	31.3	106.5	23.8	1.38	1.94
09/04/2011	S.Ra	8.87	7	45.8	74	22.8	4.26	34.65
28/07/2011	S.Ra	8.9	8.4		90	24.4	1.06	4.7
11/11/2011	S.Ra	8.59	8.4	33.3	79.5	23.5	9.29	0.79
01/06/2012	S.Ra	8.07	7	25.0		23.8		

Cuadro 3. Datos de la Abundancia Relativa para 10 especies de diatomeas en seis sitios dentro de la cuenca del río Sarapiquí.

Fecha	Sitio	A.exiguum	C.placentula	C.tumida	L.goeppertiana	L.ventricosa	Nav.symmetrica	Nit.clausii	Nup.praecipua	Rei.sinuata	Syn.goulardi
01/10/2010	Sar.1	16.75	1	0.25	0	0	29.5	0	0.25	8.75	0
08/04/2011	Sar.1	6.79	4.36	0	0	0	1.21	0.24	0.97	4.85	0
28/07/2011	Sar.1	2.40	2.16	0.72	0	1.44	14.45	1.20	0	4.09	0
11/11/2011	Sar.1	2.38	0.71	0	4.04	9.04	3.80	0.47	0.23	4.52	0

01/06/2012	Sar.1	26.86	3.83	0.22	0.90	1.58	0	0	1.12	1.58	0
01/10/2010	Sar.2	0.94	1.41	0	0.47	0.47	0.47	0.23	16.50	0	0.23
28/07/2011	Sar.2	0	0.24	0	0	2.91	33.98	5.33	0	0.48	0.24
11/11/2011	Sar.2	0	0.23	0	0.23	3.30	10.40	2.83	0	4.25	0.23
01/06/2012	Sar.2	0	0.46	0	0	77.03	0.23	4.64	0.23	0.92	0
01/10/2010	Sar.3	0.49	0	0.24	0	0.49	3.23	34.82	1.49	0.49	0
09/04/2011	Sar.3	0	0	0	0	0.24	0.48	2.89	0.48	0.24	0
28/07/2011	Sar.3	0	2.34	0.23	0.23	15.69	11.94	2.57	0	0	0.46
11/11/2011	Sar.3	0	0.73	0	0	0	1.22	0	0.49	0.49	0
01/06/2012	Sar.3	0.24	0.24	0	4.08	12.0	1.44	4.08	0.72	0.24	0.24
01/10/2010	Vo	0	0	0.70	0	0	7.05	0.47	0	2.35	0
08/04/2011	Vo	0	1.19	1.19	0.95	9.04	1.66	4.04	0.47	0	0.23
28/07/2011	Vo	0	1.41	0.94	1.41	19.29	0.47	1.17	1.41	0.47	0.47
11/11/2011	Vo	0	2.12	0.70	8.96	1.41	2.35	0.47	2.83	0.23	0.23
01/06/2012	Vo	0	0.23	0.23	0.46	0.93	1.16	0.69	0	0	0.23
01/10/2010	Tir	0	2.35	0.23	0.23	77.64	3.76	3.05	0	1.64	0
09/04/2011	Tir	0	0.74	0	0	57.35	0.49	0	0.24	0.99	0.24
28/07/2011	Tir	0.51	5.92	0	0.25	0.77	0.51	0	2.57	0	1.03
11/11/2011	Tir	0.24	5.62	0	0.73	0	0	0.24	6.11	0	1.71
01/06/2012	Tir	0.23	3.56	0.23	0.23	0.23	0.47	0	2.85	0	0.71
01/10/	S.	0	0.49	0	1.74	0	1.24	0	1.24	0	0.49

2010	R										
09/04/	S.	0.73	1.47	0	0.24	0.49	0.24	0	6.63	0	0.49
2011	R										
28/07/	S.	0.94	4.95	0	0	0	0.70	0.23	9.43	0	0.23
2011	R										
11/11/	S.	0.69	1.15	0	0	0	0	0	27.18	0	0.23
2011	R										
01/06/	S.	0.94	1.89	0	1.89	0	0	1.89	8.29	0	0.71
2012	R										

El Análisis de Componentes Principales (PCA) se realizó con los datos físico químicos estandarizados, con un total de 30 juegos de datos. Un resumen completo de los resultados se encuentra en el Cuadro 4.

Los dos primeros componentes explican en conjunto un 52,91% de la varianza de los datos fisicoquímicos. El peso de cada variable en ambos vectores se resume en el Cuadro 5. Para el primer componente el pH y la turbidez son las dos variables fisicoquímicas con mayor influencia en la varianza de los datos. Mientras que para el segundo componente es la temperatura la que influye mayoritariamente.

En la Figura 5 se muestran los datos del análisis de componentes principales como puntos en un plano bidimensional, los cuales se distribuyen en relación a los vectores creados para las variables fisicoquímicas. Este diagrama muestra los datos de cada sitio separados como polígonos de diferente color.

Se observa que los sitios dentro del cauce del río Sarapiquí se agrupan hacia la derecha del gráfico, estos sitios son influenciados principalmente por la turbidez, el pH y la conductividad. El sitio Sarapiquí Tirimbina se aleja de los otros dos sitios por influencia de la turbidez y el total de sólidos en suspensión. Mientras en los sitios Colonia Socorro y San Miguel fueron el pH y la conductividad los de mayor importancia. Los sitios Volcán, San Ramón y Tirimbina, se agrupan a la izquierda del gráfico, influenciados positivamente por la temperatura y negativamente por el pH y la conductividad. Además la alcalinidad se nota positiva para los sitios dentro del cauce del río Sarapiquí y negativa para los demás sitios.

Cuadro 4. Resultados del Análisis de Componentes Principales.

Componente	Valor Propio	% Varianza
1	1.74099	27.589
2	1.598	25.323
3	1.33187	21.106
4	0.732953	11.615

Cuadro 5. Peso específico para cada una de las variables fisicoquímicas en los primeros dos componentes del PCA.

Variable ambiental	Componente 1	Componente 2
OD (mg/L)	-0.19524	-0.28648
PH	0.51696	-0.32942
Alcalinidad (mg/L)	0.04889	-0.001896
Conductividad (µS/cm)	0.45896	-0.34708
Temperatura (°C)	-0.17118	0.59333
Turbidez (NTU)	0.54623	0.36021
TSS (mg/L)	0.39233	0.45514

El día antes a la toma de la muestra en el sitio Sarapiquí Tirimbina (28/7/11) se registró un fuerte aguacero, el cual pudo haber provocado un aumento en el arrastre de sedimentos y en la turbidez de las aguas. Este fue el sitio con menor elevación en el área de muestreo, lo que ocasiona que las aguas naturalmente se carguen con sedimentos y al pasar por el sitio se registren valores altos en estas dos variables. Otro posible factor en el aumento de sólidos y turbidez, es que la cuenca del río Sarapiquí se ha visto afectada por procesos geotectónicos como los ocurridos en el pasado "Terremoto de Cinchona", por el cual dio inicio este proyecto de investigación. Estos procesos han generado zonas de derrumbes en las laderas de las montañas que son lavadas por el agua de escorrentía y transportadas por los ríos.

El análisis de Clúster, utilizando la Euclidiana como índice de similitud, generó el dendrograma de la Figura 6. Este análisis presenta un coeficiente de correlación cofenética de 0.8039. Se observa como el sitio Sarapiquí Tirimbina (28/7/11) se separa inicialmente por los máximos antes discutido.

Los dos primeros grupos en diferenciarse son los conformados por los sitios dentro del cauce del río Sarapiquí a la derecha y sitios dentro del río Sarapiquí y Volcán a la

izquierda. Este último se puede deber a que el sitio de muestreo del río Volcán se encuentra muy cerca del sitio San Miguel y las características de vegetación y sustrato eran muy similares a las que se encontraron en el río Sarapiquí. Los sitios Tirimbina y San Ramón se agrupan principalmente en un tercer grupo en el centro del dendrograma, estos compartieron similitud en la cobertura boscosa y sustrato.

Los datos del clúster son similares a los obtenidos en el Análisis de Componentes Principales y se puede concluir que los sitios se separan por sus características fisicoquímicas. Esto genera la separación de los sitios dentro del cauce, los sitios Tirimbina y San Ramón y por ultimo Volcán.

Por medio del Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se obtuvo la Figura 7. Un resumen de los resultados obtenidos se detalla en el Cuadro 6. Los ejes 1 y 2 explican en conjunto un 58.18% de la abundancia de las 10 especies.

Cuadro 6. Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)

Componente	Valor Propio	% Varianza
1	0.31156	34.57
2	0.2128	23.61
3	0.18786	20.84
4	0.16041	17.8

A. exiguum se encuentra relacionada a la parte alta del río Sarapiquí, en especial con el sitio Colonia Socorro. Esta especie es influenciada positivamente por la alcalinidad de las aguas y negativamente por el pH. La especie *R. sinuata* se relaciona también con este sitio, aunque en menor manera que *A. exiguum. R. sinuata* es influenciada positivamente por la alcalinidad y el oxígeno disuelto, mientras que prefiere sitios con baja turbidez.

L. ventricosa se relacionó con los sitios Tirimbina y Sarapiquí por Tirimbina principalmente. Estos sitios están influenciados positivamente por el oxígeno, mientras que presentan una relación contraria con la temperatura.

N. praecipua, *S. goulardi* y *C. placentula* se relacionaron a los sitios San Ramón y Tirimbina, los cuales están influenciados positivamente por la temperatura y negativamente por el oxígeno de sus aguas. *N. clausi* y *L. goeppertiana* se relacionaron a los sitios dentro

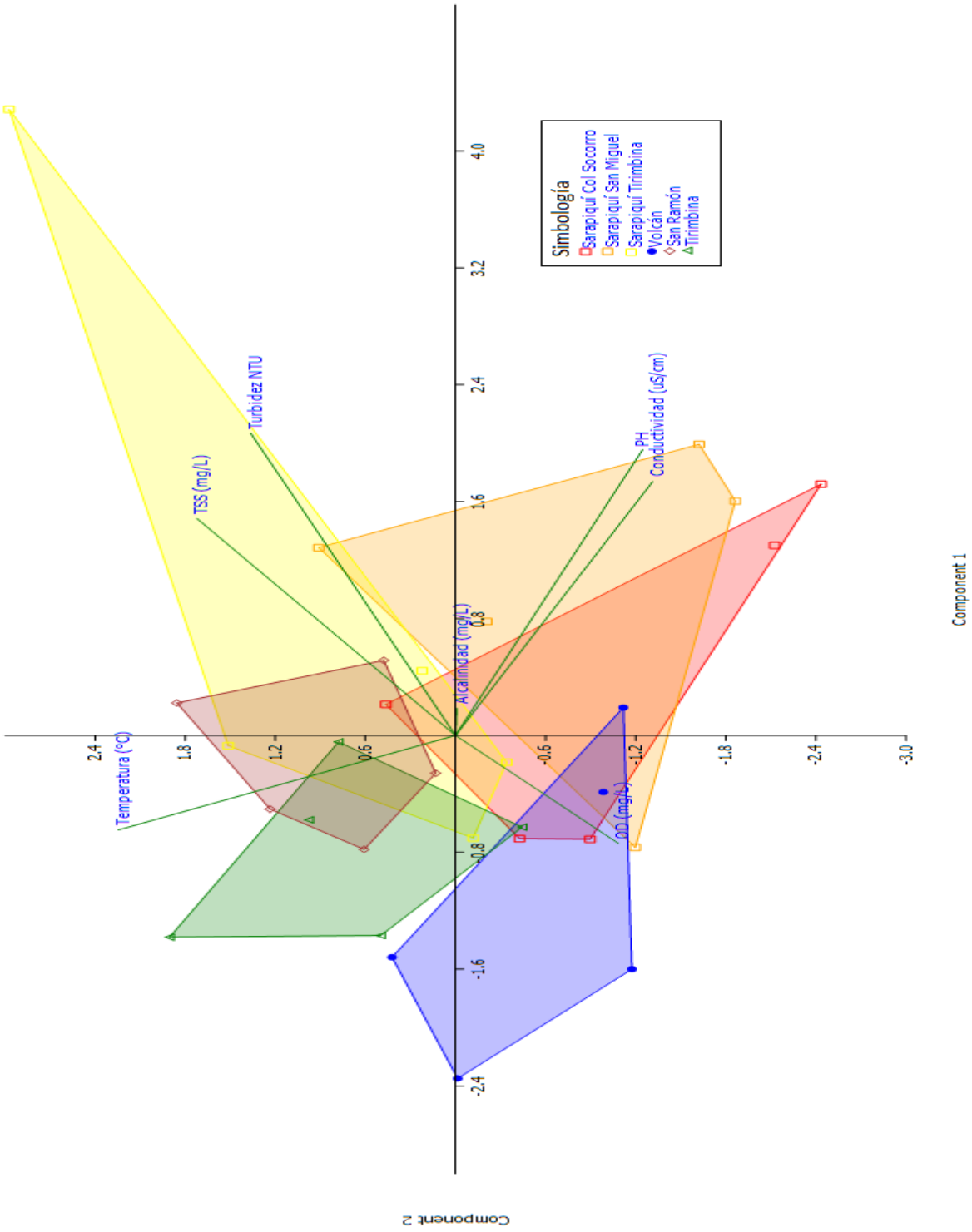


Figura 5. Diagrama de distribución del Análisis de Componentes Principales, basado en los parámetros fisicoquímicos estandarizados.

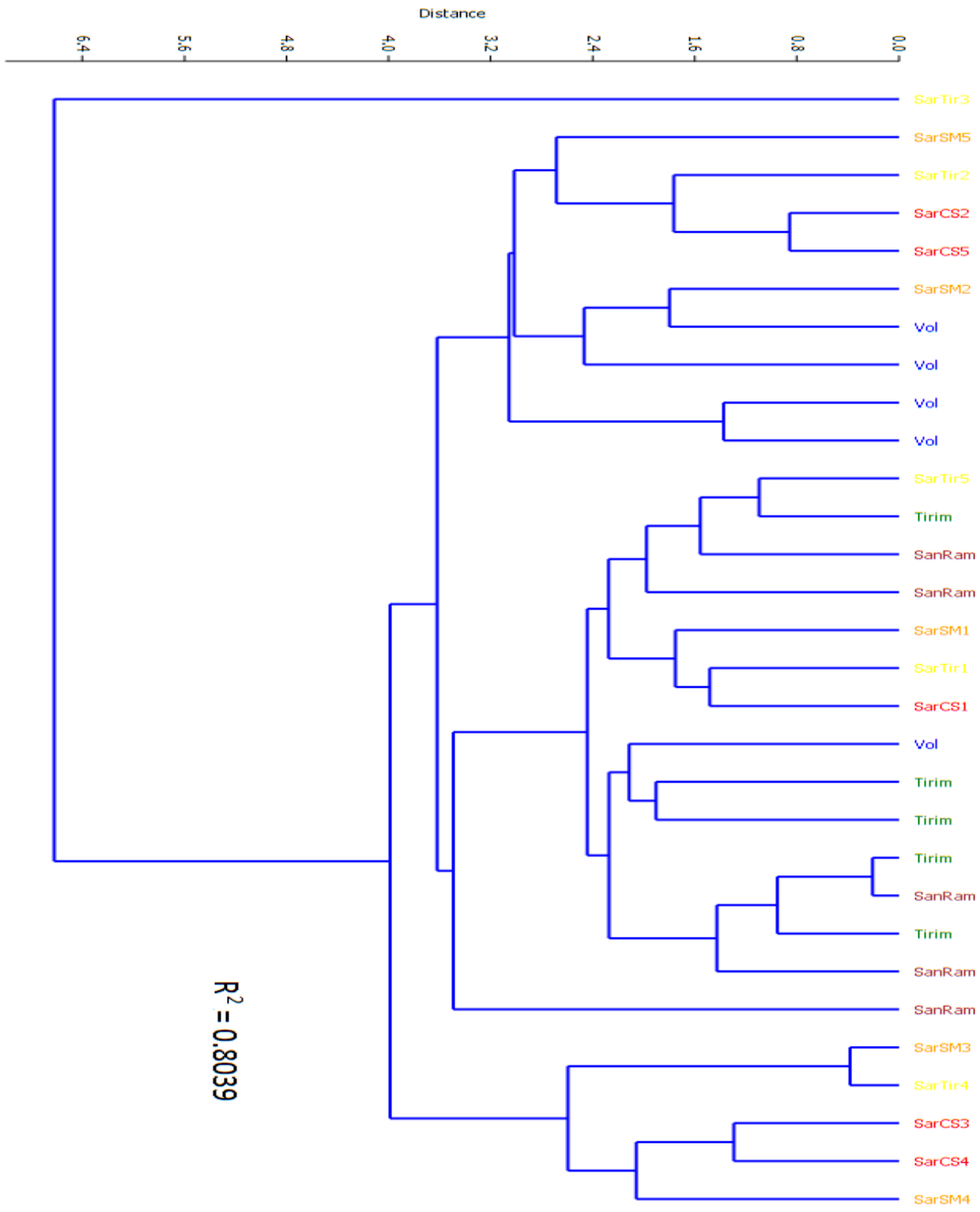


Figura 6. Dendrograma resultado del análisis Clúster para el promedio de los valores de las variables fisicoquímicas de los sitios.

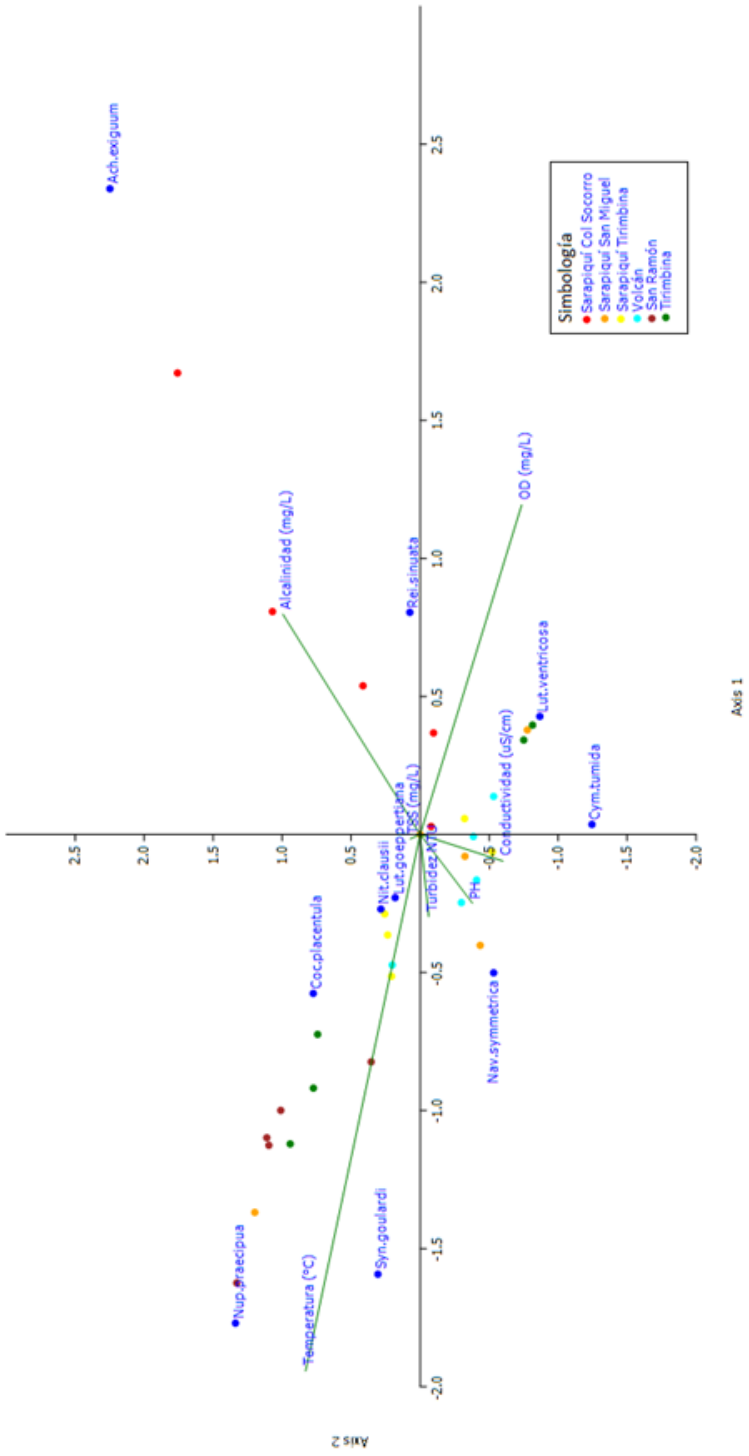


Figura 7. Diagrama de distribución de las especies por sitios resultado del Análisis de Correspondencias Canónicas.

del cauce del Sarapiquí y Volcán, estos sitios fueron influenciados igualmente por la temperatura y el oxígeno, aunque en menor cantidad.

N. symmetrica y *C. tumida* se relacionaron con los sitios Volcán, Sarapiquí San Miguel y Sarapiquí Tirimbina. Estos sitios presentaron similitud en sus características físico químicas en los anteriores análisis (PCA, Clúster), por lo tanto estas especies comparten similitud en sus preferencias ecológicas. *N. symmetrica* presenta una mayor influencia negativa por la alcalinidad.

Los resultados obtenidos para los óptimos y la tolerancia de las especies para las diferentes variables fisicoquímicas se resumen en el Cuadro 7. Respecto al oxígeno disuelto las especies presentan niveles óptimos relativamente altos, lo que nos hace pensar que estas especies requieren de ambientes con buena oxigenación. La especie *C. tumida* fue la que presentó una mayor tolerancia al cambio de oxígeno disuelto.

Las especies presentaron un nivel óptimo de pH mayor a 7, con tolerancias similares. La especie *L. goeppertiana* fue la especie que presentó una mayor tolerancia a los cambios en el pH. Respecto a la alcalinidad la mayoría de las especies mostraron niveles óptimos cercanos a los 30 mg/L, mientras que *A. exiguum* presentó un nivel más alto. Pero las especies *C. placentula, N. symmetrica* y *R. sinuata* presentaron las mayores tolerancias a los cambios en la alcalinidad.

Los valores óptimos calculados para la conductividad fueron mayores en *N. symmetrica, N. clausii* y *R. sinuata*, descendentemente. Se observa como *N. symmetrica* presenta la mayor tolerancia a los cambios en conductividad. Los valores óptimos de temperatura para estas especies estuvo por arriba de los 20°C y fueron las especies *C. placentula* y *L. goeppertiana* las que presentaron rangos más amplios de tolerancia.

Respecto a la turbidez las especies *N. clausii* y *N. praecipua* presentaron los dos valores óptimos más altos. Seguidos por *N. symmetrica* y *S. goulardi*, estas últimas fueron las que presentaron una mayor tolerancia a los cambios en la turbidez del agua. Algunas otras especies como *C. placentula, C. tumida* y *L. ventricosa* presentaron niveles altos de tolerancia respecto a la turbidez.

Las especies *L. ventricosa* y *N. clausi* presentaron los valores óptimos más altos respecto al TSS, seguidas por *N. symmetrica* y *A. exiguum* respectivamente. Sin embargo fue la especie *S. goulardi* la que presentó la mayor tolerancia a la variación en los sólidos

en suspensión. Otras especies como *L.ventricosa* y *N. symmetrica* también tuvieron rangos de tolerancia bastantes altos.

Cuadro 7. Resultados de los valores óptimos y tolerancias (±) calculadas para las 10 especies de diatomeas.

Variable	A.exiguum	C.placentula	C.tumida	L.goeppertiana	L.ventricosa	N.symmetrica	N.clausii	N.praec
OD (mg/L)	8.87	8.63	9.10	8.64	9.10	8.48	8.95	8.48
	±0.63	±0.6	±0.87	±0.52	±0.75	±0.46	±0.62	±0.41
PH	7.41	7.75	7.80	8.21	7.46	8.21	7.73	7.93
	±0.56	±0.66	±0.7	±0.83	±0.73	±0.73	±0.58	±0.58
Alcalinidad	43.89	33.42	24.89	30.05	30.11	30.36	33.15	31.54
(mg/L)	±6.89	±10.25	±9.01	±6.91	±4.91	±10.26	±7.38	±6.85
Conductividad	79.03	81.81	79.18	79.06	92.22	124.07	107.99	85.71
(µS/cm)	±21.89	±25.9	±30.44	±28.57	±23.57	±43.98	±29.92	±17.68
Temperatura	20.57	22.39	21.16	21.17	21.47	21.37	21.97	23.25
(°C)	±1.41	±2.08	±1.36	±2.3	±1.11	±1.22	±1.04	±1.18
Turbidez	3.57	4.15	2.79	4.01	4.74	5.27	6.32	6.26
NTU	±2.04	±5.8	±5.18	±2.75	±5.84	±6.81	±4.73	±3.19
TSS (mg/L)	8.72	7.76	4.64	5.01	9.93	8.84	9.04	7.94
	±3.92	±11.78	±9.05	±6.82	±12.08	±12.77	±8.85	±10.11

DISCUSIÓN.

Las diatomeas son fáciles de obtener y procesar para ser observadas en el microscopio, sin embargo existen algunos taxones que por su pequeño tamaño o por la falta de resolución del equipo no son posibles de diferenciar. Este problema fue expuesto anteriormente para muestras donde la técnica de microscopia de luz no ofrecía la resolución suficiente para poder diferenciar entre las especies de Fragilariaceae (Morales et al. 2001).

Recientemente la taxonomía del grupo de algas Bacillariophyceae se ha valido de la microscopia electrónica para definir nuevas características taxonómicas que sirven para diferenciar entre los grupos (Round et al. 1990). Esto ha generado la fragmentación de los géneros tradicionales como *Navicula* y *Achnanthes.* Por lo tanto se han generado una gran cantidad de géneros nuevos, los cuales en muchas ocasiones solamente son diferenciables en MEB.

En el presente estudio se reconoce el problema respecto a la identificación adecuada de géneros y especies. En el caso de *Achananthidium sp. aff. deflexum* y *A. subhudsonis* se tuvieron problemas con la adecuada identificación de las especies en ML. Estas comparten similitud en su rango de tamaño y la resolución de la estructura fina de las estrías no es posible de apreciar con técnicas ordinarias de ML. En *A. sp. aff. deflexum* la densidad de las estrías es mayor y las areolas de menor tamaño, sin embargo ambas características solamente fueron apreciables en MEB (Imagen 138, a la derecha *A. sudhudsonis* y a la izquierda dos individuos de *A. sp. aff. deflexum*)

Otro ejemplo es el ocurrido con las especie *S. seminulum* y *E. minima*, estas especies inicialmente fueron confundidas y solamente por medio de la comparación con material en MEB expuesto por Silva (1994), Rumrich et al. (2000) y Wydrzycka & Lange-Bertalot (2001), fue posible determinar su adecuada identidad. *E. minima* presenta una sola fila de areolas (Imagen 28), mientras que *S. seminulum* cuenta con estrías formadas por una doble a triple fila de areolas (Imagen 108 -110). Estas especies presentan un tamaño muy reducido que no permite la diferenciación en la estructura fina de la valva. En un rango de tamaño entre los 2 y 10 µm se hace evidente la limitación de la ML (Morales 2001). Estas especies llegaron a ser dominantes en algunos sitios analizados en ML, por lo tanto se vuelve necesaria su apropiada identificación.

La importancia del análisis de la estructura fina de las valvas se manifiesta en la especie *Gomphonema sp. aff demerarae*, en la cual se deben observar las estrías y depresiones sobre la superficie de la valva para poder diferenciarla de los otro taxones por ejemplo *G. butantanum* (Imagen 213: 9 – 10 en Metzeltin & Lange-Bertalot 2007).

En las especies del género Gyrosigma la densidad de las estrías no es fácilmente apreciable en ML, se requiere de la técnica de contraste de fases para poder observar algunos de los detalles finos. Estos detalles son necesarios para la adecuada identificación de los diferentes taxones, sin embargo no todas las características como la forma de los poros proximales del rafe son apreciables en ML.

Al igual que en Morales et al. (2001) la resolución obtenida en ML no fue la suficiente para lograr observar las espinas espatuladas que salen del manto de las valvas en la especie *Fragilaria capucina* (Fig. 29). También fue evidente la utilidad del MEB en revelar las protuberancias y espinas, en *M. varians* (Imagen 58 – 60) y *Surirella sp.* (nov?) (Imagen 123 – 126).

Respecto al análisis ecológico de las diatomeas se debe notar que los datos ecológicos recopilados en la literatura pueden llegar a causar confusión. Esto porque en distintos trabajos se habla sobre las preferencias ecológicas de una misma especie y sus opiniones pueden llegar a ser opuestas. Por ejemplo para la especie *C. tumida* en el trabajo de Krammer (2002) se dice que la especie en los trópicos prefiera ambientes oligotróficas a mesotróficas, mientras anteriormente Krammer y Lange-Bertalot (1986) habían afirmado que la especie en Europa es de aguas mesotróficas a eutróficas.

Esto demuestra que los trabajos que fundamentan sus análisis y discusiones en base a trabajos realizados en regiones distintas del mundo pueden llegar a conclusiones erróneas. Por lo tanto se requiere de un análisis individualizado para cada sitio o región de muestreo, ya que el hecho de una errónea identificación de la especie puede llevar a generar datos falsos.

CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se analizaron 55 especies, de las cuales 41 se identificaron a nivel de especie, nueve como morfo especies, con afinidad o forma similar a una especie anteriormente descrita; y cinco especies que se presumen como nuevas especies. La utilización de la técnica de microscopia electrónica permitió tener un mayor conocimiento taxonómico de las especies presentes en la cuenca del río Sarapiquí.

Además se logró obtener importante información sobre las condiciones ambientales óptimas para 10 especies que en ocasiones llegaron a ser dominantes o muy frecuentes a lo largo de todo el tiempo de muestreo.

Aunque se reconoce su utilidad como indicadoras de la calidad ecológica de un cuerpo de agua, ya sea en tiempos recientes o para reconstruir las condiciones del pasado (Stoermer & Smol 1999), aún falta mucho conocimiento sobre la taxonomía y ecología de las especies en los trópicos.

La identificación adecuada de los organismos utilizados como indicadores de la calidad es crucial para la veracidad de los resultados. Por lo tanto en la medida de lo posible se debe utilizar la MEB para determinar la identidad de las especies y microscopía de luz con la técnica de contraste de fases para la realización de los conteos.

BIBLIOGRAFÍA.

Antoniades, D., M. S. V. Douglas & J. P. Smol 2005. Benthic Diatom Autecology and Inference Model Development From the Canadian High Arctic Archipelago. J. Phycol. 41: 30-45.

Bahls, L. L. 2009. A Checklist of Diatoms from Inland Waters of the Northwestern United States. P. Acad. Nat. Sci. Phila. 158: 1-35.

Bere, T & J. G. Tundisi. 2011a. Influence of land-use patterns in benthic diatom communities and water quality in the trophical Monjolinho hydrological basin, Sao Carlos- SP, Brazil. Water SA. 37: 93-102.

Bere, T. & J. G. Tundisi. 2011b. Diatom-based water quality assessment in streams influence by urban pollution: effects of natural and two selected artificial substrates, São carlos-sp, Brazil. Braz. J. Aquat. Sci. Technol. 15: 54-63.

Bere, T. & J. G. Tundisi. 2010. Epipsammic diatoms in streams influenced by urban pollution, Sao Carlos, SP, Brazil. Braz. J. Biol. 70: 921-930.

Bere, T. 2014. Ecological preferencesof benthic diatoms in a tropical river system in Sao Carlos-SP, Brasil. Trop. Ecol. 55: 47-61.

Bertolli, L. M., P. I. Tremarin & T. A. V. Ludwig. 2010. Diatomáceas perifíticas em Polygonum hydropiperoides Michaux, reservatório do Passaúna, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. Acta Bot. Bras. 24: 1065-1081.

Bes, D., E. Luc, L. C. Torgan & E. A. Lobo. 2012. Composition of the epilithic diatom flora from a subtropical river, Southern Brazil. Iheringia 67: 93-125.

Besse-Lototskaya, A., P. Verdonschot, M. Coste & B. Van de Vijver. 2010. Evaluation of european diatom trophic índices. Ecol. Indic. 11: 456-467.

Beyene, A., T. Addis, D. Kifle, W. Legesse, H. Kloos & L. Triest. 2009. Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: Case study of the Kebena and Akaki rivers in Addis Ababa, Ethiopia. Ecol. Indic. 9: 381-392.

Bhattacharya, D. & Medlin L. 1998. Algal phylogeny and the origin of land plants. Plant. Physiol. 116: 9-15.

Boyer, C. 1927. Synopsis of North American Diatomaceae. Part II. Naviculatae, Surirellatae. P. Acad. Nat. Sci. Phila. 129: 1-583.

Brassac, N. & T. Ludwig. 2003. Fragilariaceae (Bacillariophyceae) de rios da bacia do Iguaçu , Estado do Paraná , Brasil 1. Rev. Bras. Bot. 26: 311-318.

Cairns, J. & K. Dickson. 1972. Biological Methods for the Assessment of Water Quality. American Society for Testing and Materials. EE.UU., Philadelphia. 257p.

California Academy of Science. 2012. Diatom Genus Project. California, EEUU. (Consultado 24 marzo 2012, www.calacademy.org).

Camburn, K.E. & D. F. Charles. 2000. Diatoms of Low- Alkalinity Lakes in the Northeastern United States. Academy of Natural Sciences of Philadelphia Special Publication 18. Philadelphia, U.S.A. 152 pp.

Cantoral-Uriza, E. A. & M. Aboal. 2008. Diatomeas (Bacillariophyceae) del marjal Oliva-Pego (Comunidad Valenciana, España). Ann. Jar. Bot. Madrid 65: 111-128.

Chávez, L. & K. Haberyan. 1996. Diatoms assemblages from the Camastro Diatomite, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44: 899-902.

Cho, Kyung-Je. 2000. Epipsammic diatom flora of the Pukchong-Namdaechon river of North Korea. Algae 15 (4): 233-254.

Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian Journal of Ecology 18:117-143.

Coste, M., S. Boutry, J. Tison-Rosebery & F. Delmas. 2009. Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI- 2006). Ecol. Indic. 9: 621-650.

Cox, E. 1975. A reappraisal of the diatom genus Amphipleura Kütz. Using light and electron microscopy. Brit. Phycol. J. 10: 1-12.

Da Silva, A., T. A. Veiga, P. I. Tremarin & I. Schincariol. 2010. Diatomáceas perifíticas em um sistema eutrófi co brasileiro (Reservatório do Iraí, estado do Paraná). Acta Bot. Bras. 24: 997-1016.

De Faria, D. M., P. I. Tremarin & T. A. Veiga L. 2010. Diatomáceas perifíticas da represa Itaqui, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthales e Gomphonema Ehrenberg. Biota Neotrop. 10: 415-427.

Delgado, S. M. & M. Machado. 2007. Diatomoflórula Perifítica do rio Descoberto – DF e GO, Brasil, Naviculales (Bacillariophyceae): Diploneidineae e Sellaphorineae. Acta Bot. Bras.l 21: 767-776.

Dodd, J. J. 1987. Diatoms: The Illustrated Flora of Illinois. Southern Illinois University Press. U.S.A. 477 pp.

Dunck, B., I. de Souza & M. Machado. 2012. Stenopterobia and Surirella (Bacillariophyceae, Surirellaceae) of Lago dos Tigres System, Britania, Goiás. Rodriguésia 63: 525-539.

Falasco, E. & Bona F. 2013. Recent findings regarding non-native or poorly known diatom taxa in north-western Italian rivers. J. Limnol. 72: 35-51.

Feio, M., S. Almeida, S. Craveiro & A. Calado. 2009. A comparison between biotic indices and predictive models in streams water quality assessment based on benthic diatom communities. Ecol. Indic. 9: 497-507.

Ferrari, F. & T. Veiga. 2007. Coscinodiscophyceae , Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthales) dos rios Ivaí , São João e dos Patos , bacia hidrográfica do rio Ivaí , município de Prudentópolis , PR , Brasil. Acta Bot. Bras. 21: 421-441.

Ferreira, E., S. F. P. Almeida, M. L. Nunes, A. T. Luís, F. Borg, M. Hedlund, C. Marques, C. Patinha & P. Teixeira. 2009. Heavy metal pollution downstream the abandoned Coval da Mó mine (Portugal) and associated effects on epilithic diatom communities. Sci. Tot. Enviro. 407: 5620–5636.

Frenguelli, J. 1933. Contribuciones al conocimiento de las diatomeas Argentinas. VII. Diatomeas de la región de los Esteros del Ybera (en la Provincia de Corrientes). Ann. Mus. Nac. His. Nat. 37: 365-475.

Frenguelli, J. 1930. Diatomeas contenidas en una muestra de trípoli de Calama, en Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 34: 195-199.

Fritsch, F. E. 1971. The structure and reproduction of the algae. Cambridge, Londres, Inglaterra. 791 pp.

Fujita, Y. & Ohtsuka, T. 2005. Diatoms from paddy fields in northern Laos. Diatom 21: 71-89

Gaiser, E. & W. Bachmann. 2012. The ecology and taxonomy of epizoic diatoms on Cladocera. Lymnol. Oceanogr. 38: 628-637.

Gerloff, J., Natour R. M., Rivera P. 1978. Diatoms from Jordan. Willdenowia, 8: 261-316

Giffen, M. H. 1963. Contributions to the Diatom Flora of Southern Africa II. Diatoms from the Hog's Back Region of the Amatola Mountains, Eastern Cape Province, South Africa. Hydrobiologica 21: 201-265

Goldsborough, L. G. 1994. Heterogeneous Spatial Distribution of Periphytic Diatoms on Vertical Artificial Substrata. J. N. Am. Benthol. Soc. 13: 223-236.

Gómez, M. A. 1992. Evaluación de yacimiento de diatomita en Quebrada Grande, Liberia, Guanacaste (Costa Rica). Tesis Licenciatura en Geología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Gotoh, T. & Kubota, H. 2010. Diatoms from Lake Kinrin in the Yufuin Town, Oita Prefecture. Diatom 26: 17-39

Guiry, M. D. & G. M Guiry. 2012. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, Ireland. (Consultado 24 marzo 2012, www.algaebase.org).

Hameed, H. A. 2003. The colonization of periphytic diatom species on artificial substrates in the Ashar canal, Basrah, Iraq. Limnologica 33: 54-61.

Hernández, S. E. & M. Guerrero A.------ Diatomeas como indicadores Biológicos de la Calidad del Agua en el Lago Cocibolca / CIRA/UNAN.

Hoagland, K. D., S. C. Roemer & J. R. Rosowski. 1982. Colonization and Community Structure of Two Periphyton Assemblages, with Emphasis on the Diatoms (Bacillariophyceae). Am. J. Bot. 69: 188-213.

Ibarra C., R. Tavera & E. Novelo. 2009. Diversidad y estructura de las comunidades de diatomeas del perifiton y el metafiton en un humedal tropical en México. Rev. Mex. Biodivers. 80: 763-769.

Instituto Meteorológico Nacional – Costa Rica. 2009. Atlas climatológico de Costa Rica, versión digital. San José, Costa Rica.

Jüttner, I., Krammer, K., Van De Vijver, B., Tuji, A., Simkhada, B., Gurung, S., Sharma, S., Sharma, C. & Cox, E. J. 2010. Oricymba (Cymbellales, Bacillariophyceae), a new cymbelloid genus and three new species from the Nepalese Himalaya. Phycologia 49: 407-423

Kaštovský, J., K. Fučíková, T. Hauer & M. Bohunická. 2011. Microvegetation on the top of Mt. Roraima, Venezuela. Fottea 11: 171-186.

Kelly M. G., C. Gómez-Rodríguez, M. Kahlert, S. F.P. Almeida, C. Bennett, M. Bottin, F. Delmas, J. Descy, G. Dörflinger, B. Kennedy, P. Marvan, L. Opatrilova, I. Pardo, P. Pfister, J. Rosebery, S. Schneider & S. Vilbaste. 2012. Establishing expectations for pan-European diatom based ecological status assessments. Ecol. Indic. 20: 177-186.

Kihara, Y., Y. Sahashi, S. Arita & T. Ohtsuka. 2009. Diatoms of Yamakado Moor in Shiga Prefecture, Japan. Diatom 25: 91-105.

Kociolek, P. (2011). Gomphonema mexicanum. In Diatoms of the United States. Retrieved September 13, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/gomphonema_mexicanum

Kociolek, P. (2011). Nitzschia brevissima. In Diatoms of the United States. Retrieved September 24, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/nitzschia_brevissima

Kociolek, P. (2011). Nitzschia clausii. In Diatoms of the United States. Retrieved September 24, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/nitzschia_clausii

Kociolek, P. (2011). Nitzschia palea. In Diatoms of the United States. Retrieved September 26, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/nitzschia_palea

Kociolek, P., & Graeff, C. 2011. Frustulia saxonica. In Diatoms of the United States. Retrieved September 11, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/frustulia_saxonica

Kociolek, P., and Graeff, C. (2011). Frustulia vulgaris. In Diatoms of the United States. Retrieved September 11, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/frustulia_vulgaris

Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1986-1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae. 2/1: Naviculaceae; 2/2: Bacillariaceae, Epithmiaceae, Surirellaceae; 2/3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae; 2/4: Achnanthaceae. Gustav Fischer, Stuttgart, Alemania.

Krammer, K. 2000. Diatoms of Europe. The genus Pinnularia. A. R. G. Gantner. Verlag. K. G. Germany. 703 pp.

Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Addison-Welsey, Nueva York, EEUU.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. 152 pp.

Lange-Bertalot, H. 1993. 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2/1-4. J. Cramer Berlin, Stuttgart, Alemanía.454 pp.

Lange-Bertalot, H. & D. Metzeltin. 1996. Indicators of Oligotrophy. Iconographia Diatomologica Vol. 2. Koeltz, Koenigstein, Alemania. 390 pp.

Lange-Bertalot, H., P. Cavacini, N. Tagliaventi & S. Alfinito. 2003. Diatoms of Sardinia. Rare and 76 new species in rock pools and other ephemeral waters. In Iconographia Diatomologica 12, ed. H. Lange-Bertalot. 438 pp.

Lee, R. E.2008. Phycology. Cambridge, New York, EEUU. 533 pp.

Legendre, P. & L. Legendre. 1998. Numerical Ecology, 2nd English ed. Elsevier, 853 pp.

Leira, M. & S. Sabater. 2005. Diatom assemblages distribution in catalan rivers, NE Spain, in relation to chemical and physiographical factors. Water Res. 39: 73–82.

Leps, J. & P. Smilauer. 2003. Multivariate analisis of Ecological Data Using CANOCO. Cambridge Press. Reino Unido. 269 pp.

Levkov, Z. & D. M. Williams. 2011. Fifteen new diatom (Bacillariophyta) species from Lake Ohrid, Macedonia. Phytotaxa 30: 1-41.

Levkov, Z. & L. Ector. 2010. A comparative study of Reimeria species (Bacillariophyceae). – Nova Hedwigia 90: 469-489.

Levkov, Z., K. Caput & L. Ector. 2010. A taxonomical study of Rhoicosphenia Grunow (Bacillariophyceae) with a key for identification of selected taxa. Fottea 10: 145-200.

Linares, J. E., L. Olofsson & P. Sánchez. 2007. Comunidades de diatomeas epipélicas en las lagunas de montaña de Sierra Nevada (Granada, España). Limnetica 26: 99 – 113.

Lobban, C. S., M. Schefter, R. W. Jordan, Y. Arai, A. Sasaki, E. C. Theriot, M. Ashworth, E. C. Ruck. & C. Pennesi. 2012. Coral-reef diatoms (Bacillariophyta) from Guam: new records and preliminary checklist, with emphasis on epiphytic species from farmer-fish territories. Micronesica 43: 237 – 479.

Lowe, R. en Morales, E. 2001. Fifth NAWQA Taxonomy Workshop on Harmonization of Algal Taxonomy June 2001. Academy of Natural Science of Philadelphia. 63 pp.

Machuca, N. & T. A. Veiga L. 2006. Diatomáceas da Bacia do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil: Pinnularia e Caloneis. Hoehnea 33: 127-142.

Maidana, N. I. & C. Seeligmann. 2006. Diatomeas (Bacillariophyceae) de Ambientes Acuáticos de Altura de la Provincia de Catamarca, Argentina II. Bol. Soc. Argent. Bot. 41: 1 - 13.

Manoylov, K. & P. Hamilton. 2010. Navicula symmetrica. In Diatoms of the United States. Retrieved September 19, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula_symmetrica

Manoylov, K. (2010). Nitzschia dissipata. In Diatoms of the United States. Retrieved September 25, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/nitzschia_dissipata

Margalef, R. 1949. Las asociaciones de algas en aguas dulces de pequeño volumen del noroeste de España. Vegetatio 1: 258 – 284.

Marquardt G. C., C. B. Furstenberger, T. E. Chaouiche, R. Caparica & L. Carapunarla. 2010. Periphytic diatoms (Bacillariophyceae) in natural substrates from the rio das Pedras, located in Guarapuava, state of Paraná, Brazil. TerraPlural, Ponta Grossa 4: 217-240.

Metzeltin, D. & H. Lange-Bertalot. 1998. Tropical Diatoms of South America I. Iconographia Diatomologica Vol. 5. Koeltz, Königstein, Alemania. 695 pp.

Metzeltin, D. & H. Lange–Bertalot. 2007. Tropical Diatoms of South America II. Iconographia diatomologica Vol. 18. Koeltz, Königstein, Alemania. 877 pp.

Michels, A. 1996. Untersuchungen zur Diatomeenvegetation tropischer Fließgewässer und ihre Entwicklung unter dem Einfluß von Abwässern in Costa Rica, Mittelamerika. Tesis de Diploma, Universidad Albert- Ludwigs- Freiburg, Alemania.

Michels, A. 1998 a. Use of diatoms (Bacillariophyceae) for water quality assessment in two tropical streams in Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 46: 153–175.

Michels, A. 1998 b. Effects of sewage water on diatoms (Bacillariophyceae) and water quality in two tropical streams in Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 46: 143-152.

Michels, A., G. Umaña & U. Raeder. 2006. Epilithic diatom assemblages in rivers draining into Golfo Dulce (Costa Rica) and their relationship to water chemistry, habitat characteristics and land use. Arch. Hydrobiol. 165: 167-190.

Michels-Estrada, A. 2003. Ökologie und Verbreitung von Kieselalgen in Fliessgewässern Costa Ricas als Grundlage für eine biologische Gewässerbeurteilung in den Tropen. Dissertationes Botanicae 377, Cramer, Stuttgart, Alemania.

Montoya Y. M. & J. J. Ramírez R. 2007. Variación estructural de la comunidad perifítica colonizadora de sustratos artificiales en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. Rev. Biol. Trop. 55: 585-593.

Montoya-Moreno, Y., S. Sala, A. Vouilloud & N. Aguirre. 2011. Capartogramma crucicula (Grunow ex Cleve) Ross, primer registro del género para Colombia. Universitas Scientiarum 16: 70-76.

Morales, E. A., P. A. Siver, F. R. Trainor. 2001. Identification of Diatoms (Bacillariophyceae) during Ecological Assessments: Comparison between Light Microscopy and Scanning Electron Microscopy Techniques. P. Acad. Nat. Sci. Phila. 151: 95 - 103.

Morales E. A. & M. L. Vis. 2007. Epilithic Diatoms (Bacillariophyceae) from Cloud Forest and Alpine Streams in Bolivia, South America. P. Acad. Nat. Sci. Phila. 156: 123-155.

Morales, E. A., M. L. Vis, E. Fernández & J. P. Kociolek. 2007. Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America II: A preliminary report on the diatoms from Sorata, Department of La Paz. Acta Nova 3: 680-696.

Morales, E. A., M. L. Vis, E. Fernández & J. P. Kociolek. 2009. Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America 3: diatoms from Sehuencas, Carrasco National Park, Department of Cochabamba. Acta Bot. Croat. 68: 263 – 283.

Morales, E., E. Luc, E. Fernández, M. H. Novais, D. Hlúbiková, P. B. Hamilton, S. Blanco, M. L. Vis & J. P. Kociolek. 2011. The genus Achnanthidium Kütz. (Achnanthales, Bacillariophyceae) in Bolivian streams: a report of taxa found in recent investigations. Algological Studies 136/137: 89-130

Nunn, A. 1999. Charakterisierung zweier tropischer Fließgewässer Costa Ricas anhand der Diatomeen- und der Makroinvertebratengesellschaften sowie ausgewählter

Umweltparameter. Tesis Diploma, Estación Limnologica TU-München, Iffeldorf, Alemania.

O'Driscoll, C., E.de Eyto, M. Rodgers, M. O'Connora, Z. Asama & L. Xiao. 2012. Diatom assemblages and their associated environmental factors in upland peat forest rivers. Ecol. Indic. 18: 443–451.

Ohtsuka, T., S. Kato, K. Asai & T. Watanabe. 2009. Checklist and illustrations of diatoms in Laguna de Bay, Philippines, with reference to water quality. Diatom 25 : 134-147.

Oliveira, M. A., L. C. Torgan, E. A. Lobo & A. Scharzbold. 2001. Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in the arroio Sampaio basin, rs, Brazil: relationships with abiotic variables. Braz. J. Biol. 61: 523-540.

Patrick, R. & C.W., Reimer.1966. The diatoms of United States. Philadelphia, vol 1. Monogr. Acad. Nat. Sci., Philadelphia, USA. 688pp.

Phillips, R. E. 1987. Estudio de las poblaciones de diatomeas perifiticas (Bacillariophyceae) en tres riachuelos no contaminados de la Vertiente Atlántica de Costa Rica: Estación Biológica La Selva (OET) (10 24-26'N, 84 00-02'W), Puerto Viejo de Sarapiquí, Heredia. Tesis Licenciatura en biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Ponader, K. & M. G. Potapova. 2007. Diatoms from the genus Achnanthidium in flowing waters of the Appalachian Mountains (North America): Ecology, distribution and taxonomic notes. Limnologica 37: 227-241.

Ponader, K. en Morales, E. 2001. Fifth NAWQA Taxonomy Workshop on Harmonization of Algal Taxonomy June 2001. Academy of Natural Science of Philadelphia. 63 pp.

Potapova M. & D. F. Charles. 2007. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. Ecol. Indic. 7: 48-70.

Potapova, M. & D. Charles. 2007. Diatoms metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. Ecol. Indic. 7: 48-70.

Potapova, M. (2009). Reimeria sinuata. In Diatoms of the United States. Retrieved September 18, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/Reimeria_sinuata

Potapova, M. (2009). Rhoicosphenia abbreviata. In Diatoms of the United States. Retrieved September 16, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/Rhoicosphenia_abbreviata

Potapova, M. (2010). Planothidium frequentissimum. In Diatoms of the United States. Retrieved October 04, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/planothidium_frequentissimum

Potapova, M. (2010). Planothidium lanceolatum. In Diatoms of the United States. Retrieved October 04, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/planothidium_lanceolatum

Potapova, M. (2011). Platessa hustedtii. In Diatoms of the United States. Retrieved October 05, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/platessa_hustedtii

Potapova, M. 2009. Melosira varians. In Diatoms of the United States. Retrieved July 25, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/Melosira_varians

Potapova, M. 2011. Capartogramma crucicula. In Diatoms of the United States. Consultado el 2 de mayo del 2013, http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/capartogramma_crucicula

Potapova, M., and Kociolek, P. 2011. Navicula rostellata. In Diatoms of the United States. Retrieved September 21, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula_rostellata

Potapova, M., and Spaulding, S. 2013. Cocconeis placentula. In Diatoms of the United States. Retrieved August 09, 2013, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/cocconeis_placentula

Potapova, M., K. Ponader, R. L. Lowe, T. A. Clason & L. L. Bahls. 2003. Small-celled nupela species from North America. Diatom Res. 18: 293-306.

Poulíčková, A. & P. Hašler. 2007. Aerophytic diatoms from caves in central Moravia (Czech Republic). Preslia 79: 185–204.

Ramírez, A. & Y. Plata-Díaz. 2008. Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas loticos de alta montaña, páramo y su relación con las variables ambientales. Acta Biol. Col. 13: 199-216.

Reichardt, E. 1999. Zur Revision der Gattung Gomphonema Die Arten um G.affine/insigne, G. angustatum/micropus G.acuminatum sowie gomphonemoide

Diatomeen aus dem Oberoligozaen im Boehmen. Iconographia Diatomologica Vol. 8. Koeltz, Königstein, Alemania. 203 pp.

Riveiro, F. C. P., C. S. F. Senna & L. C.Torgan.2008. Diatomáceas em sedimentos superficiais na planície de maré da Praia de Itupanema, Estado de Pará, Amazônia. Rodriguésia 59: 309-324.

Rodrigues, E. C., N. C. Bueno, T. A. Veiga L., P. I.Tremarin, M. Seghetto N. & A. C. Righetti. 2013. Diatoms (Bacillariophyceae) of Iguaçu National Park, Foz do Iguaçu, Brazil. Acta Bot. Bras. 27: 108-123.

Rovira L., R. Trobajo, M. Leira & C. Ibáñez. 2012. The effects of hydrological dynamics on benthic diatom community structure in a highly stratified estuary: The case of the Ebro Estuary (Catalonia, Spain). Estuar. Coast. Shelf S. 14 pp.

RUMRICH U., LANGE-BERTALOT H. & RUMRICH M. 2000. Diatoms of the Andes: From Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego and two additional contributions with 3100 figures on 205 plates. In: Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs (Ed. by H. Lange-Bertalot) Vol. 9. A.R.G Gantner Verlag K.G., Ruggell, Liechtenstein. 673 pp.

Sala, S., J. Ramirez & Y. Plata. 2008. Diatoms from lentic and lotic systems in Antioquia, Chocó and Santander Departments in Colombia. Rev. Biol. Trop. 56: 1159-1178.

Salas, L. F. 1990. Caracterización de la diatomita guanacasteca como filtro ayuda. Tesis Licenciatura en ingeniería química, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Salomoni, S. E. & L. Carvalho. 2010. O gênero Surirella Turpin (Surirellaceae, Bacillariophyta) em ambientes aquáticos do Parque Estadual Delta do Jacuí, sul do Brasil. Iheringia 65: 281-290.

Sar E. A., Sala S. E., Sunesen I., Henninger M. S. & Montastruc M. 2009. Catálogo de los géneros, especies y taxa infraespecíficos erigidos por J. Frenguelli. Alemania: A.R.G Gantner Verlag K.G. 419 pp.

Schiller, W. & H. Lange-Bertalot. 1997. Eolimna martinii n. gen., n. sp. (Bacillariophyceae) from Lower Oligocene deposits of Sieblos/ Rhön Mountains in comparison with similar Recent taxa. Paläontologische Zeitschrift 71: 163-172.

Schneck, F., L. C. Torgan & A. Schwarzbold. 2007. Epilithic diatom community in a high altitude stream impacted by fish farming in southern Brazil. Study area Epilithic diatom sampling. Acta Limnol. Bras. 19: 341-355.

Seeligmann C., N. I. Maidana & M. Morales. 2008. Diatomeas (Bacillariophyceae) de humedales de altura de la Provincia de Jujuy-Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 43: 1-17.

Silva-Benavides, M. 1994. Algal periphyton in two rivers in Costa Rica with especial reference to diatoms organic pollution and altitudinal differences. Tesis Ph. D., Universidad Innsbruck, Austria.

Silva-Benavides, M. 1996a. The epilithic diatom flora of a pristine and a polluted river in Costa Rica, Central America. Diatom. Res. 11: 105-142.

Silva-Benavides, M. 1996b. The use of water chemistry and benthic diatom communities for qualification of a polluted river in Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44: 395-416.

Silva-Benavides, M., C. Sili & G. Torzillo. 2008. Cyanoprocaryota y microalgas (Chorophyceae y Bacillariophyceae) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 56: 221-235.

Siver, P., P. Hamilton, K. Stachura-Suchoples & J. P. Kociolek. 2005. Freshwater Diatom Flora of North America & Cape Cod, Massachusetts. Iconographia Diatomologica Vol. 14. Koeltz, Königstein, Alemania. 463 pp.

Smith, T. & T. Piccin. 2004. Algal taxonomic survey of Zion National Park and Cedar Breaks National Monument, Utah, and Pipe Spring National Monument, Arizona. The Southwestern Naturalist 49: 395-417.

Soler, A. 1993. Contribuciones al conocimiento de las diatomeas (Bacillariophyceae) de Panamá. II. Epifitismo en Hydrilla verticillata. Rev. Universid. 48: 106-168.

Soler, A., M. Sánchez & E. Herrera. 1991. Diatomeas dulceacuícolas en estanques de cultivo piscícolas. Scientia 6: 55-105.

Spaulding, S. A., Lubinski, D. J. & Potapova, M. 2010. Diatoms of the United States. http://westerndiatoms.colorado.edu

Sterrenburg, F. A. S. 1994. Studies on the Genera Gyrosigma and Pleurosigma (Bacillariophyceae). P. Acad. Nat. Sci. Phila. 145: 217-236.

Stevenson, R. J. 1983. Effects of Current and Conditions Simulating Autogenically Changing Microhabitats on Benthic Diatom Immigration. Ecology 64: 1514 – 1524.

Straube, A. 2011. Diatomoflórula de Reservatórios Paranaenses: Chopim i, Salto do Vau e Rio Dos Patos. Monografia apresentada à disciplina Estágio II como requisito parcial à conclusão do curso de Ciências Biológicas, setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Brasil.

Takano, S., Akaneya, K., Watanabe, T. & Katano, N. 2009. Diatoms from Akita Prefecture, northern part of Japan, part II. Diatoms from Toyokawa River. Diatom 25: 120-133.

Toledo, L. & A. Comas. 2008. Bacillariophyceae dulciacuícolas de Cuba: los géneros Synedra y Fragilaria. Rev. Jar. Bot. Nac. 29: 185-190.

Tremarin, P. I., H. Moreira-Filho & T. A. Veiga L. 2010. Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfi ca litorânea paranaense, Brasil. Acta Bot. Bras. 24: 335-353.

Tremarin, P. I., L. M. Bertolli, D. M. De Faria, J. C. Costin & T. A. Veiga L. 2009. Gomphonema Ehrenberg e Gomphosphenia Lange-Bertalot (Bacillariophyceae) do Rio Maurício, Paraná, Brasil. Biota Neotropical 9: 111-130.

Tudesque, L., G. Grenouillet, M. Gevrey, K. Khazraie & S. Brosse. 2012. Influence of small-scale gold mining on French Guiana streams: Are diatom assemblages valid disturbance sensors? Ecol. Indic. 14: 100-106.

Urrea G. & S. Sabater. 2009. Epilithic diatom assemblages and their relationship to environmental characteristics in an agricultural watershed (Guadiana River, SW Spain). Ecol. Indic. 9: 693-703.

Veselá, J. & J. R. Johansen. 2009. The Diatom Flora of Ephemeral Headwater Streams in the Elbsandsteingebirge Region of the Czech Republic. Diatom Res. 24: 443-477.

Vouilloud A. 2003. Catálogo de las diatomeas continentales y marinas de Argentina. Asociación Argentina de Ficología. Argentina. 304 pp.

Vouilloud, A., S. Sala & M. Sabbatini. 2005. Diatomeas perifiticas de la cuenca del Río Sauce Grande (Buenos Aires, Argentina). Iheringia 60: 77 – 89.

Vouilloud, A., S. Sala, A. Nunez & S. Duque. 2010. Diatoms from the colombian and peruvian Amazon: the genera Encyonema, Encyonopsis and Gomphonema (Cymbellales: Bacillariophyceae). Rev. Biol. Trop. 58: 45-62.

Wehr, J.D. & R. G. Sheath. 2003. Freshwater Algae of North America Ecology and Classification. Academy, California, EEUU.

Wetherbee, R. 2002. The diatom glasshouse. Science 298: 547.

Williams, D. M. 1986. Comparative morphology of some species of Synedra Ehrenb. with a new definition of the genus. Diatom Res. 1: 131-152.

Williams, D. M. 2011. Synedra, Ulnaria: definitions and descriptions – a partial resolution. Diatom Res. 26: 149-153.

Wojtal, A. 2003. Diatoms of the genus Gomphonema Ehr. (Bacillariophycea) from Karstic stream in the Krakowsko- Czestochowska upland. Acta Soc. Bot. Pol. 72: 213-220.

Wu Y., S.E. Antoine & D. W. Bowker. 1999. Colonisation of Epilithic Diatom Population of the River Taft, South Wales, U.K. Limnologica 29: 174-185.

Wydrzycka, U. & H. Lange-Bertalot. 2001. Las diatomeas (Bacillarioyphyceae) acidófilas del río Agrio y sitios vinculados con su cuenca, Volcán Poás, Costa Rica. Brenesia 55-56: 1-68.c

ESCALAS DE IMÁGENES

Achnanthidium sp. aff deflexum 1, 2 (esc. 5 µm)

Achnanthidium exiguum 3 (esc. 2 µm)

Achnanthidium minutissimum 4, 6, 7 (esc 2 µm), 5 (esc 5 µm)

Achnanthidium subhudsonis 8 (esc. 5 µm), 9 (esc. 2 µm)

Amphipleura chiapasensis 10 (esc. 10 µm)

Amphipleura ampla sp. nov. 11 (esc. 10 µm), 12 (esc. 20 µm)

Capartogramma crucicula 13, 14 (esc. 5 µm)

Cocconeis placentula 15, 16, 18 (esc. 5 µm), 17 (esc. 10 µm)

Cymbella tumida 19 (esc. 20 µm), 20 (esc. 2 µm)

Cymbella turgidula 21, 22, 23 (esc. 10 µm)

Diadesmis sp. cf. contenta 24, 25, 26 (esc. 2 µm)

Encyonema silesiacum 27 (esc. 10 µm)

Eolimna minima 28 (esc. 2 µm)

Fragilaria capucina 29 (esc. 5 µm), 30 (esc. 10 µm)

Frustulia sp. aff. saxonica 31 (esc. 10 µm), 32 (esc. 5 µm)

Frustulia vulgaris 33 (esc. 10 µm), 34 (esc. 2 µm)

Gomphonema sp. aff. demerarae 35, 36 (esc. 10 µm)

Ghomponema mexicanum 37, 38 (esc. 10 µm)

Gomphonema parvulum 39, 40 (esc. 5 µm)

Gomphonema lagenula 41, 42 (esc. 5 µm)

Gomphonema pumilum 43, 44, 45 (esc. 5 µm)

Gyrosigma (spec. nov.?) cf. reimeri 46 (esc. 20 µm), 47 (esc. 2 µm)

Gyrosigma sp. aff. scalproides 48, 50 (esc. 20 µm), 49 (esc. 5 µm)

Luticola goeppertiana 51, 53,54 (esc. 10 µm), 52 (esc. 5 µm)

Luticola sp. aff. ventricosa 55, 56, 57 (esc. 5 µm)

Melosira varians 58 (esc. 10 µm), 59, 60 (esc. 5 µm)

Navicula cryptotenella (nov. var?) 61 (esc. 5 µm), 62 (esc. 2 µm)

Navicula rostellata 63 (esc. 5 µm), 64 (esc. 10 µm)

Navicula symmetrica 65, 66, 67 (esc. 10 µm)

Navicula sp. aff. Tenelloides 68, 69 (esc. 2 µm)

Neidium sp. cf. hercynicum 70 (esc. 5 µm), 71 (esc. 10 µm)

Nitzchia sp. (nov?) cf. brevissima? 72, 73 (esc. 10 µm), 74 (esc. 5 µm)

Nitzchia clausii 75, 76, 77 (esc. 5 µm)

Nitzchia dissipata 78, 79 (esc. 10 µm)

Nitzchia levidensis 80, 81 (esc. 5 µm)

Nitzchia palea 82, 83 (esc. 5 µm)

Nupela praecipua 84, 85, 86 (esc. 5 µm)

Pinnularia acrosphaeria 87, 88 (esc. 20 µm)

Pinnularia butantanum 89 (esc. 20 µm), 90 (esc. 5 µm)

Planothidium frequentissimum 91 (esc. 5 µm), 92 (esc. 2 µm)

Planothidium lanceolatum 93, 94, 95 (esc. 5 µm), 96 (esc. 2 µm)

Planothidium salvadorianum 97 (esc. 5 µm)

Platessa hustedtii 98, 99 (esc. 2 µm)

Reimeria sinuata 100 (esc. 5 µm), 101 (esc. 2 µm)

Rhoicosphenia abreviata 102, 103, 104 (esc. 5 µm)

Rhopalodia sp. cf gibba 105, 106, 107 (esc. 10 µm)

Sellaphora seminulum 108, 109 (esc. 2 µm), 110 (esc. 5 µm)

Stenopterobia krammeri 111, 113 (esc. 10 µm), 112 (esc. 2 µm)

Stenopterobia sp. (nov?) 114, 115 (esc. 10 µm)

Surirella davidsonii 116 (esc. 20 µm)

Surirella linearis var. constricta 117, 118, 119 (esc. 20 µm)

Surirella linearis var. helvetica 120 – 122 (esc. 10µm)

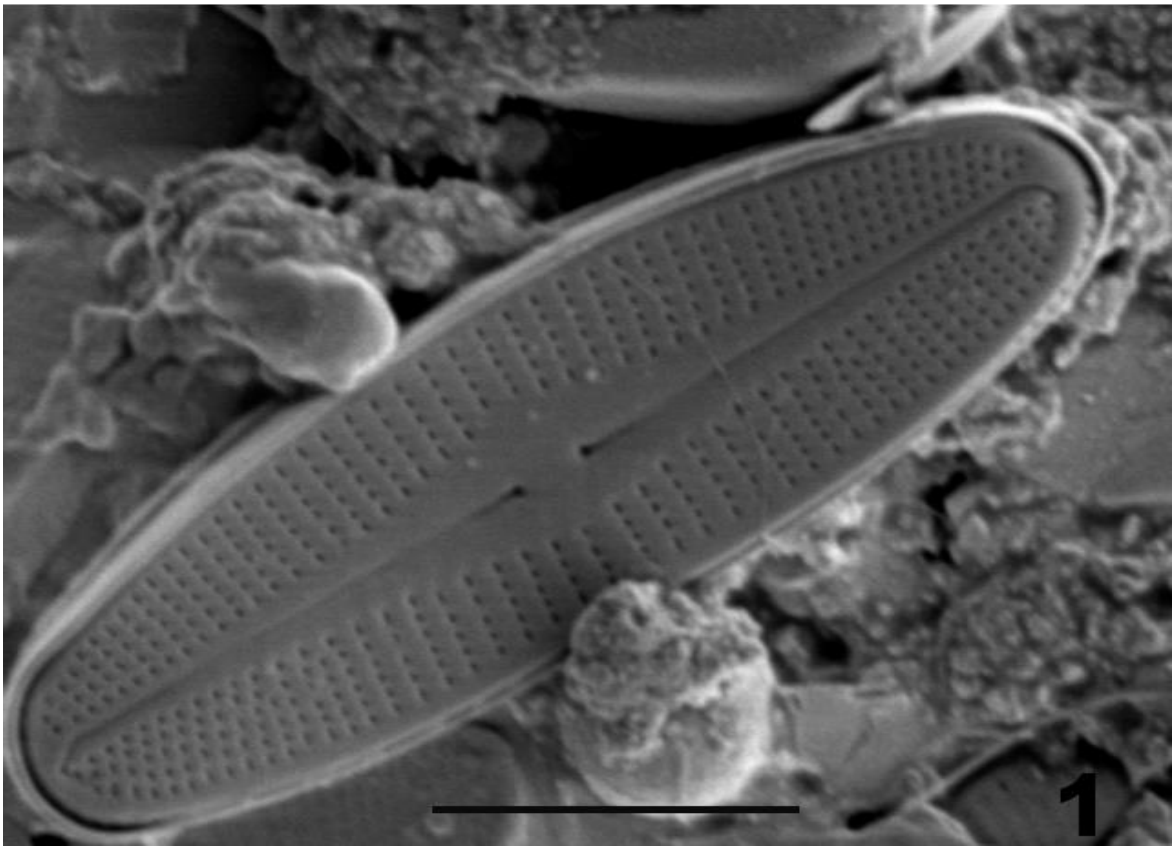
Surirella sp. (nov?) 123 (esc. 20 µm), 124, 125 (esc. 5 µm), 126 (esc. 10 µm)

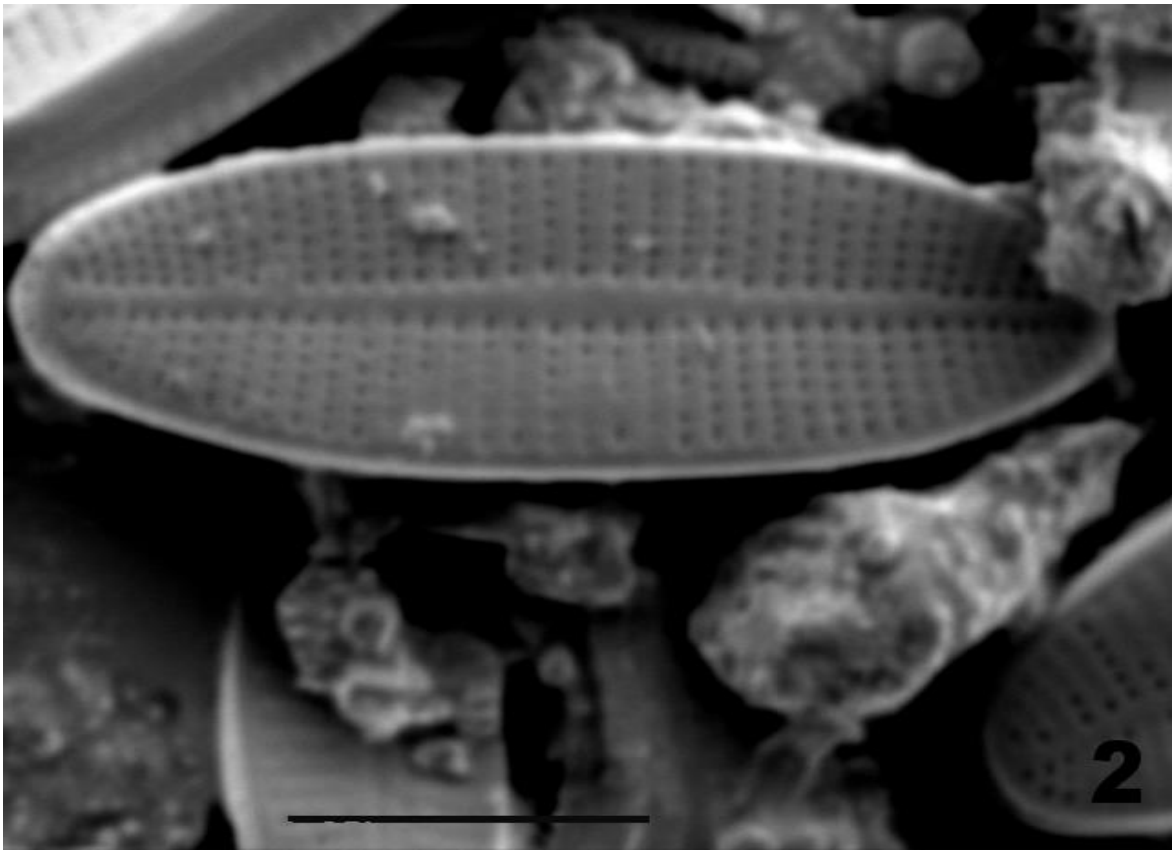
Surirella tenera 127, 128 (esc. 20 µm), 129 (esc. 10 µm), 130 (esc. 5 µm)

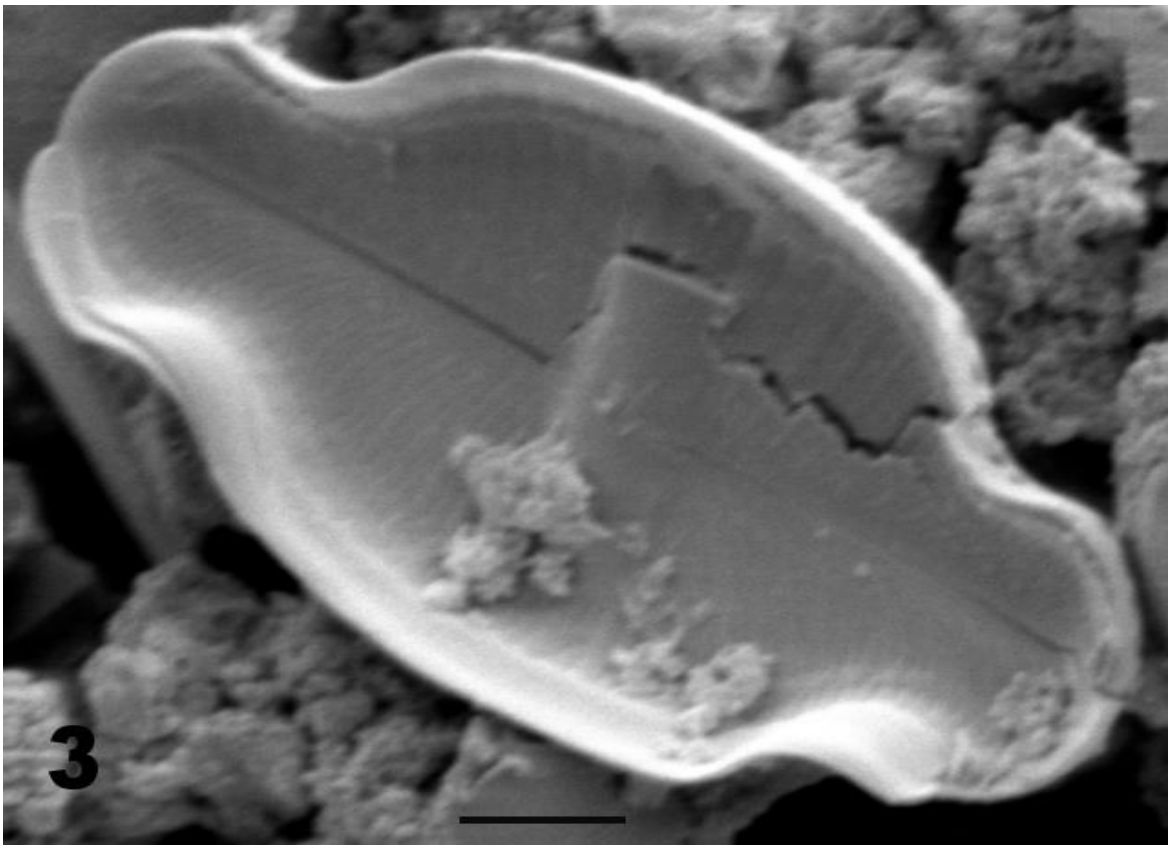
Synedra goulardii 131 (esc. 20 µm), 132, 133 (esc. 10 µm)

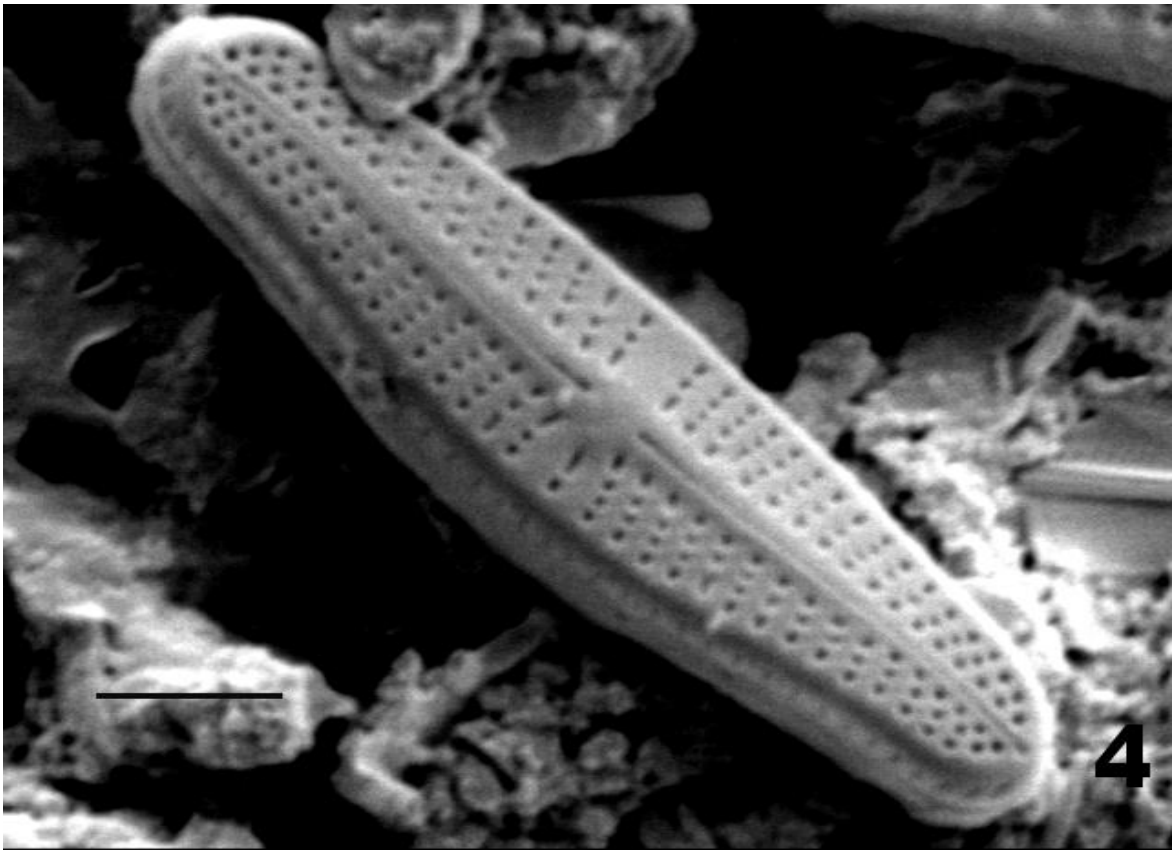
Ulnaria ulna 134 (esc. 20 µm), 135, 136 (esc. 5 µm), 137 (esc. 10 µm)

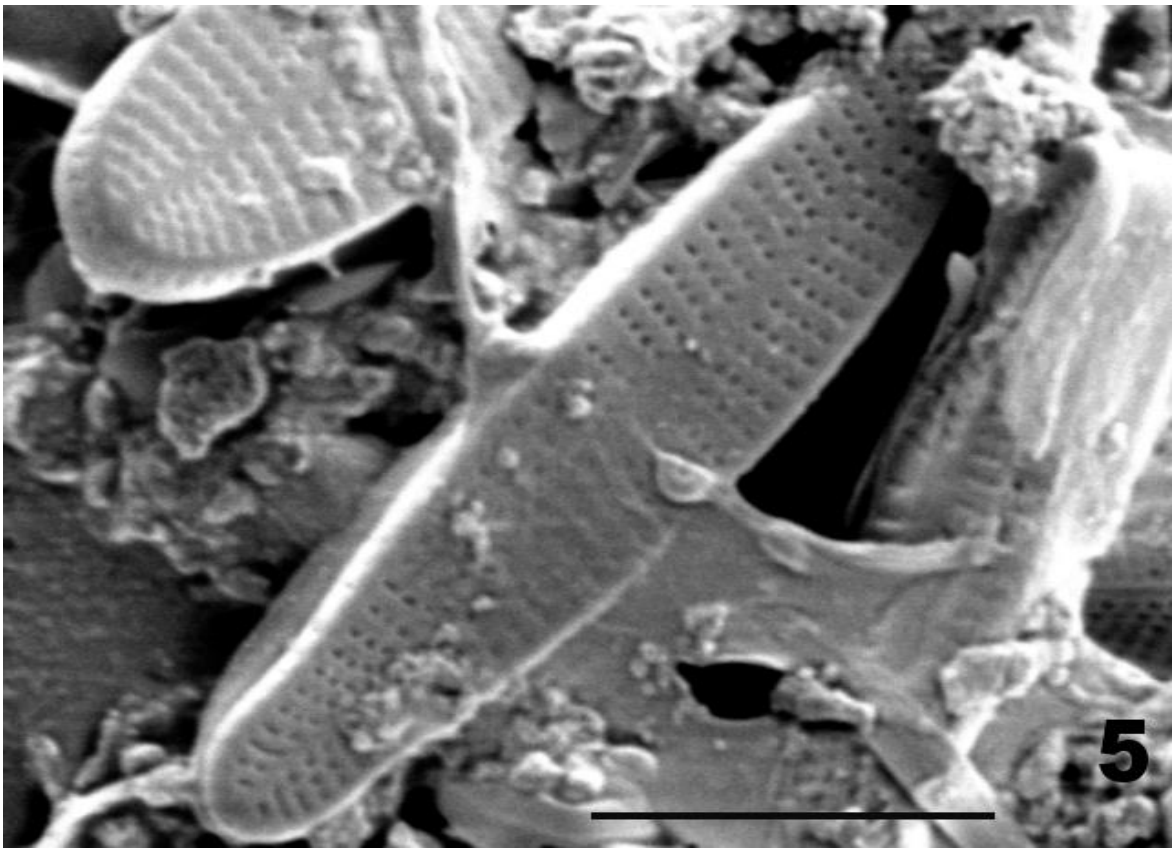
A.sp aff. deflexum y A. subhudsonis. 138 (esc. 5 µm).

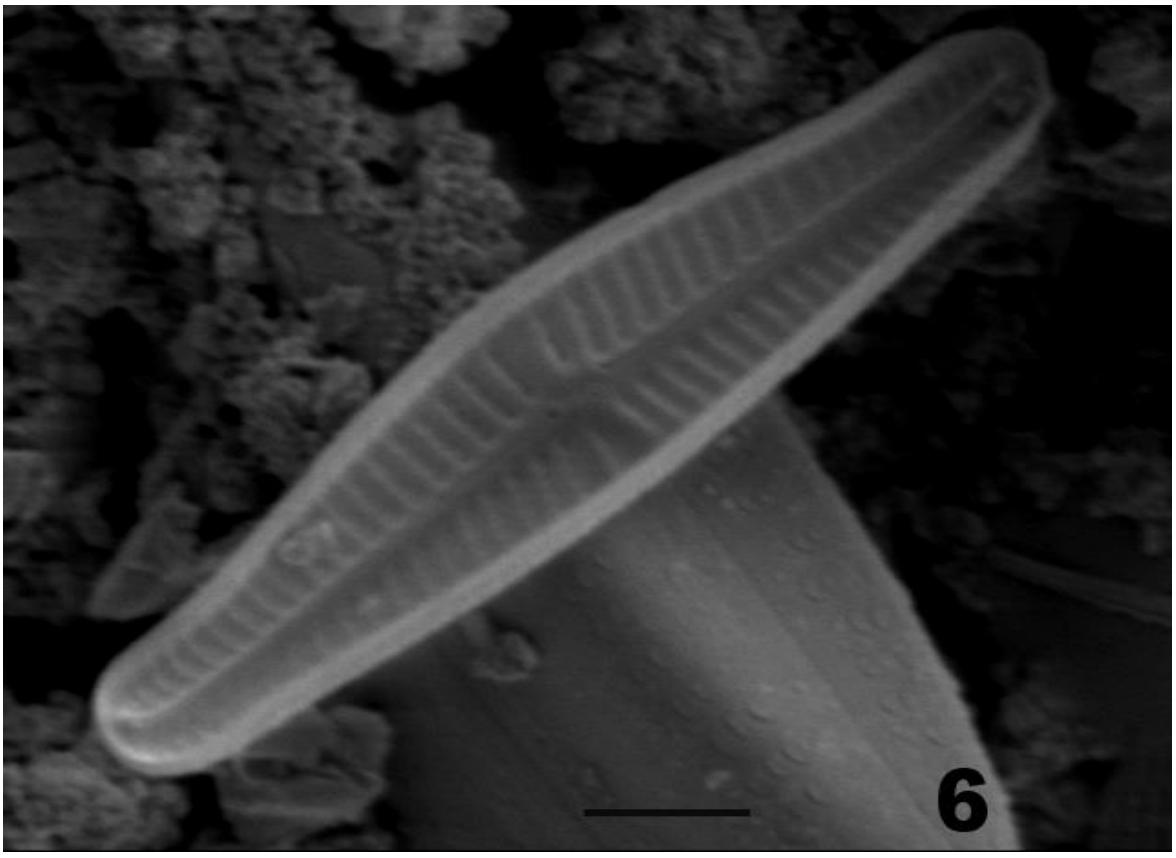

1

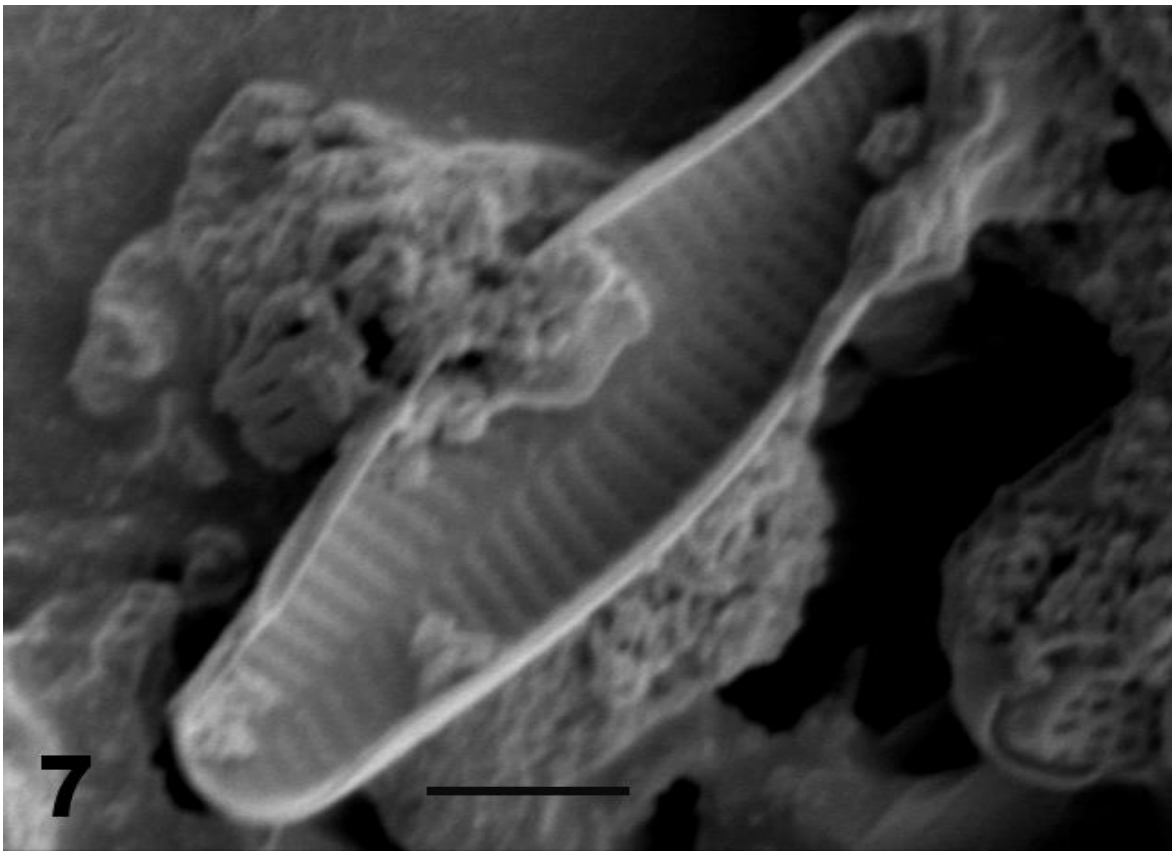

2

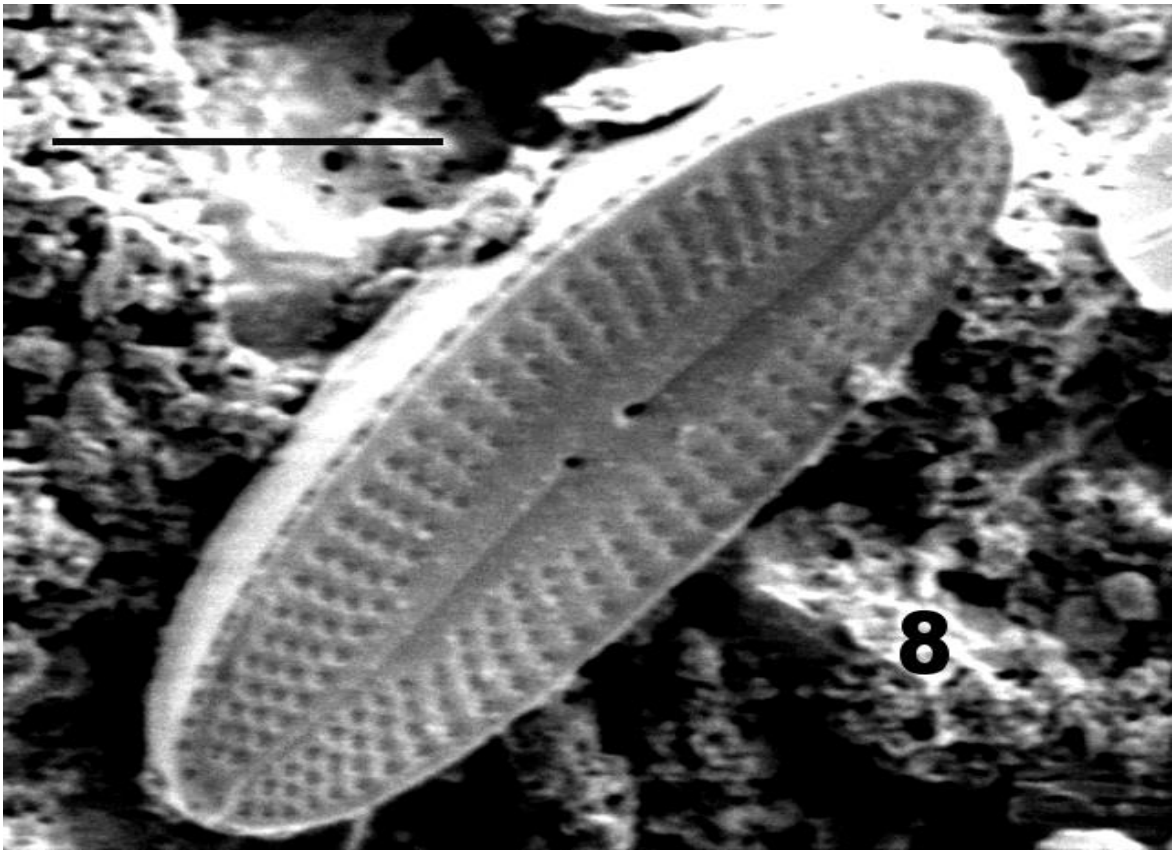

3

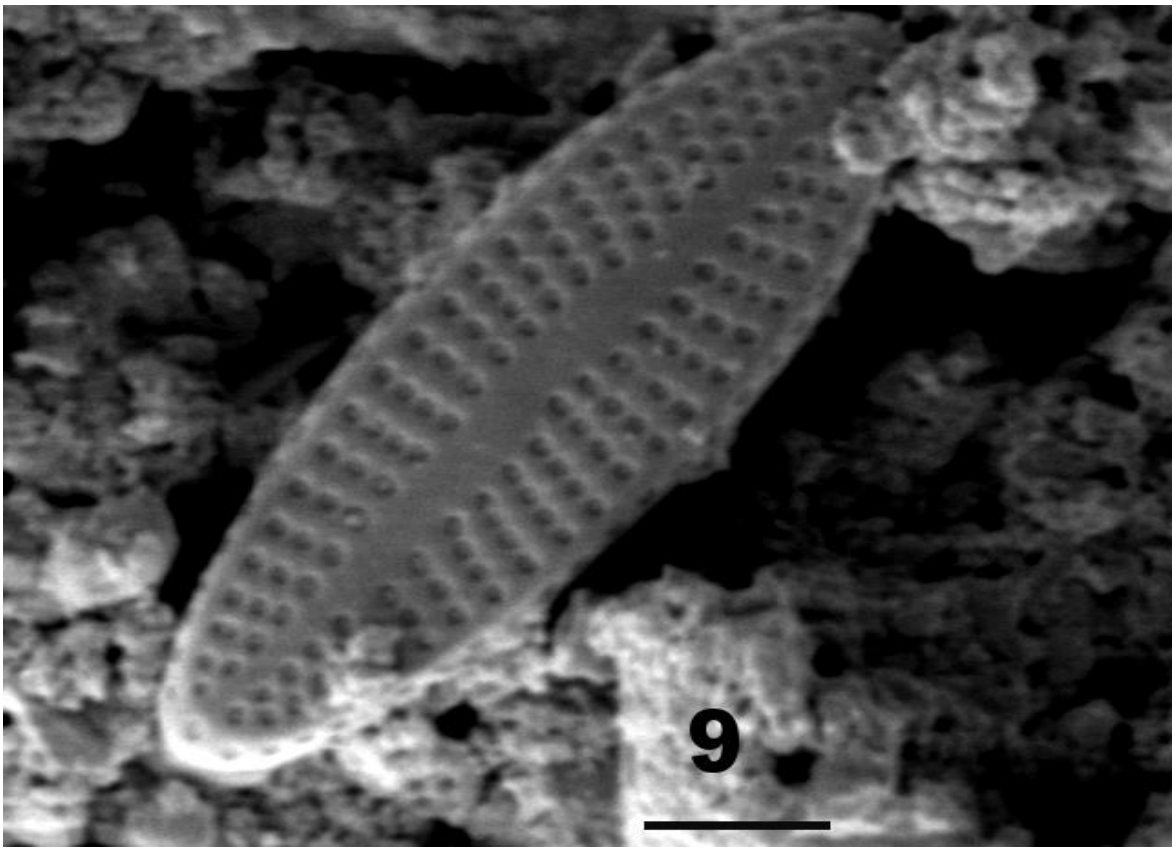

4

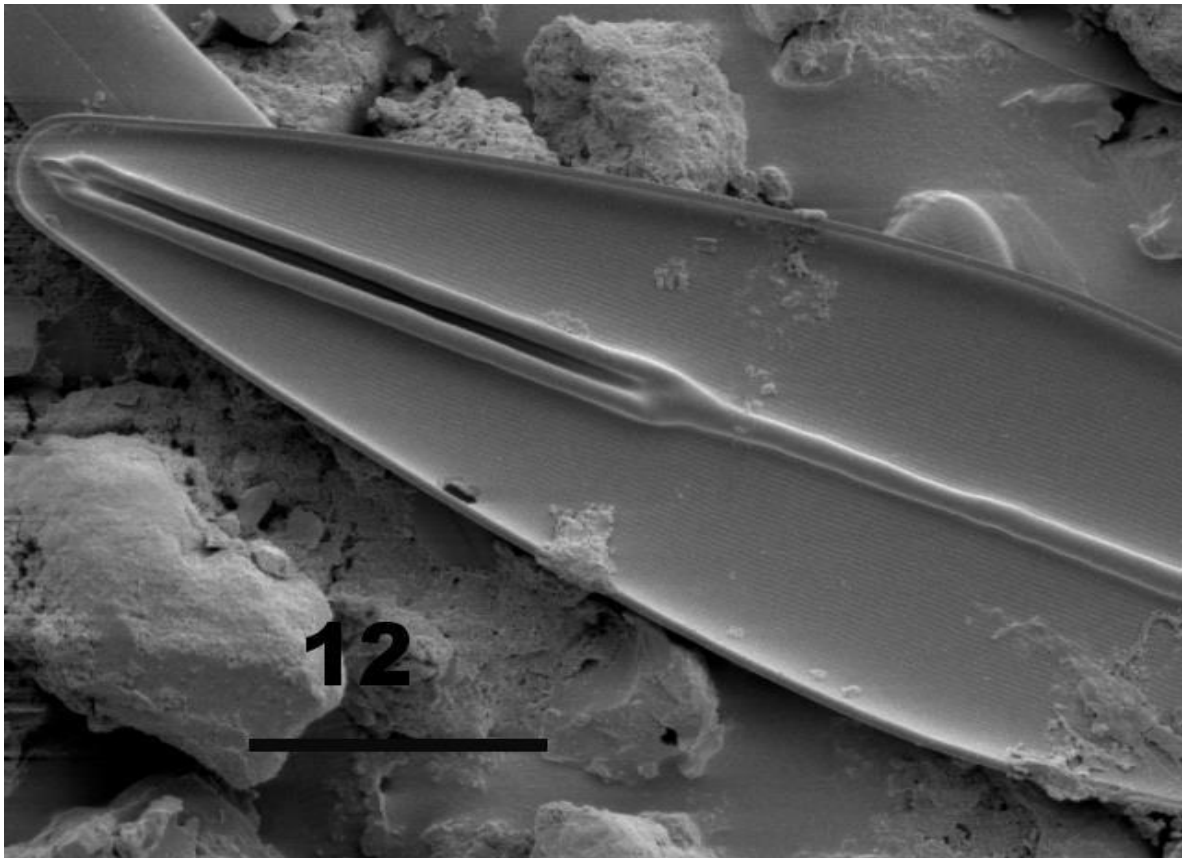

5

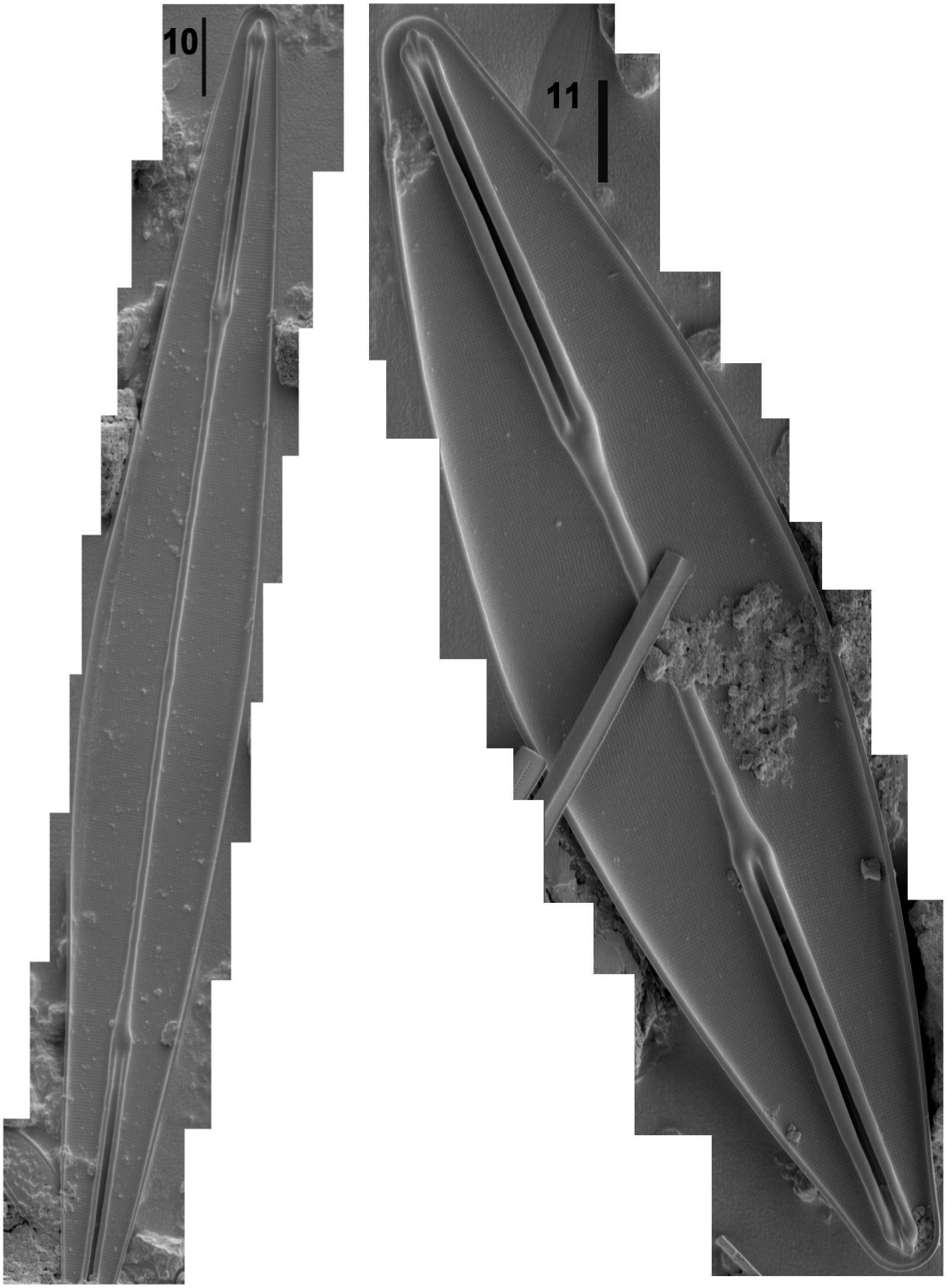

6

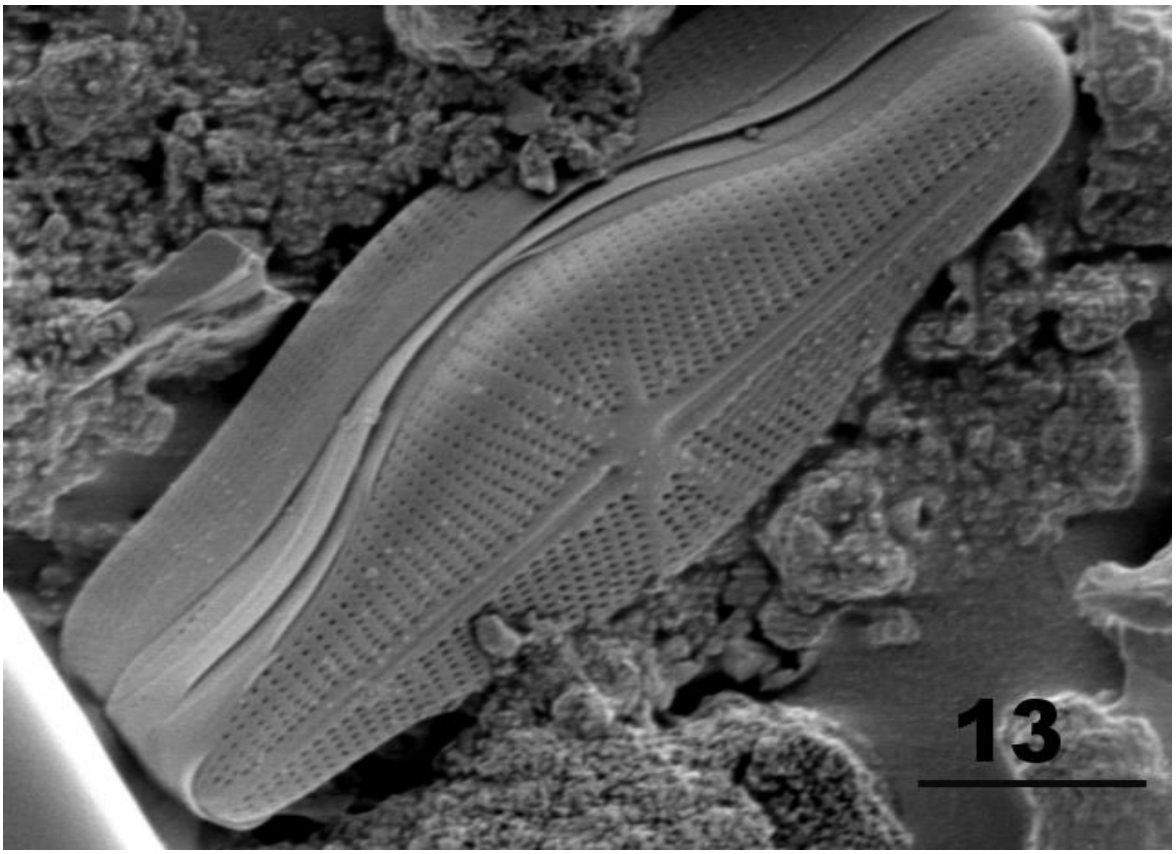

7

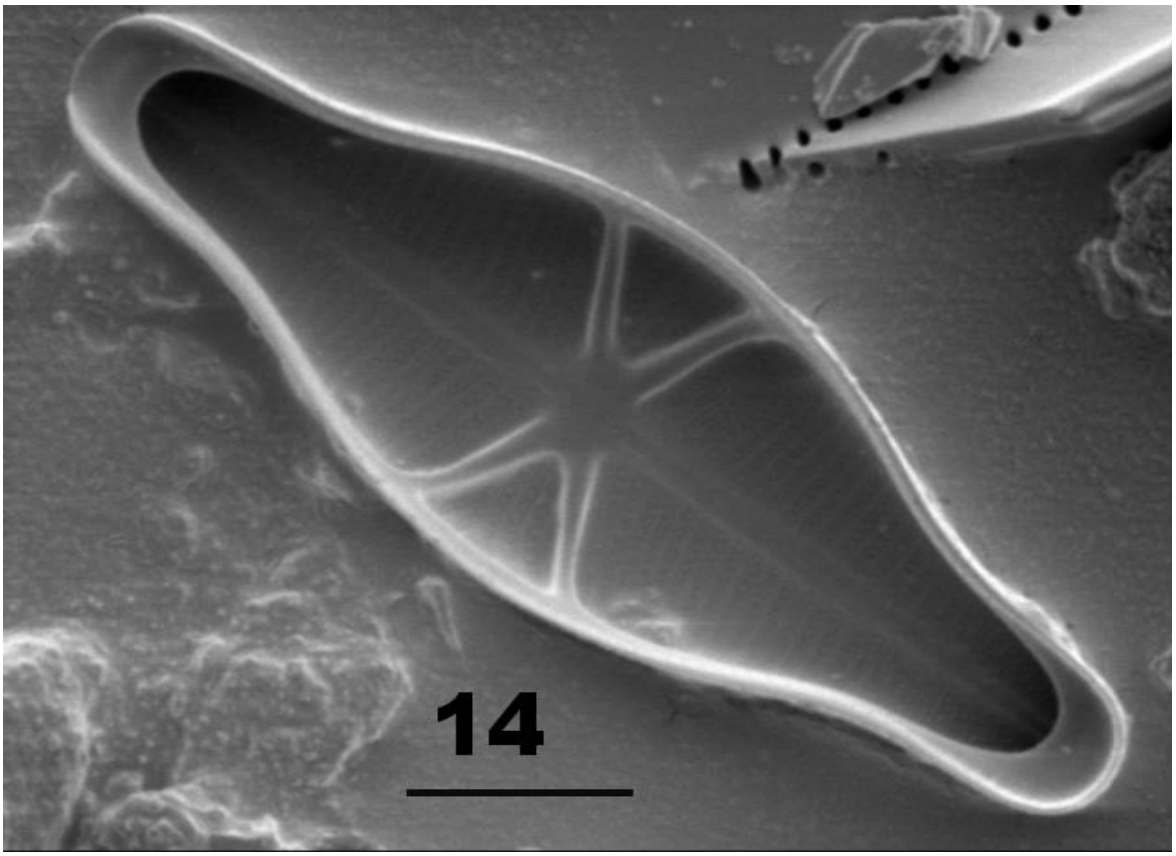

8

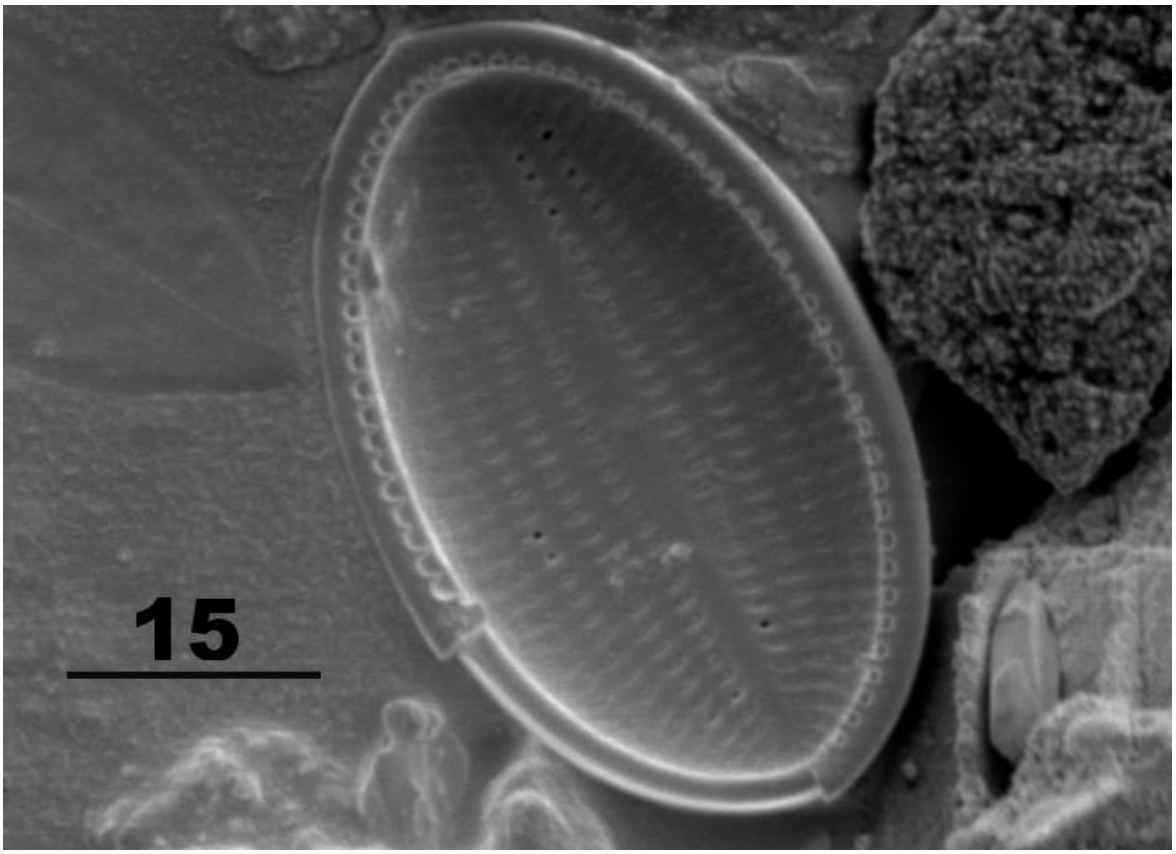

9

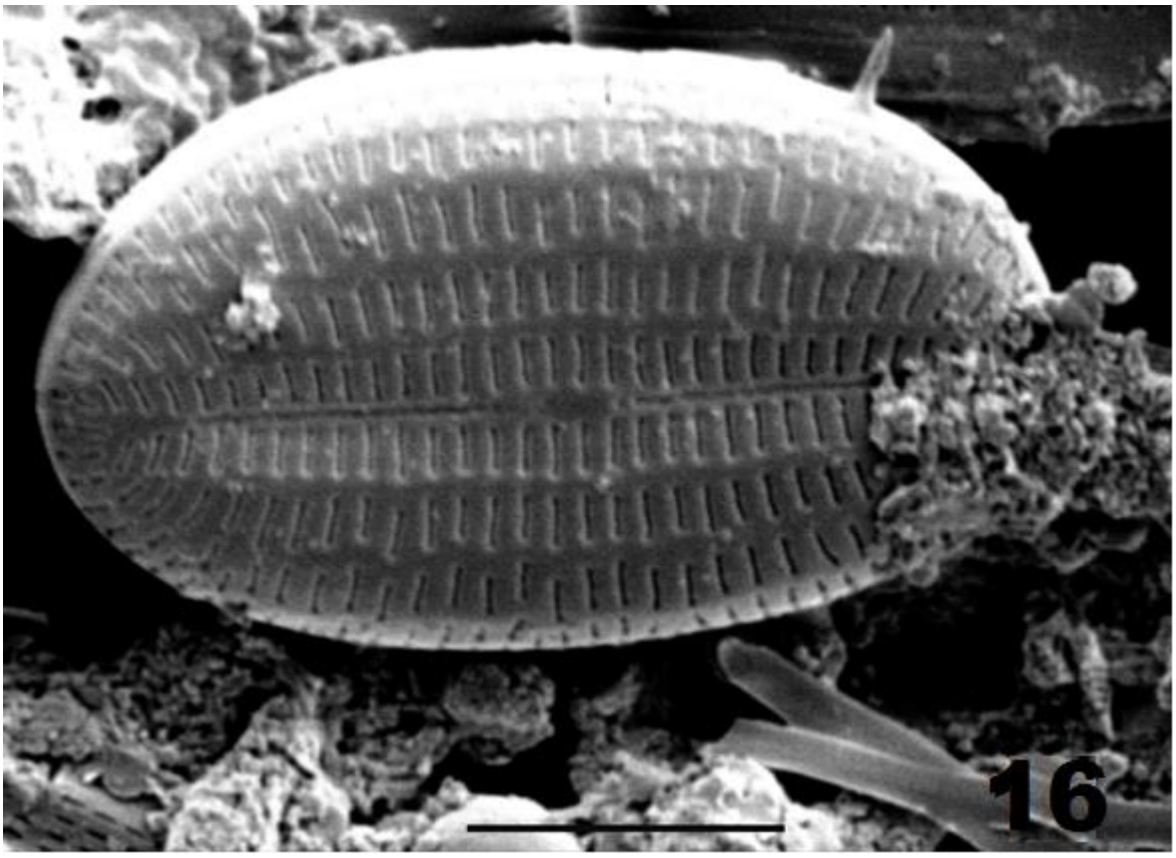

12

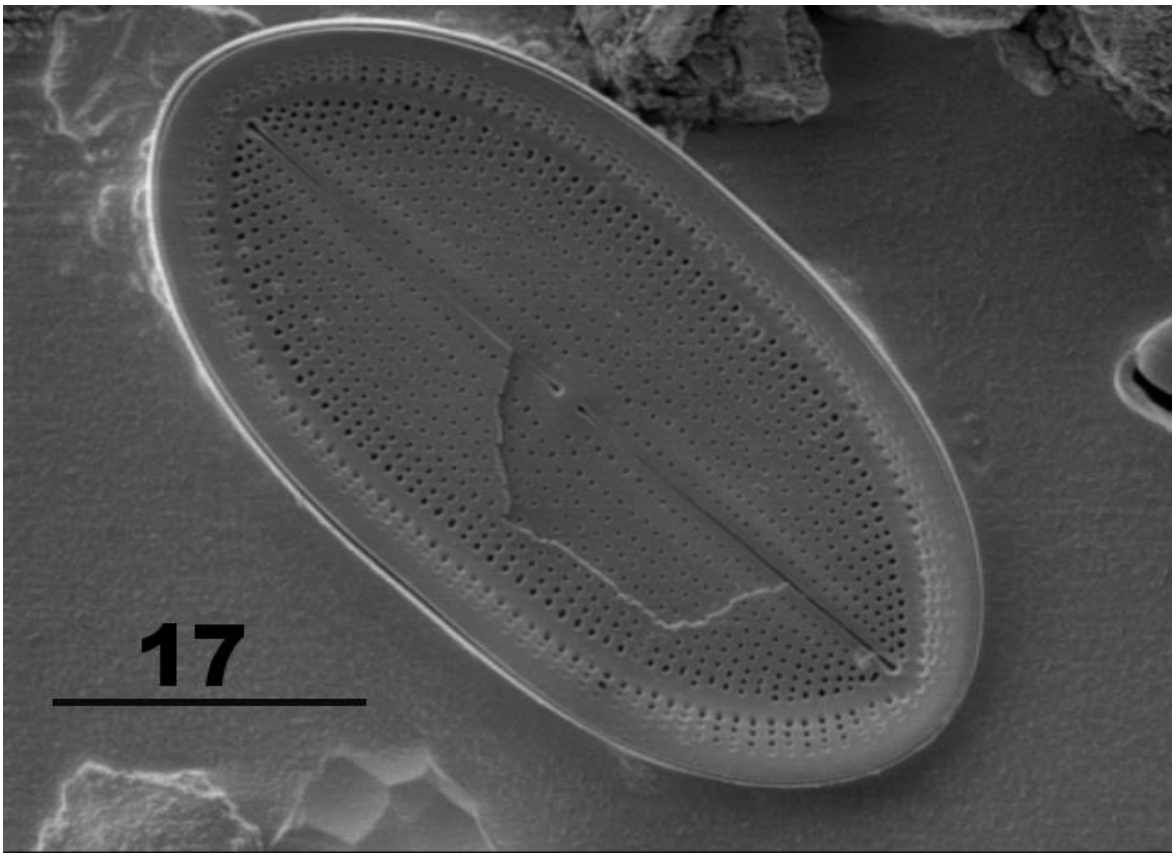

10
11

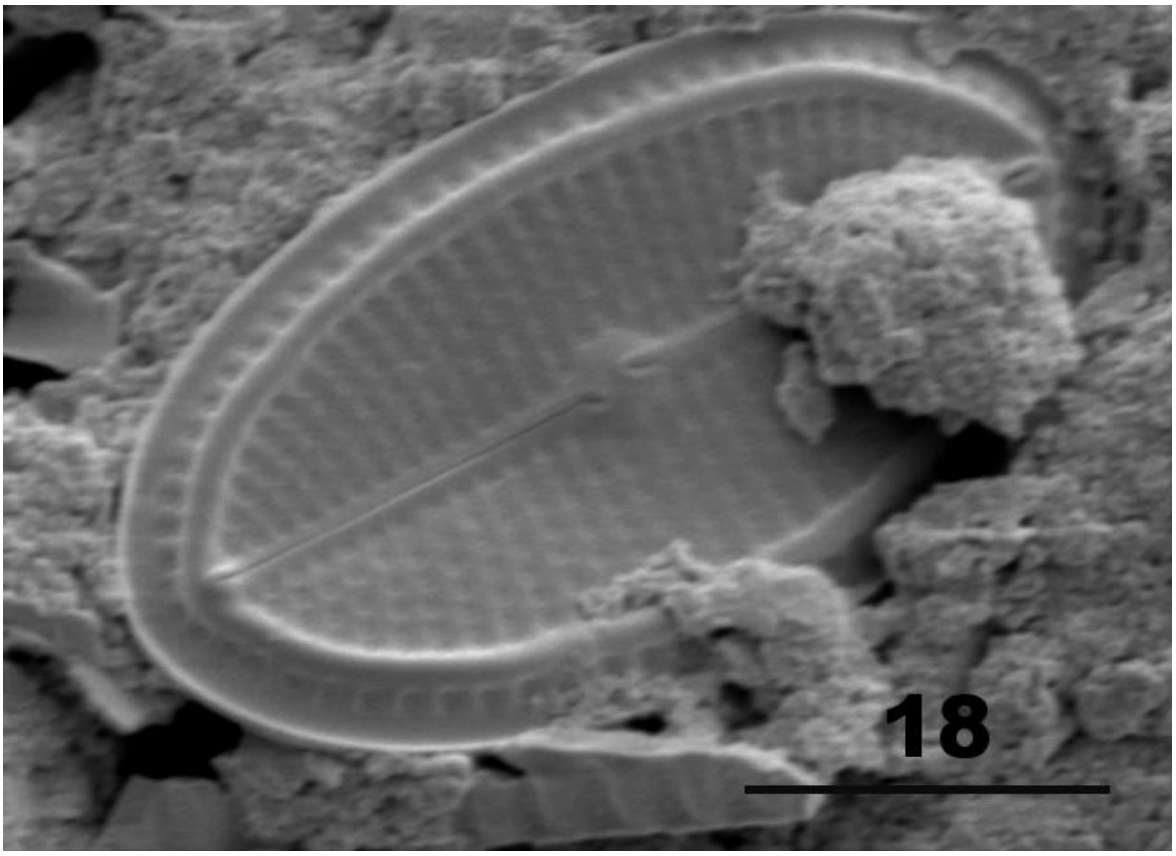

13

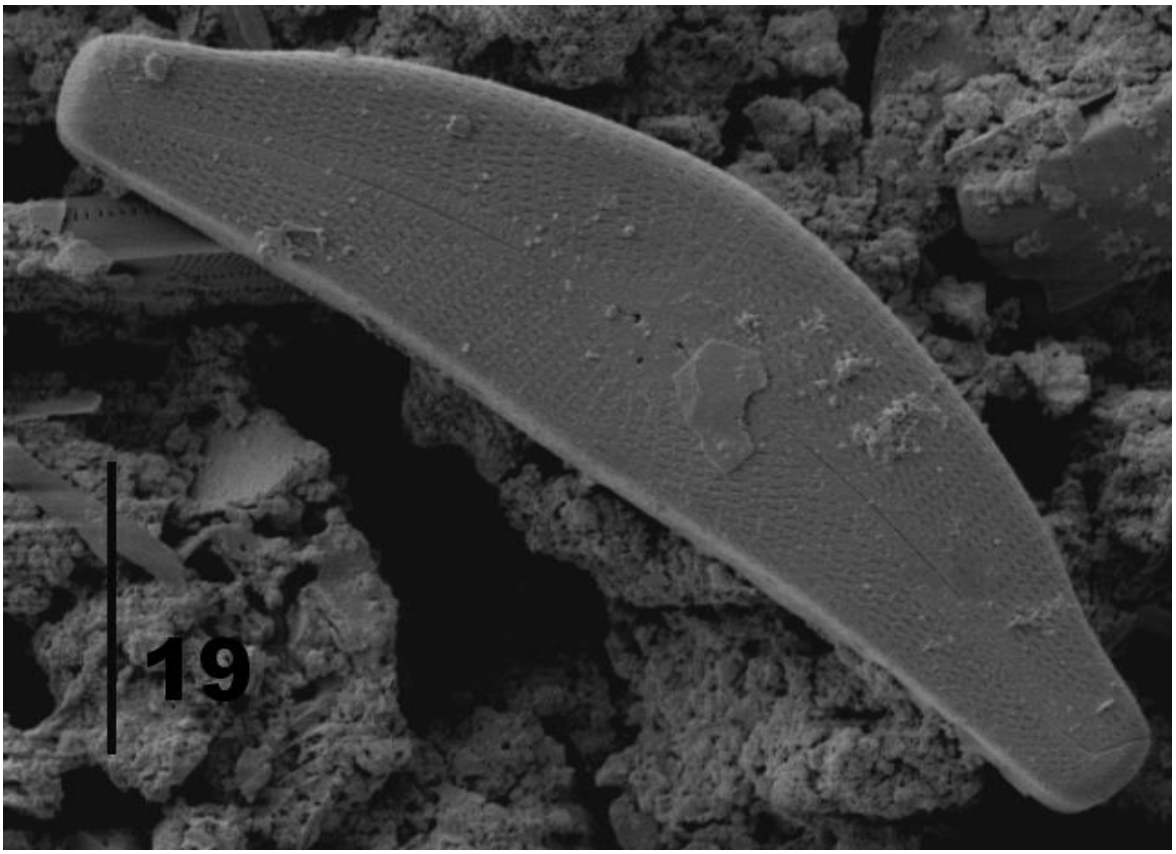

14

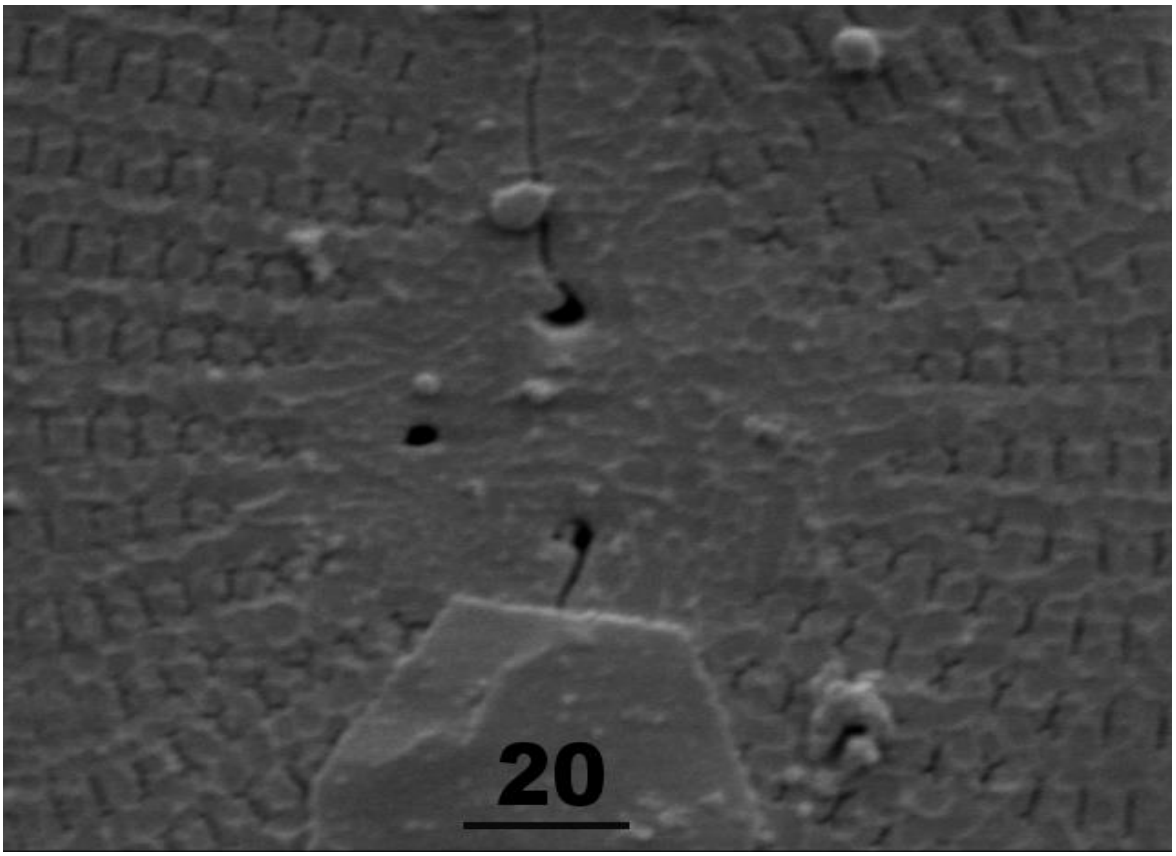

15

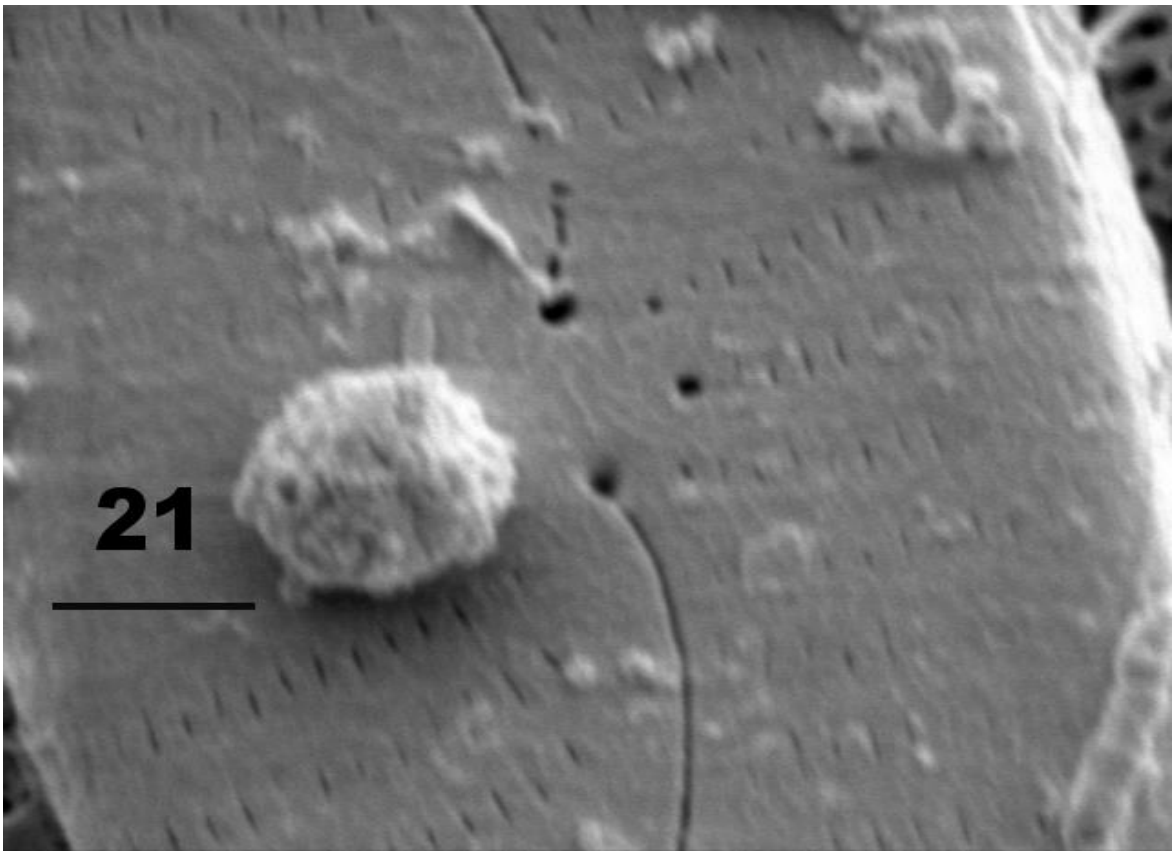

16

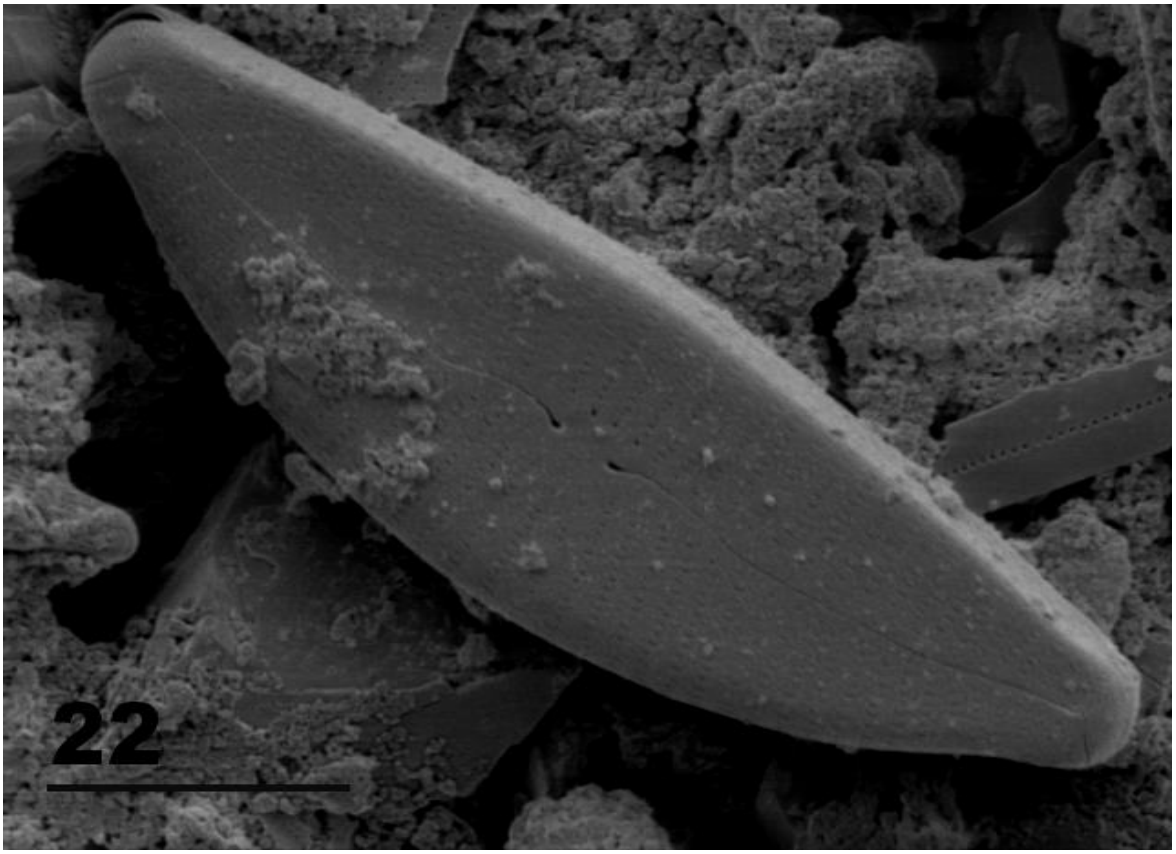

17

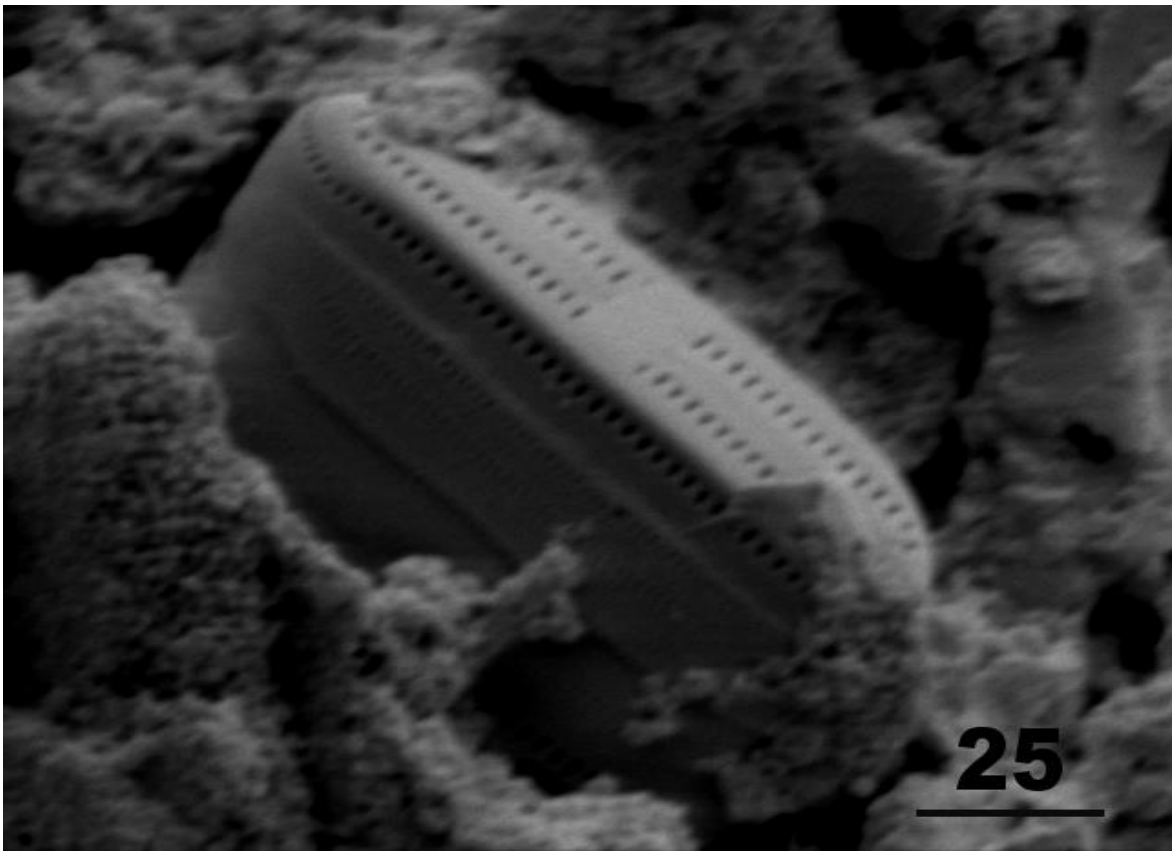

18

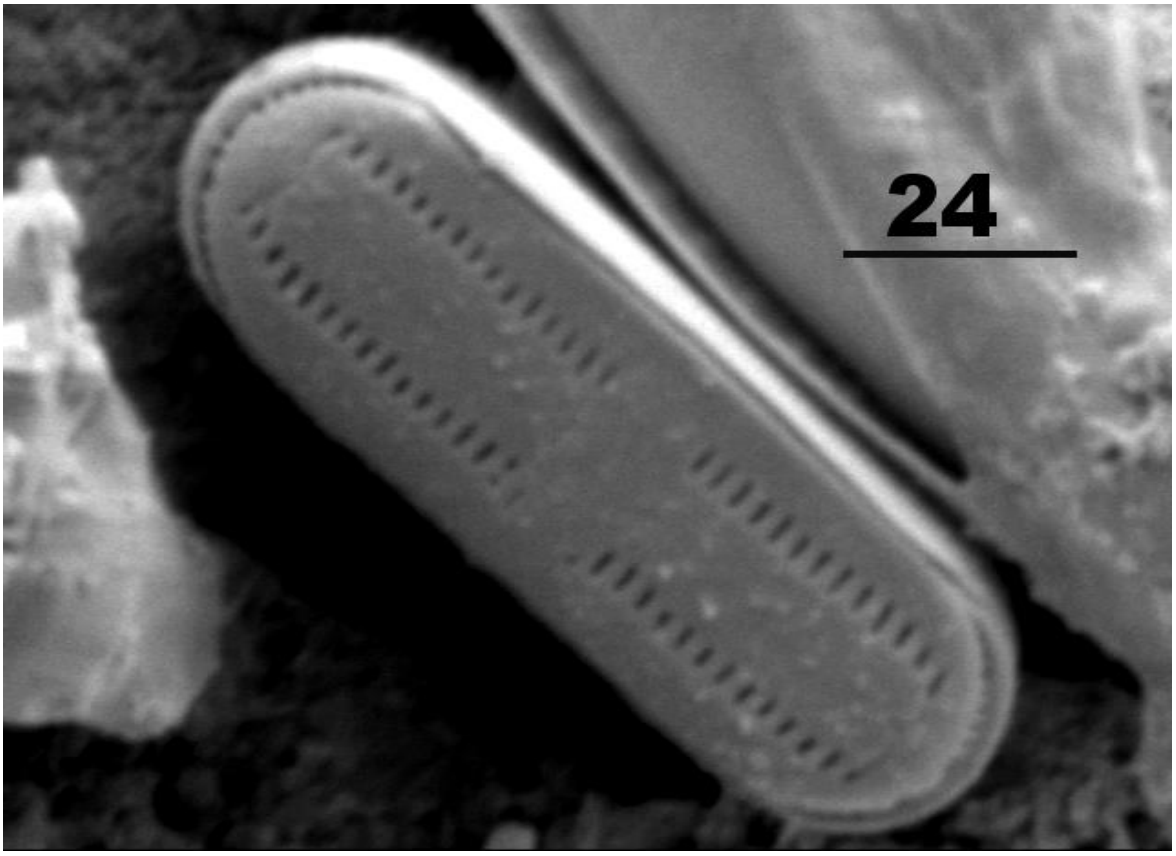

19

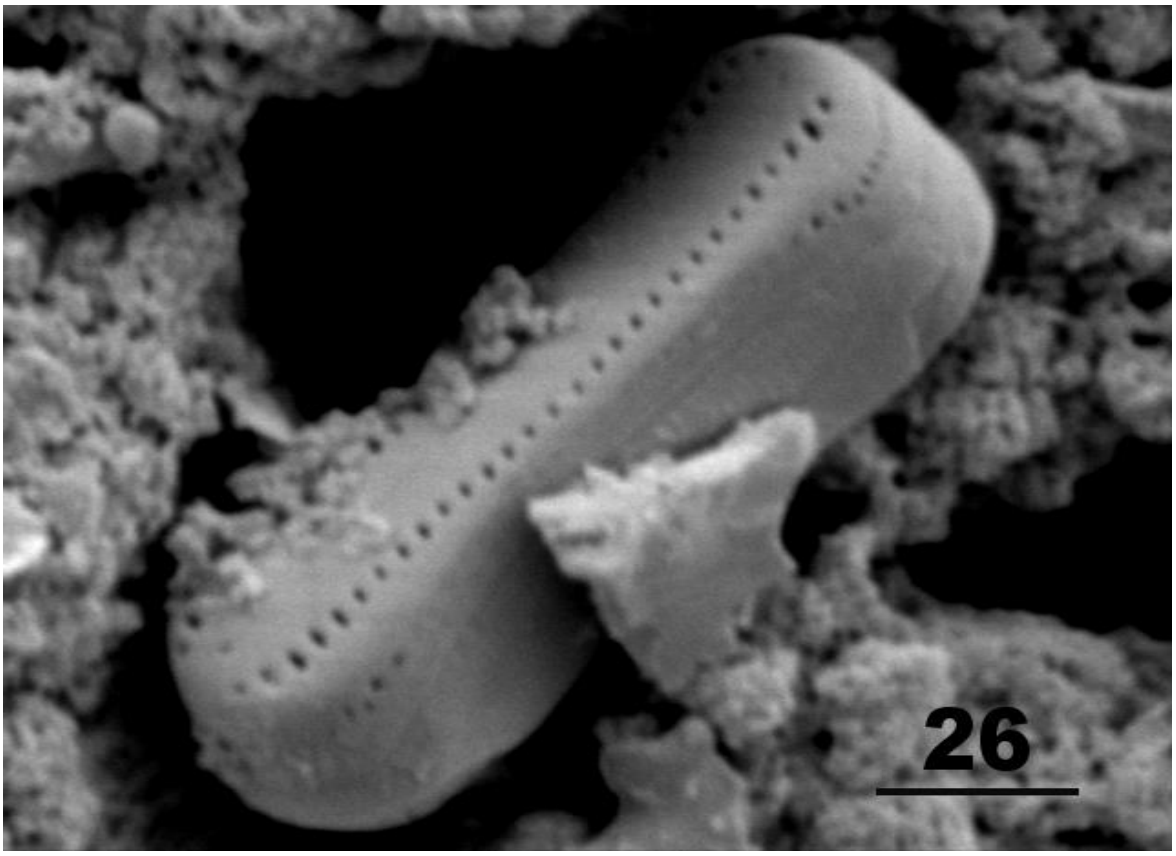

20

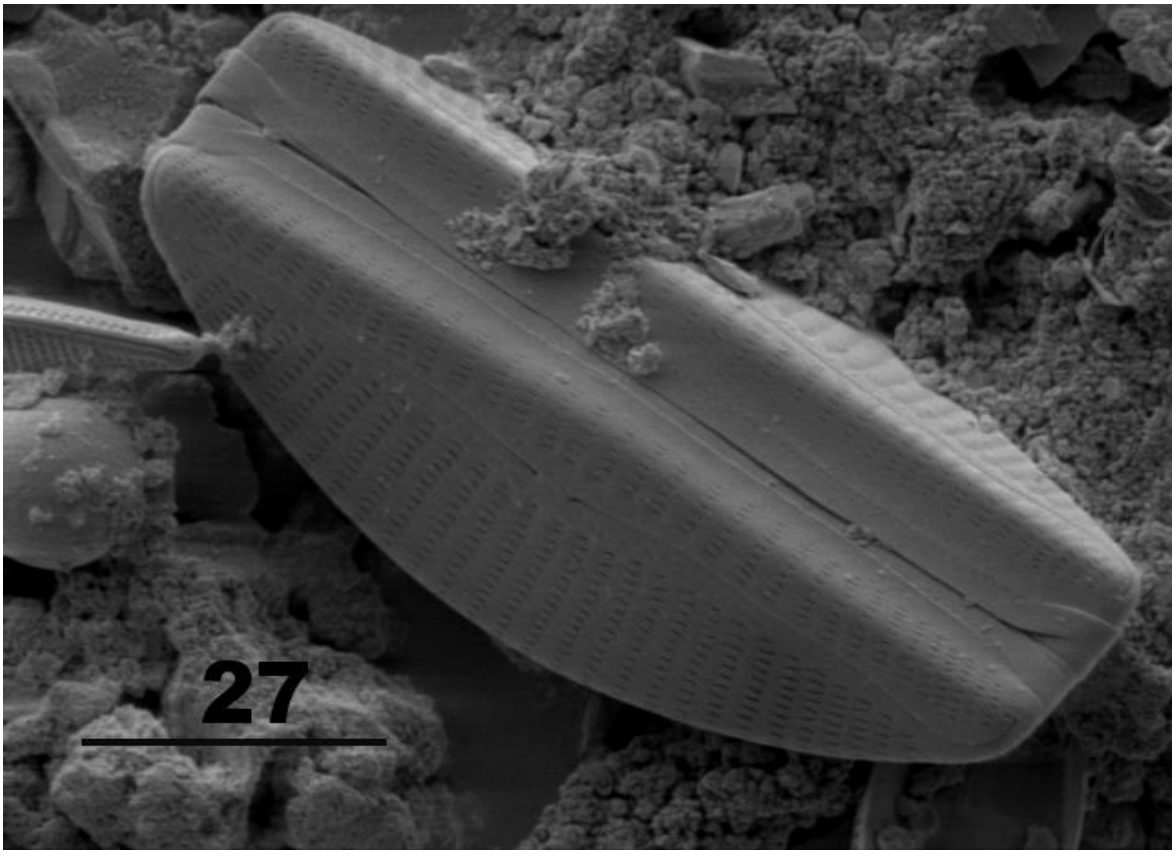

21

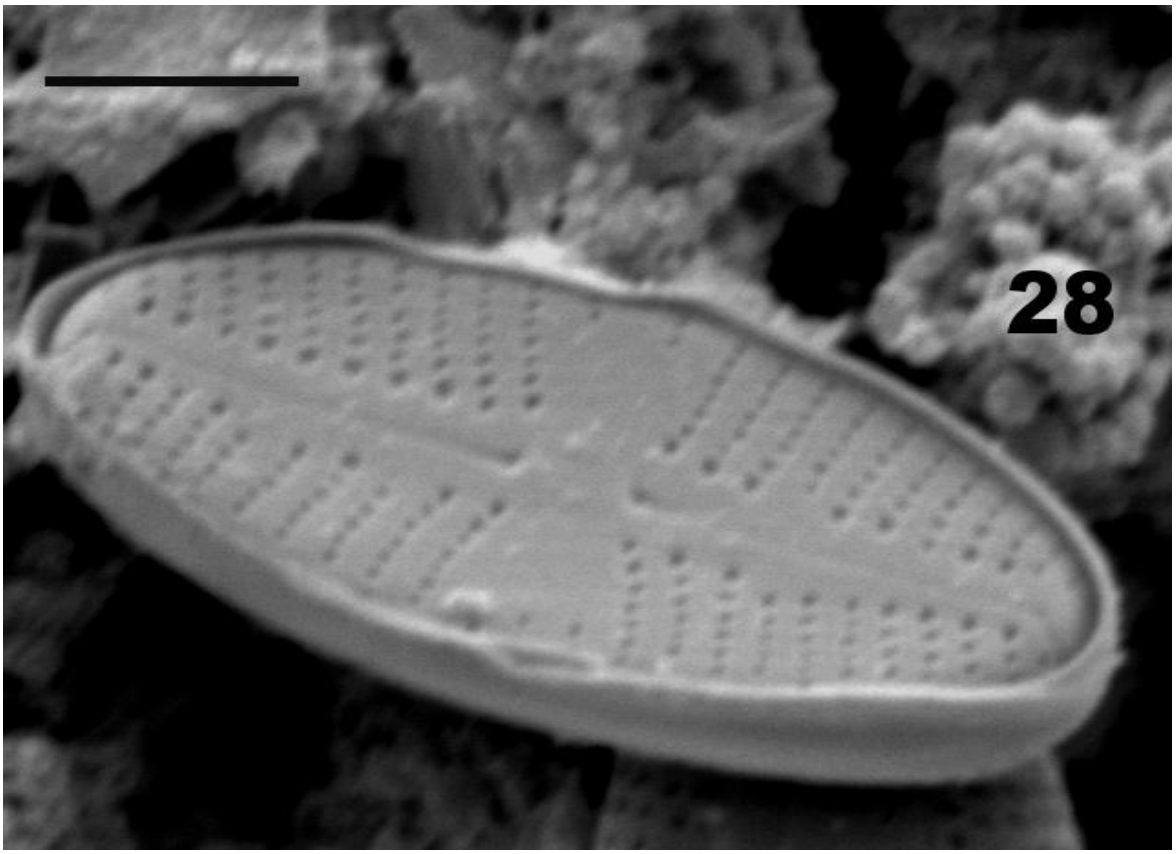

22

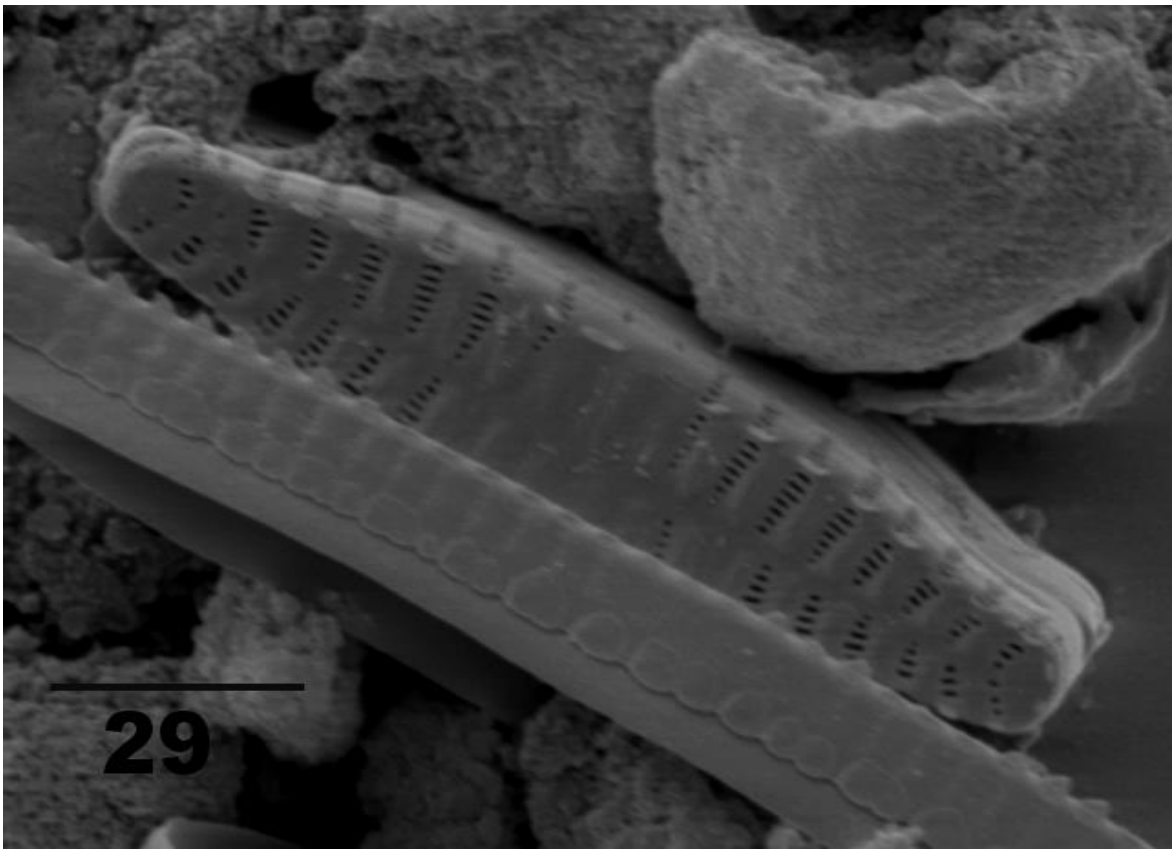

25

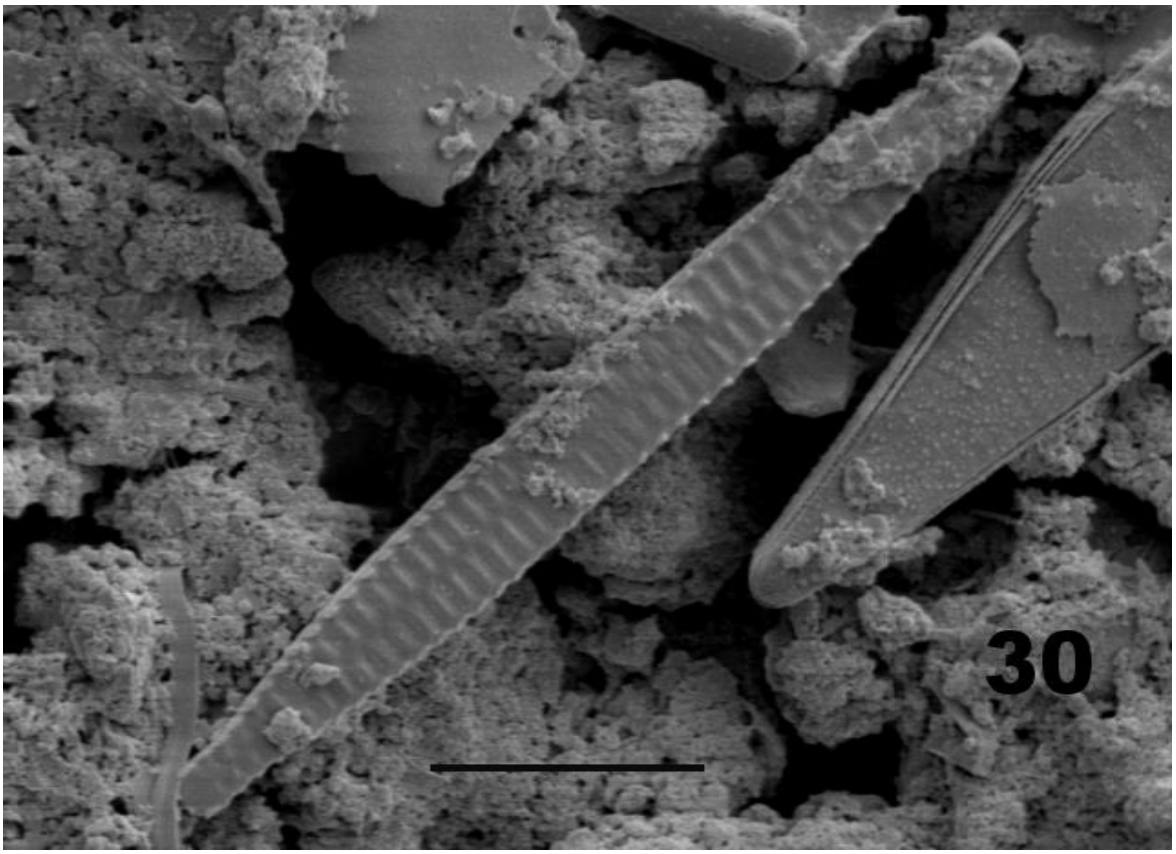

24

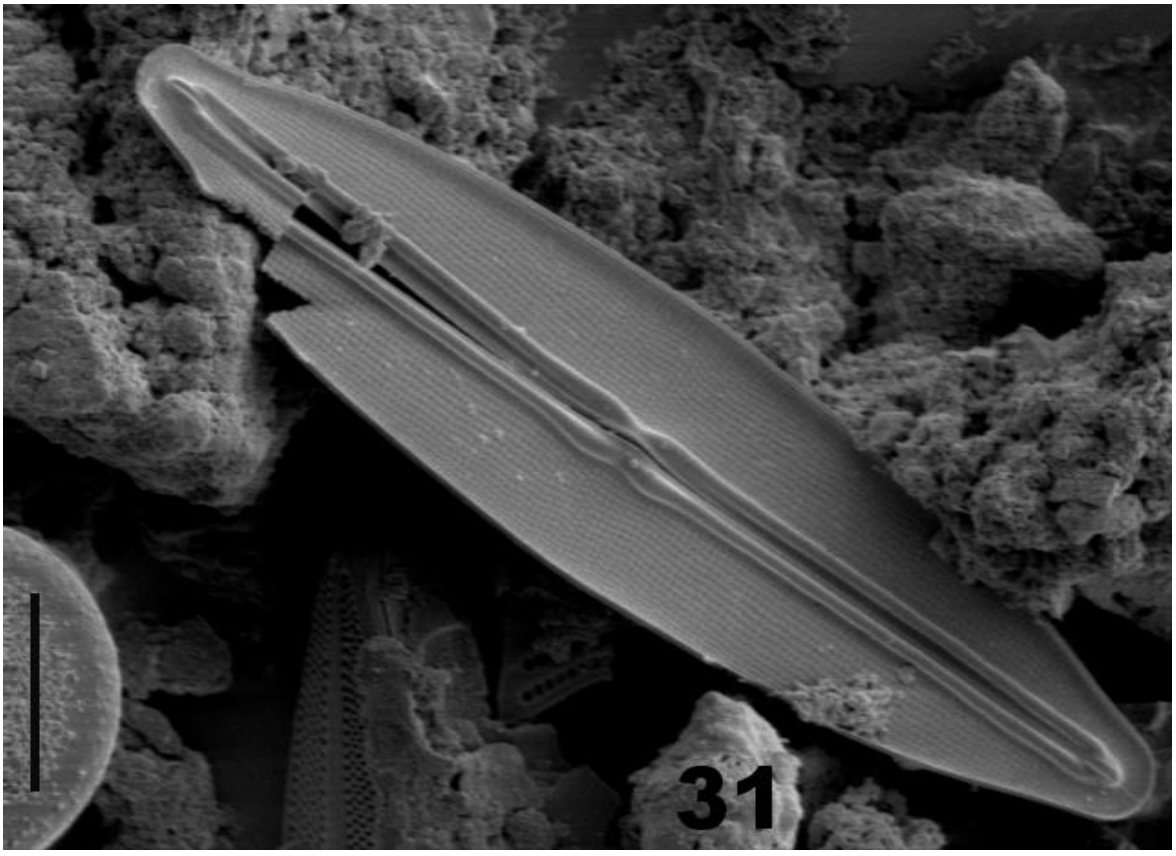

26

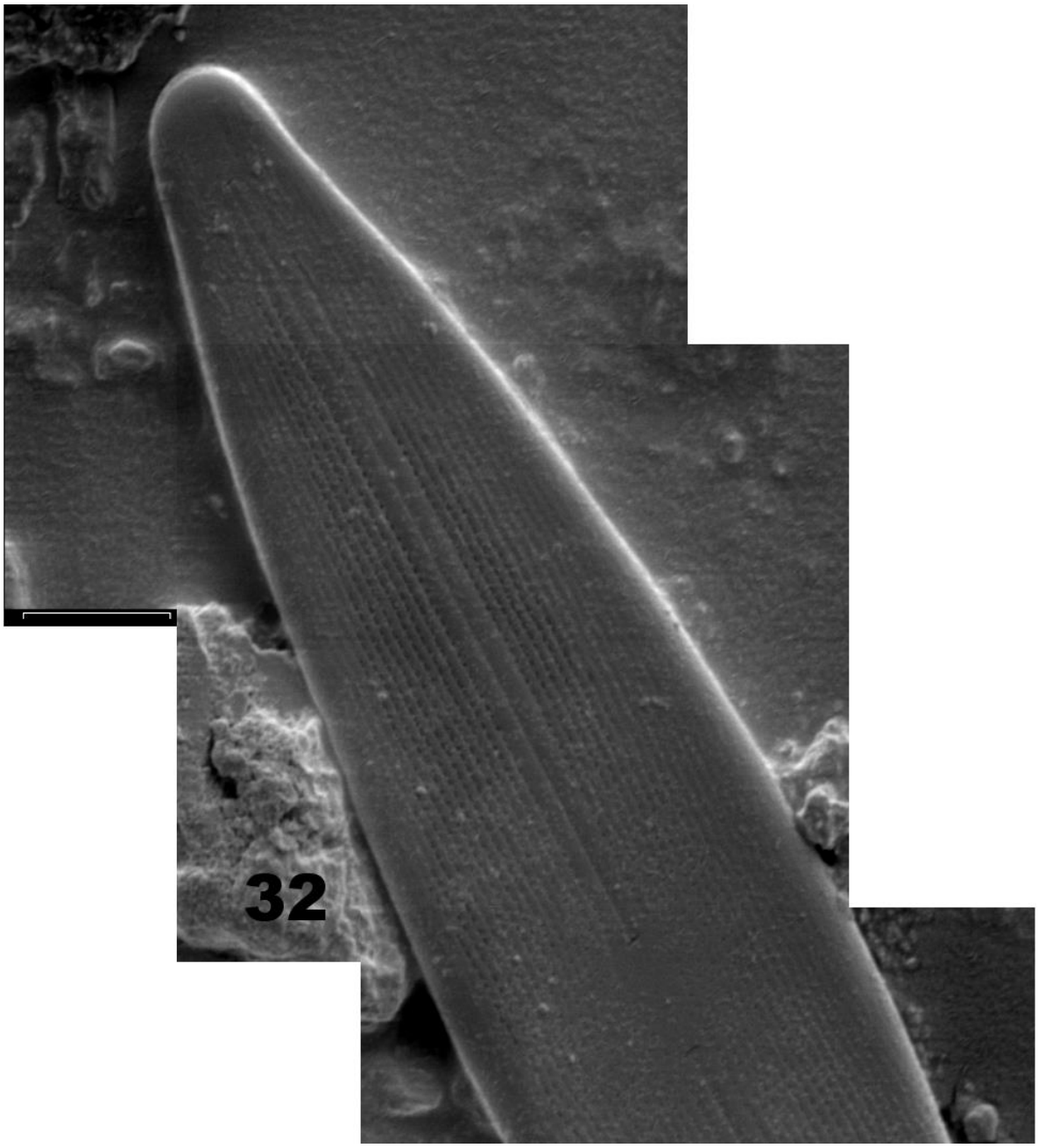

27

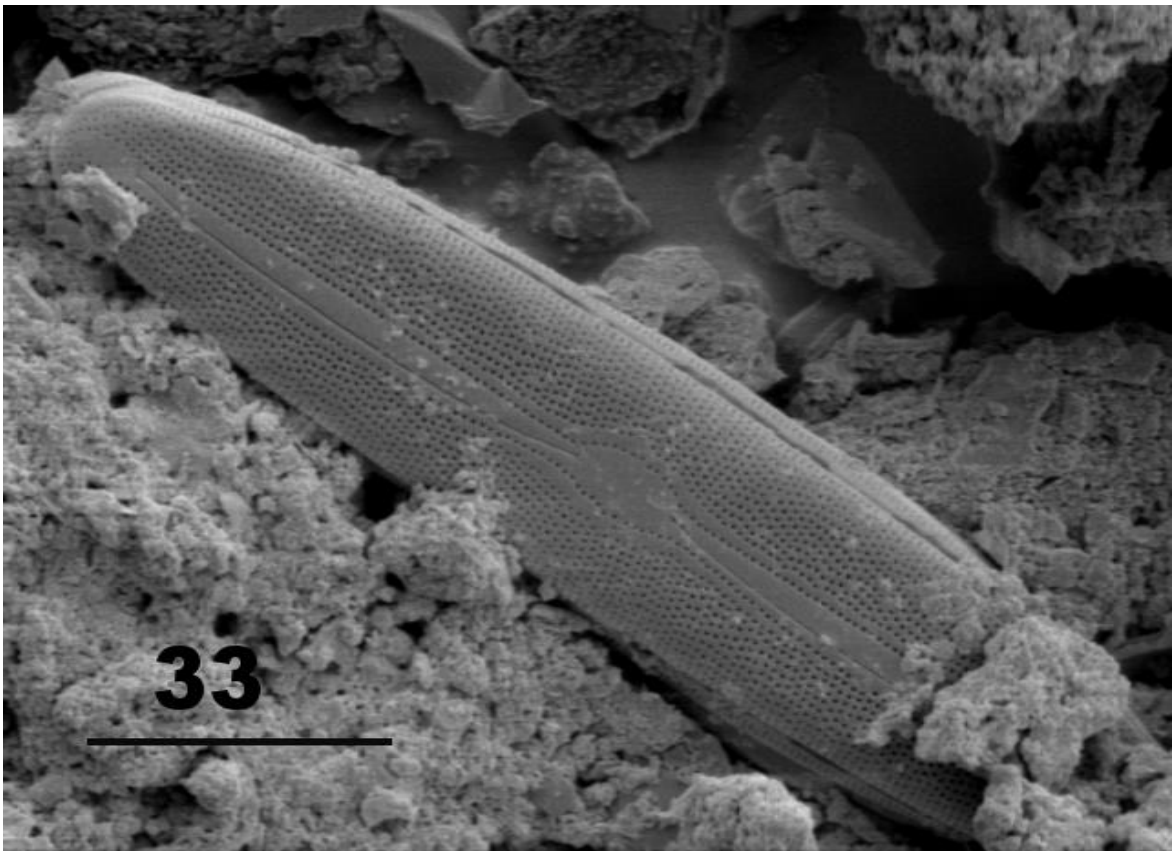

28

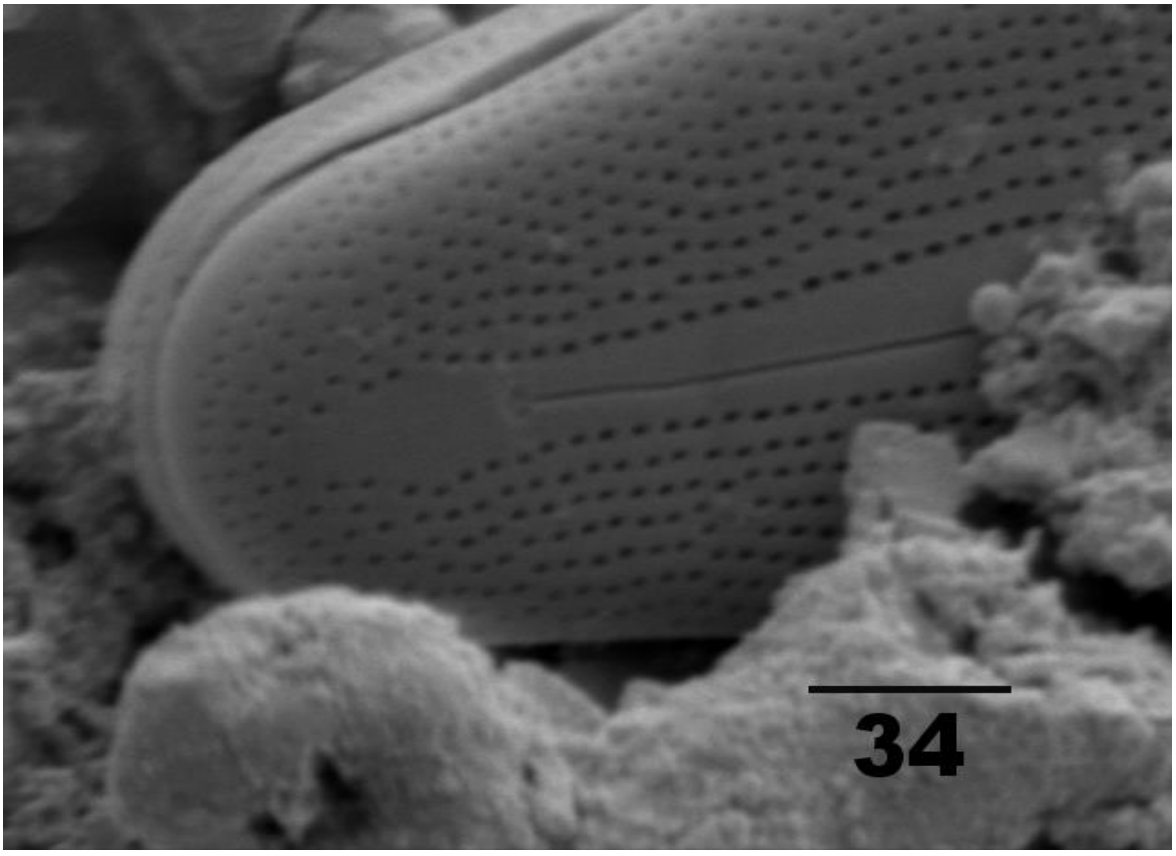

29

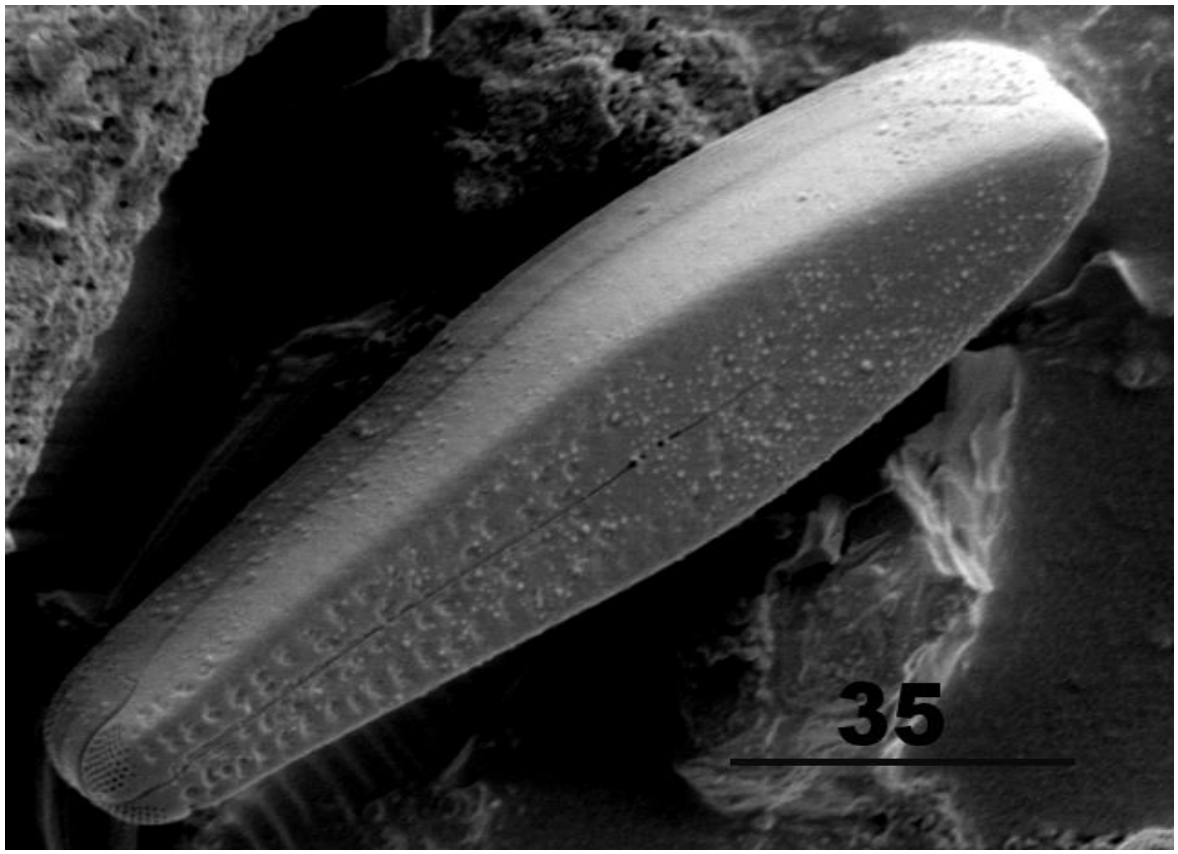

30

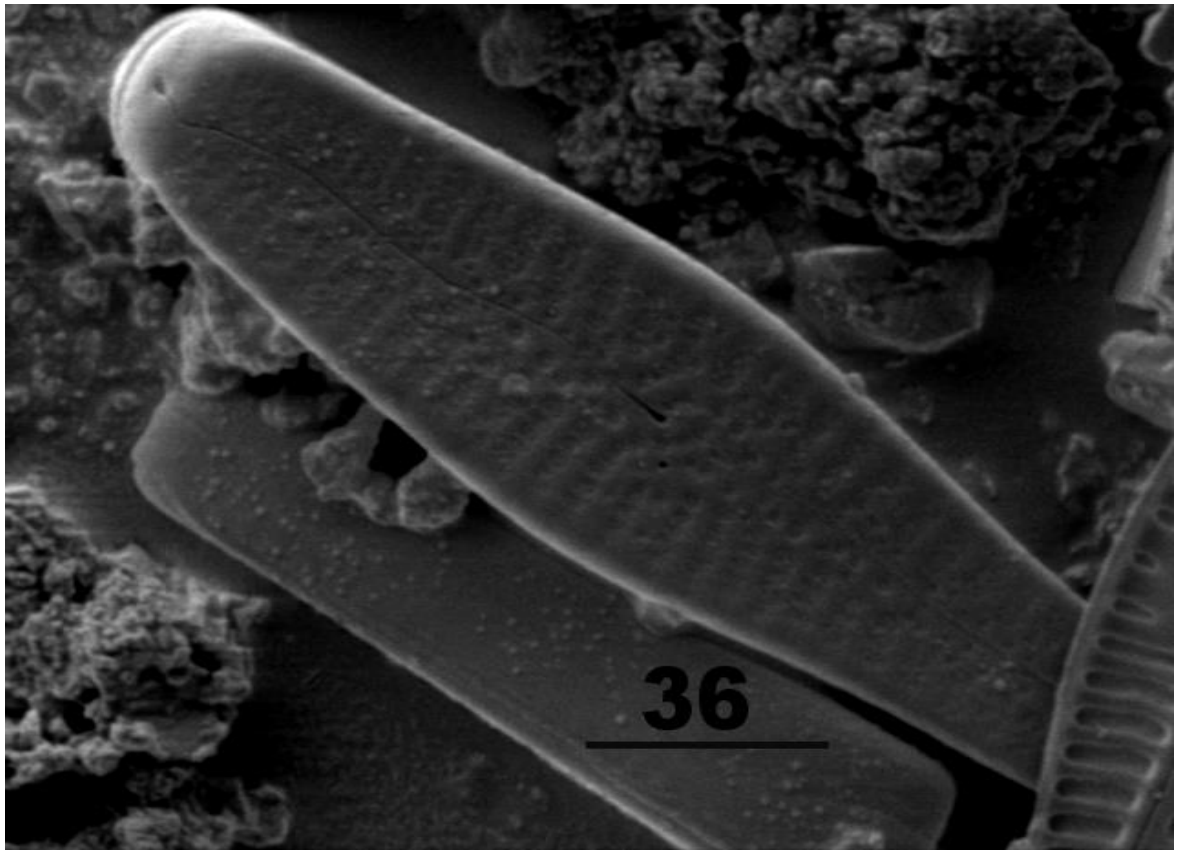

31

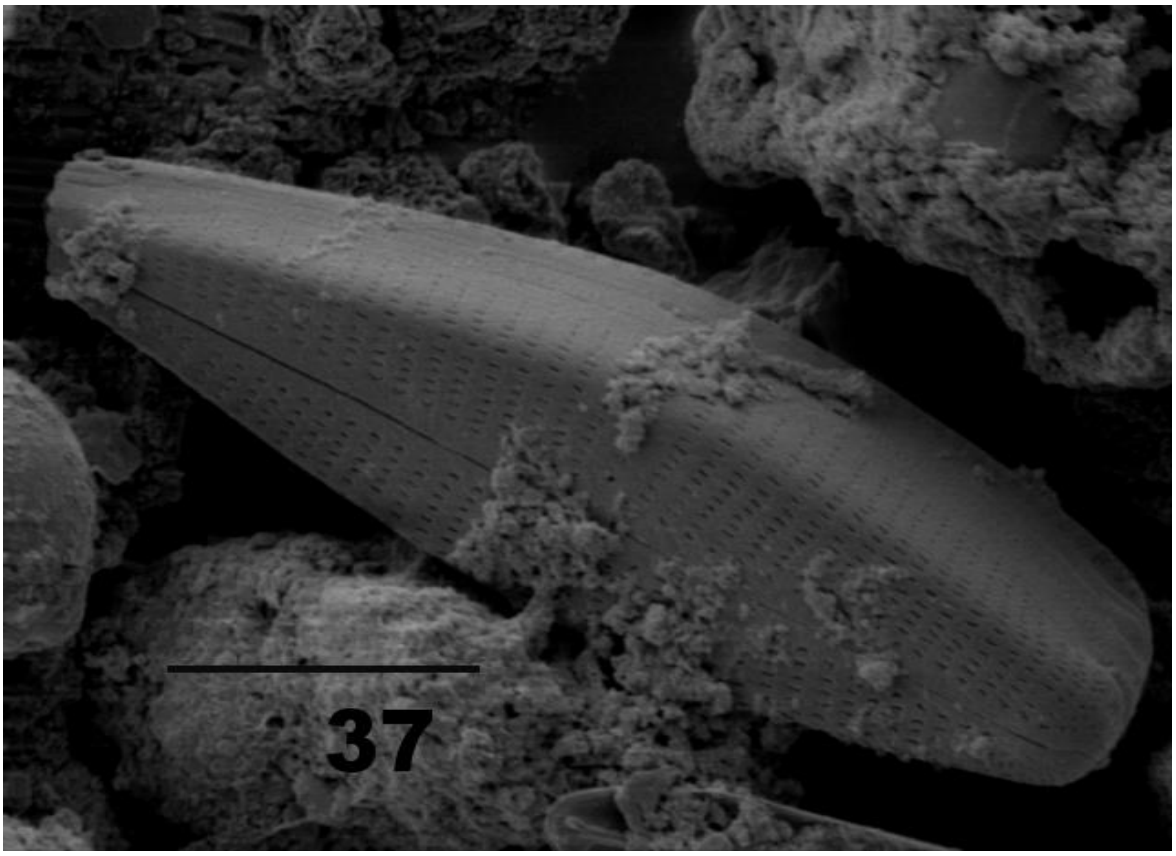

32

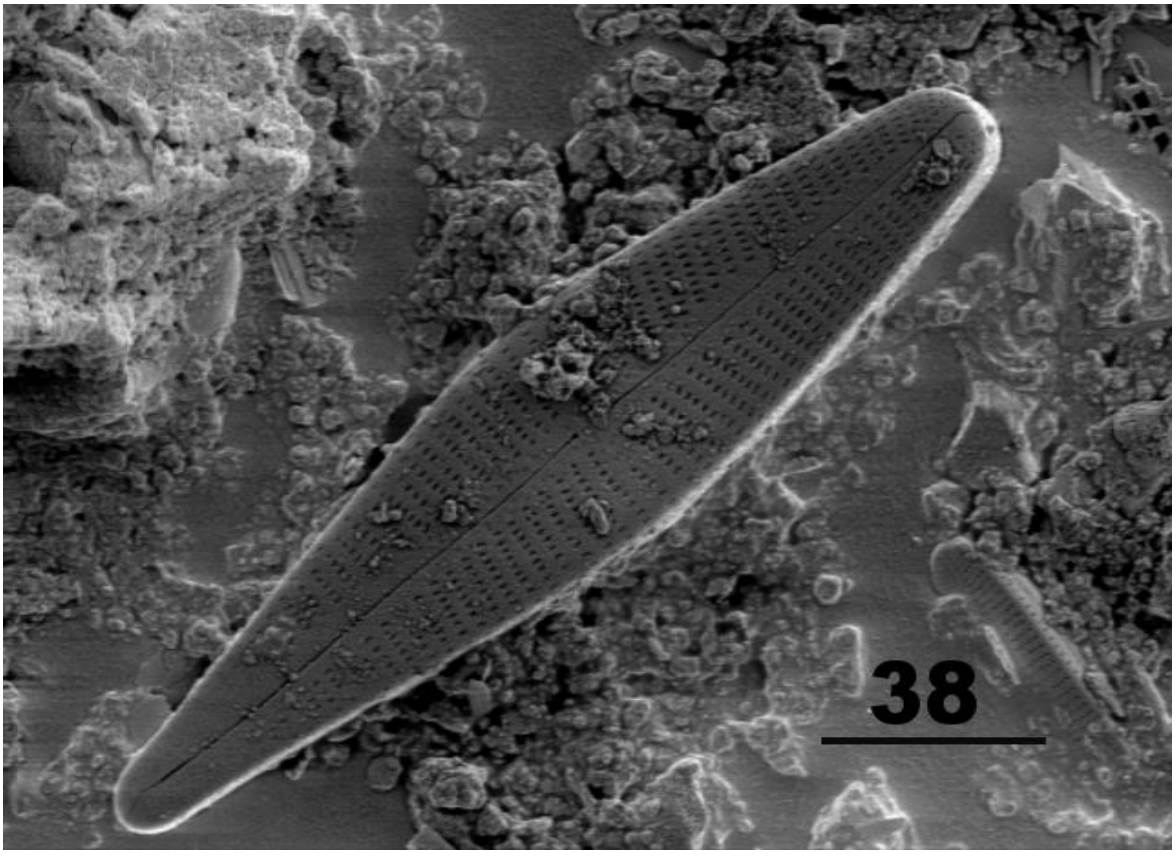

33

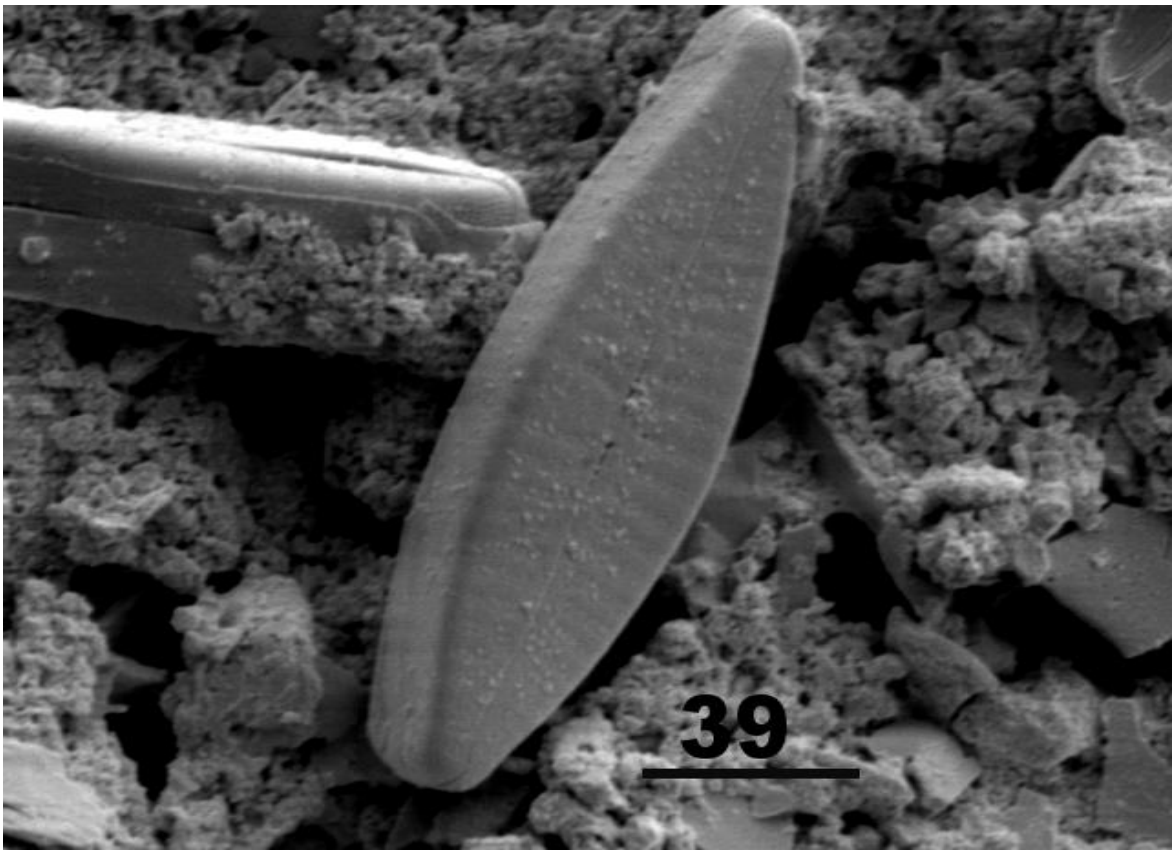

34

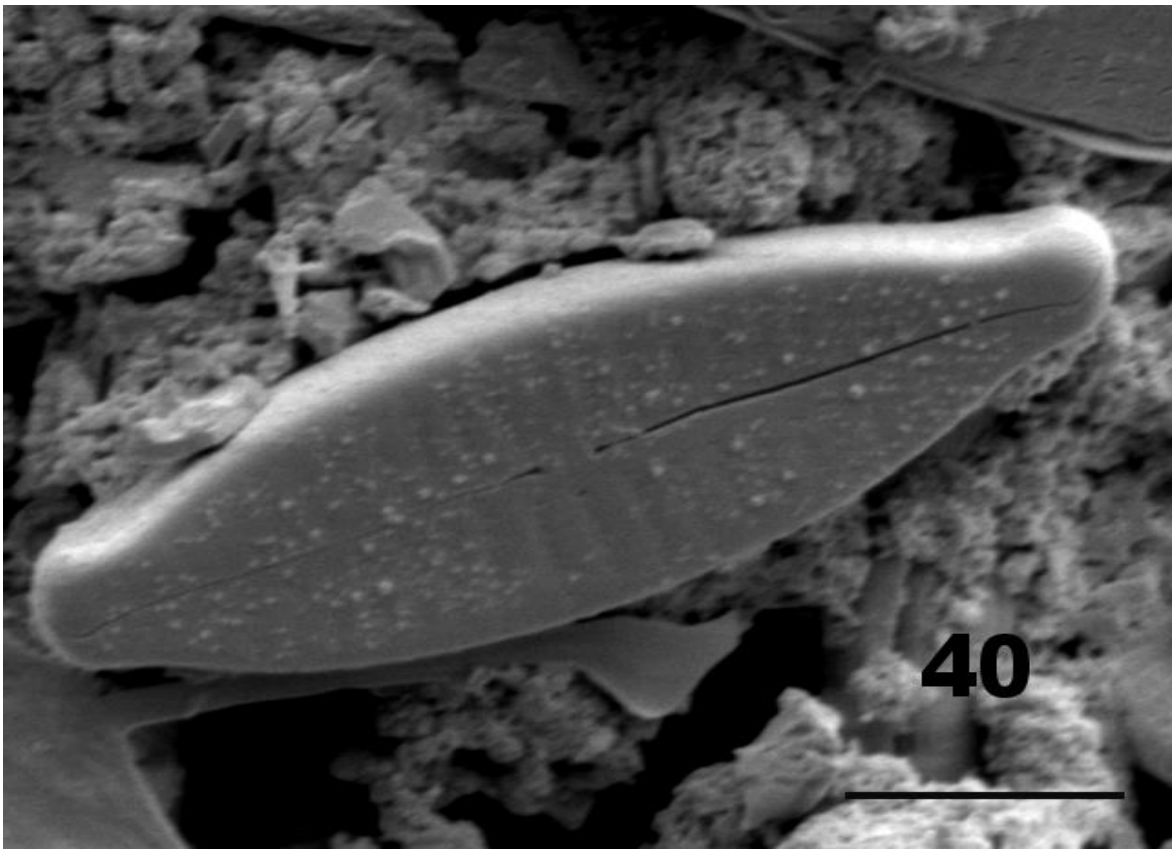

35

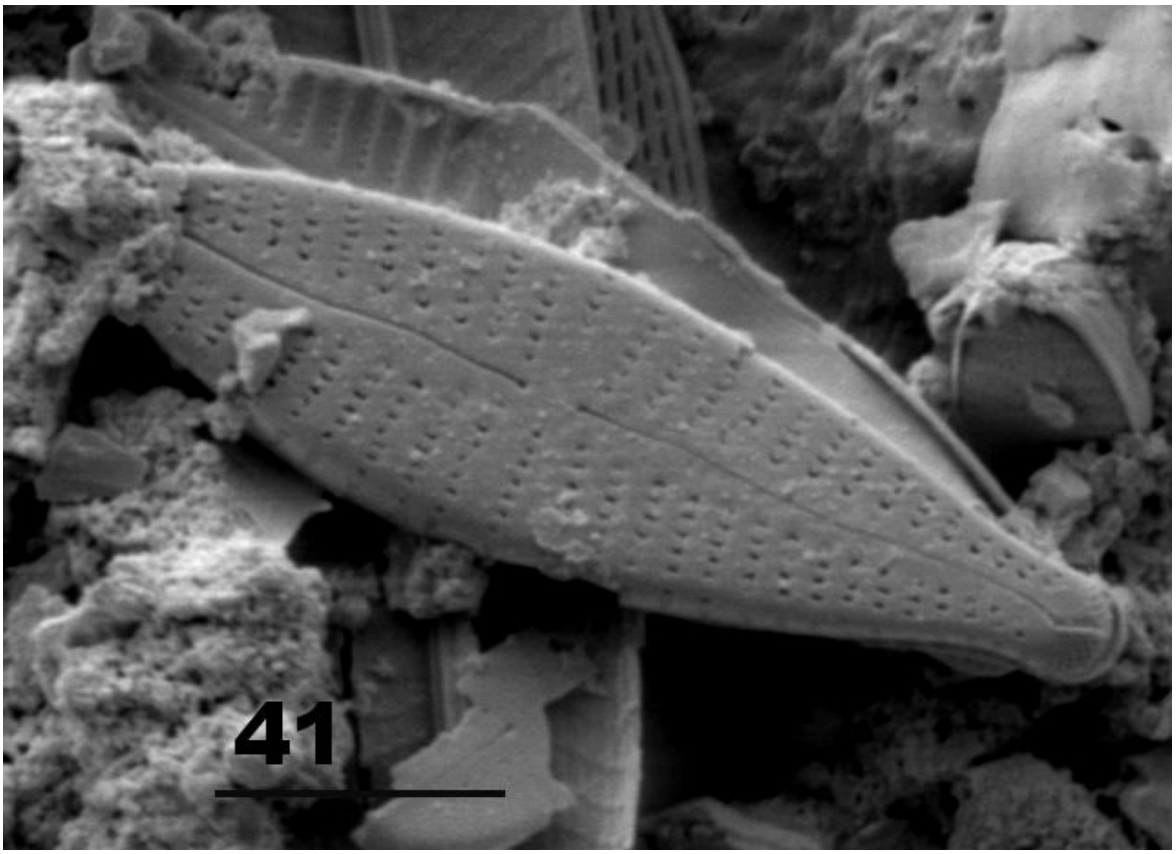

36

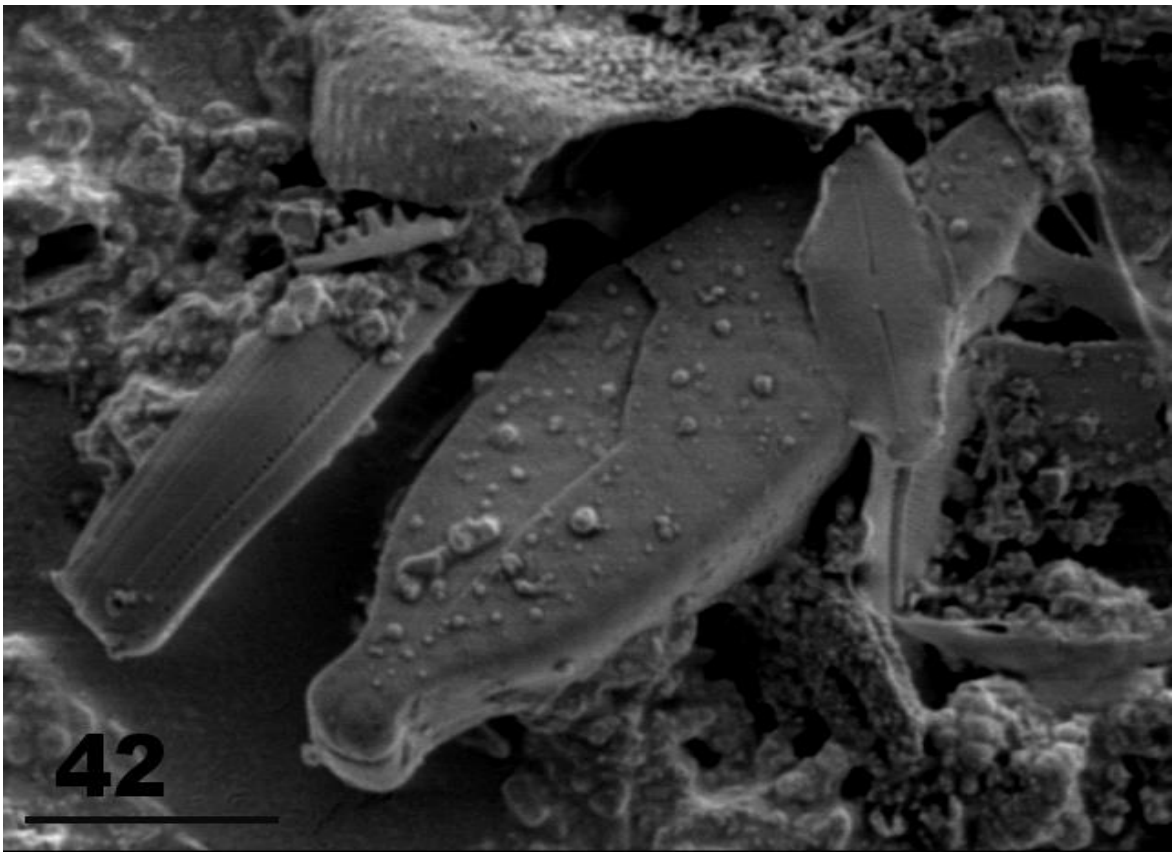

37

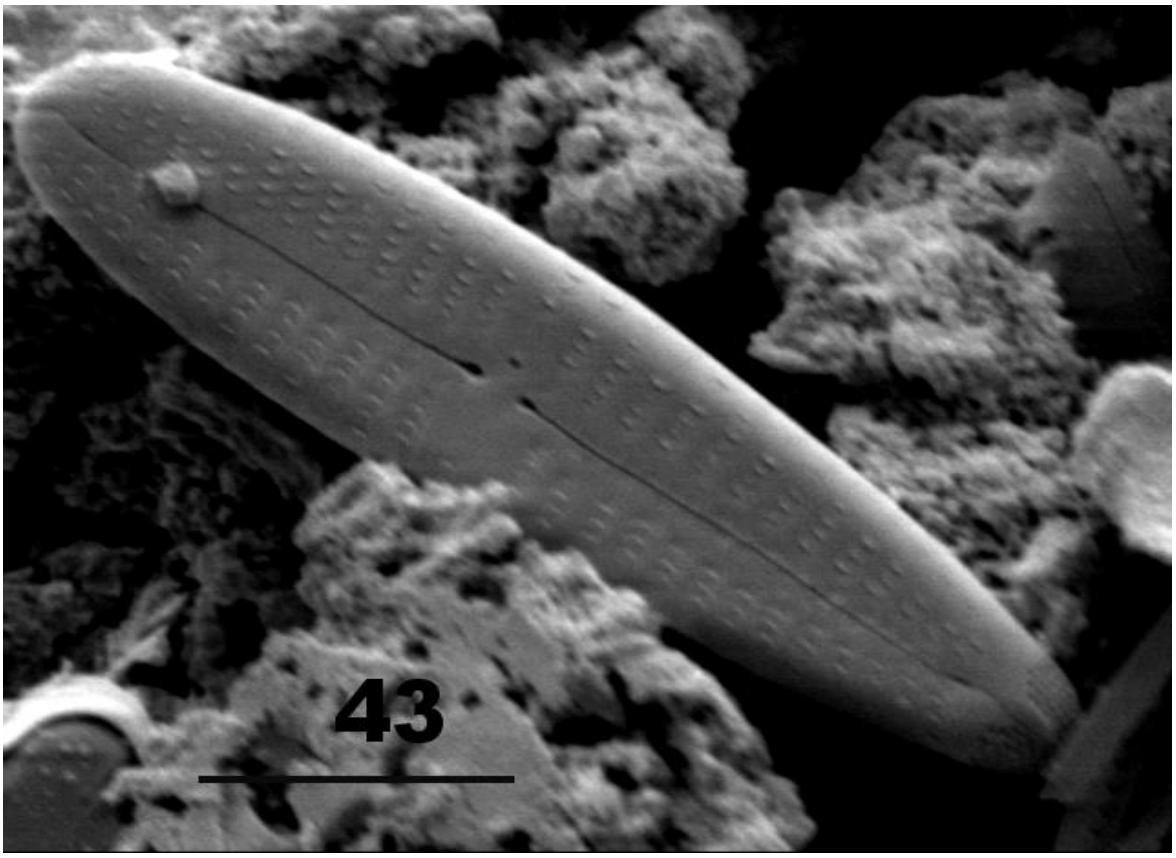

38

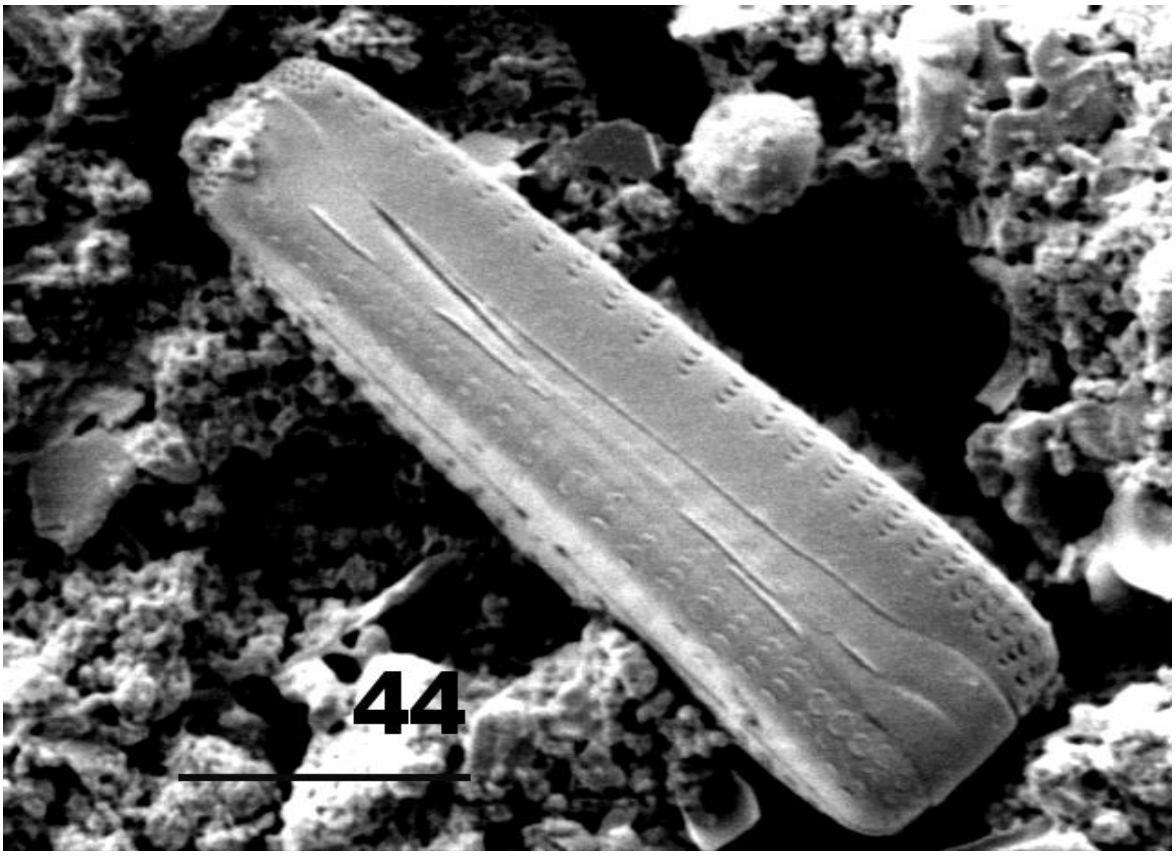

39

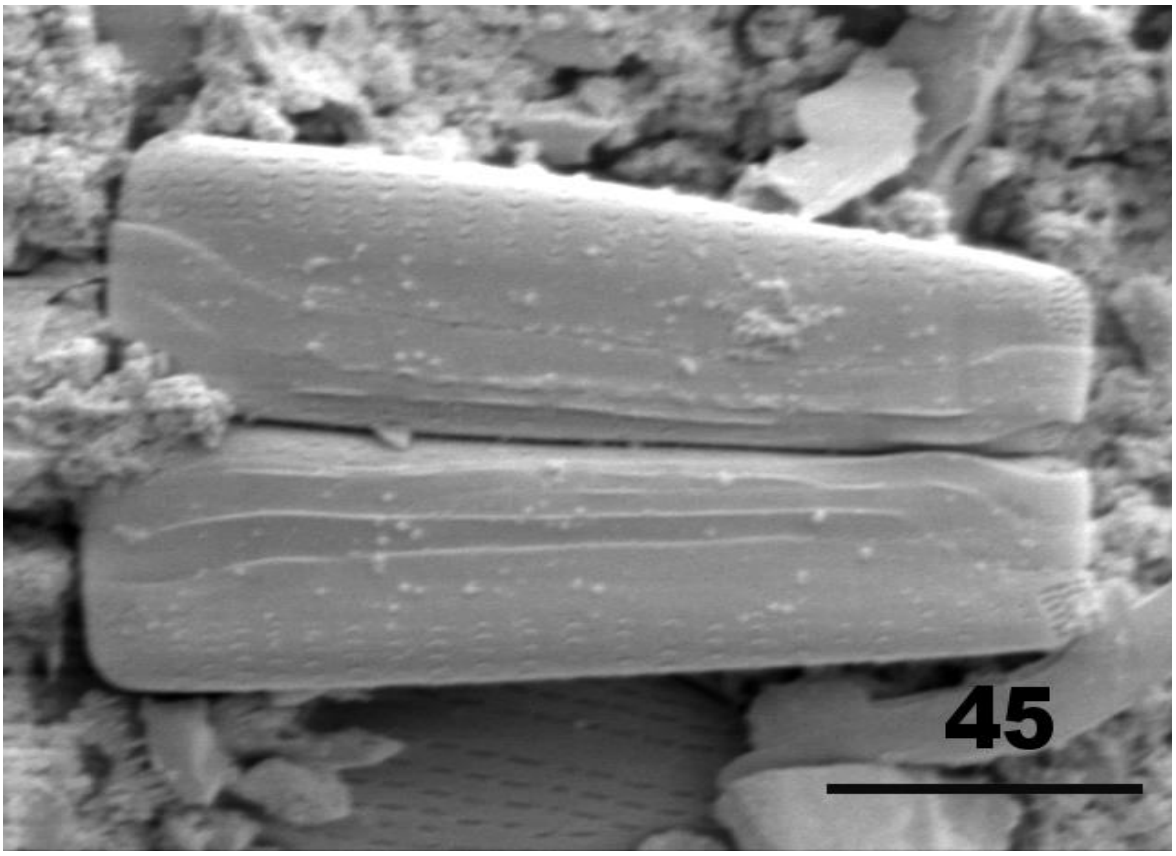

40

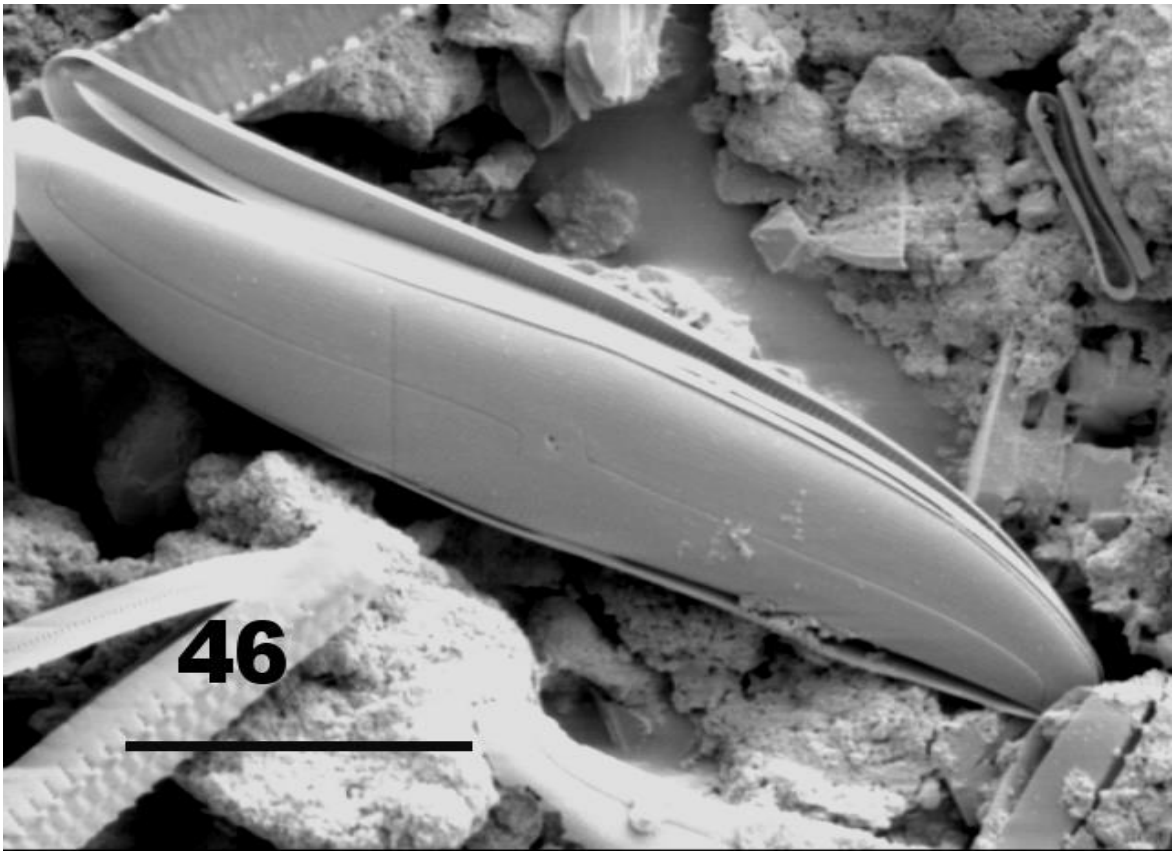

41

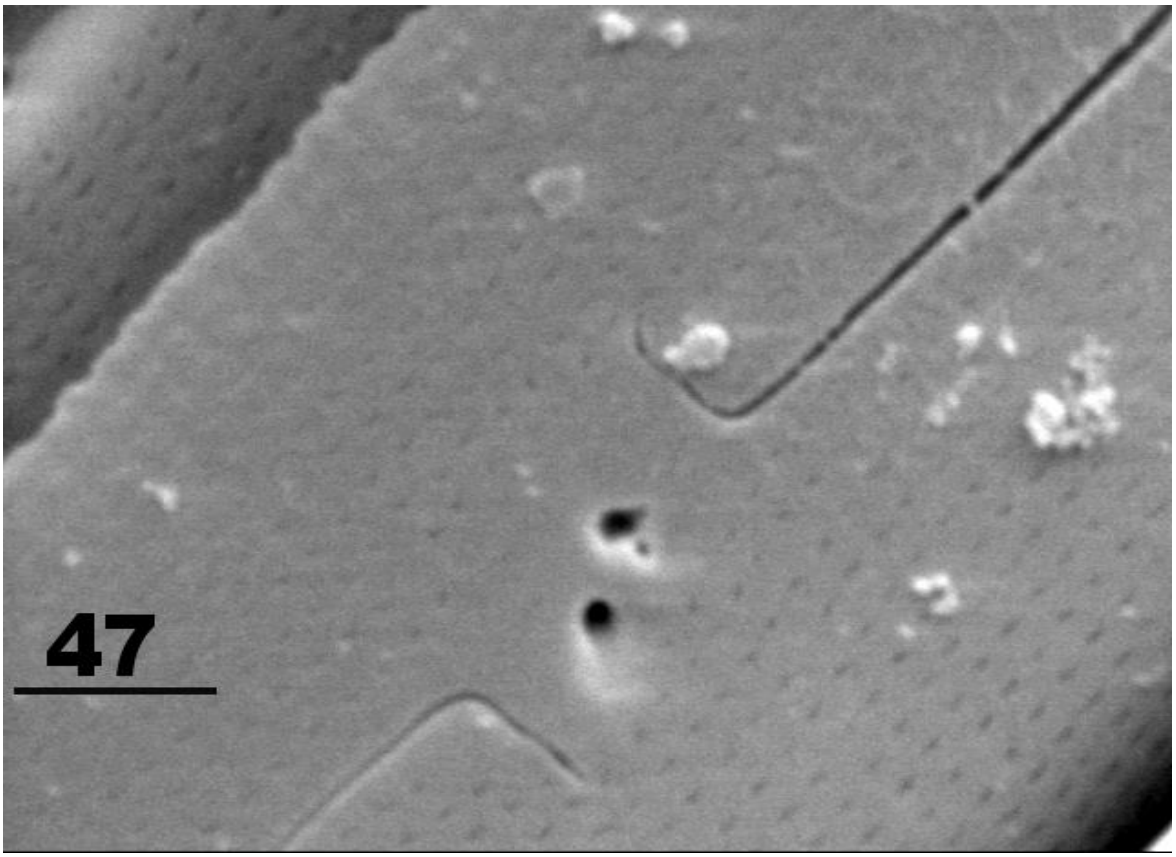

42

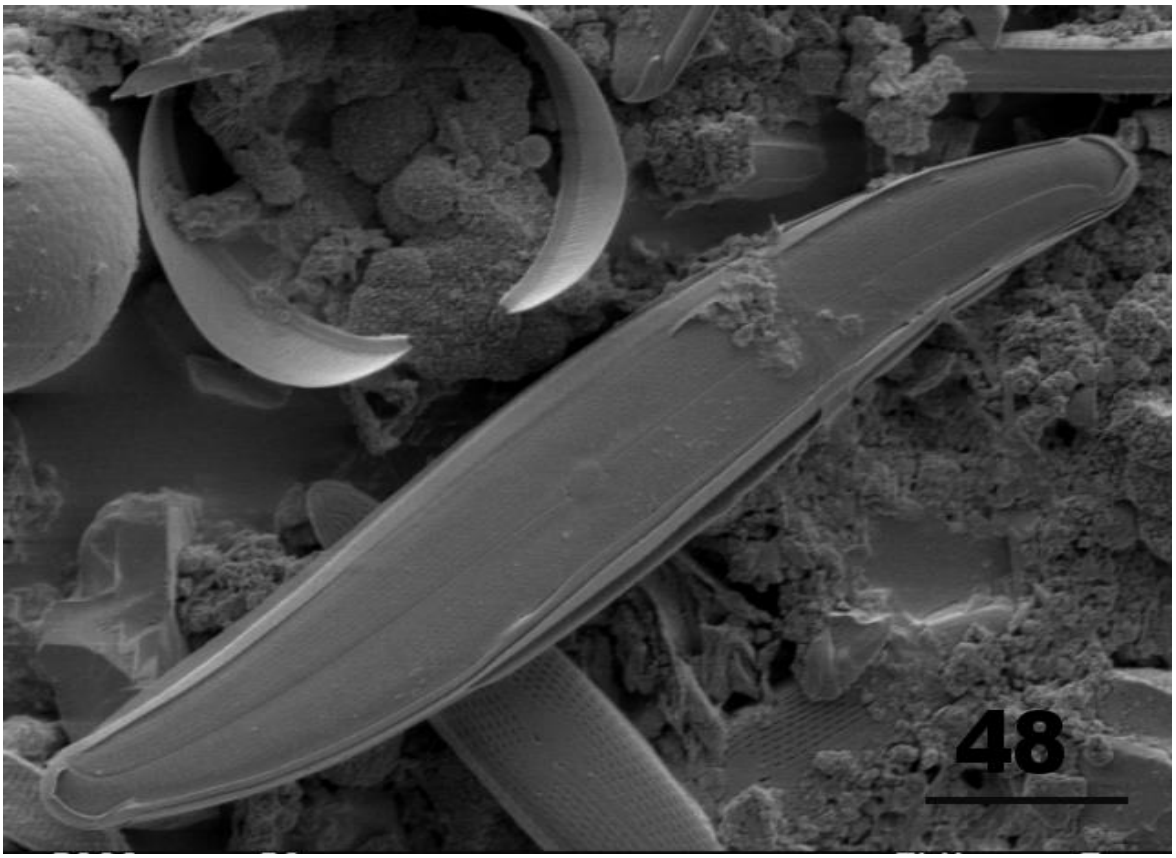

43

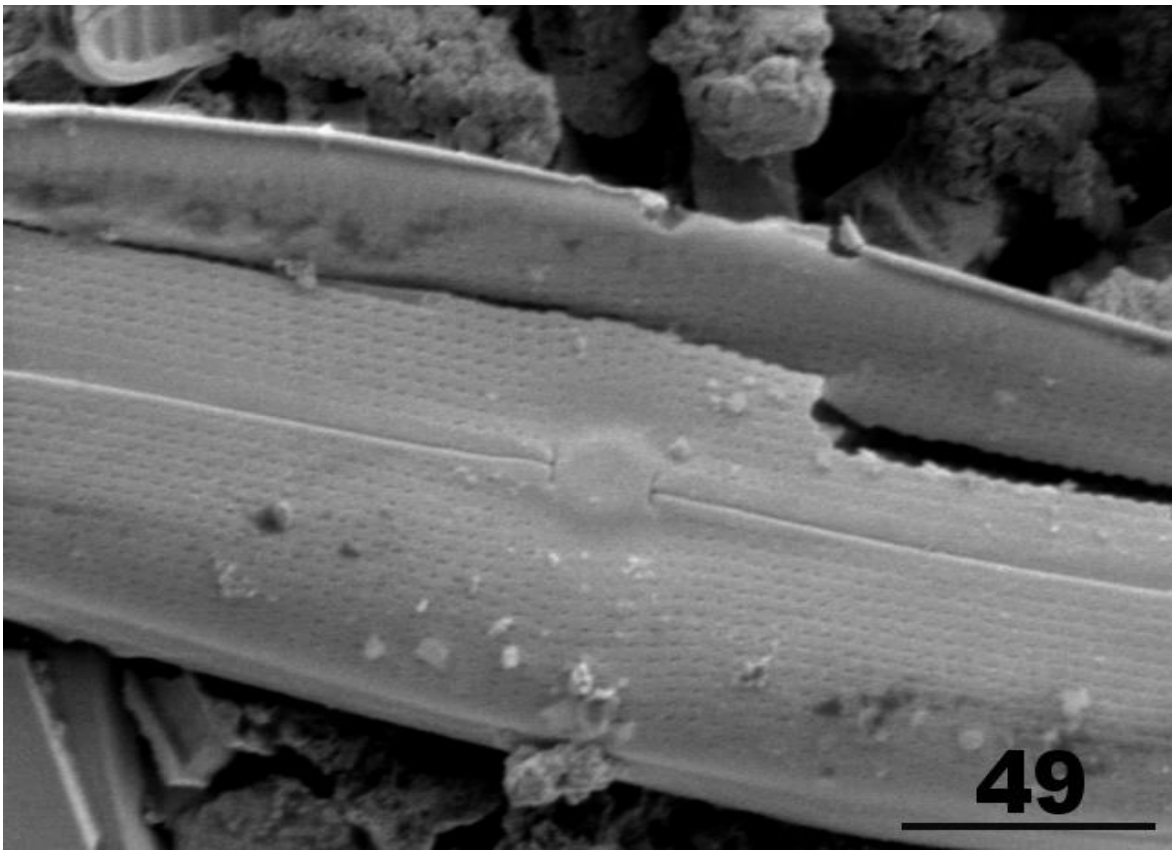

44

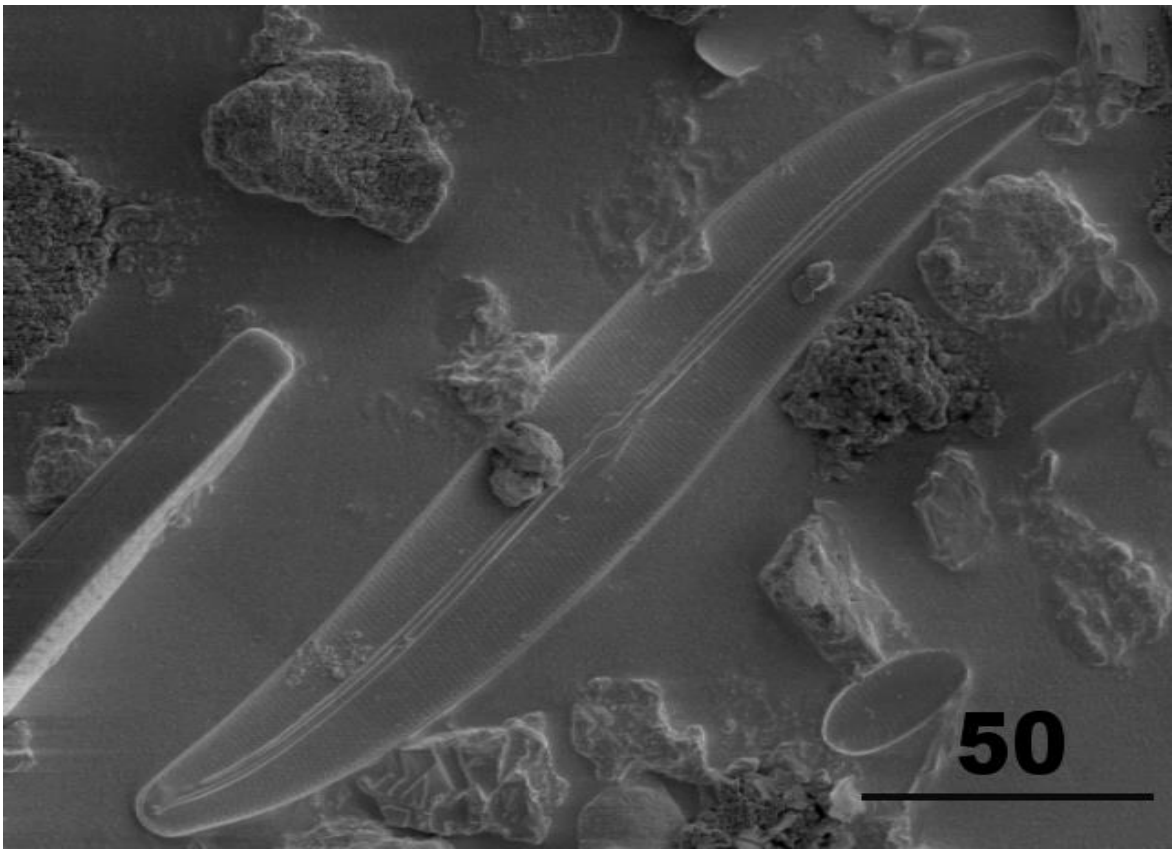

45

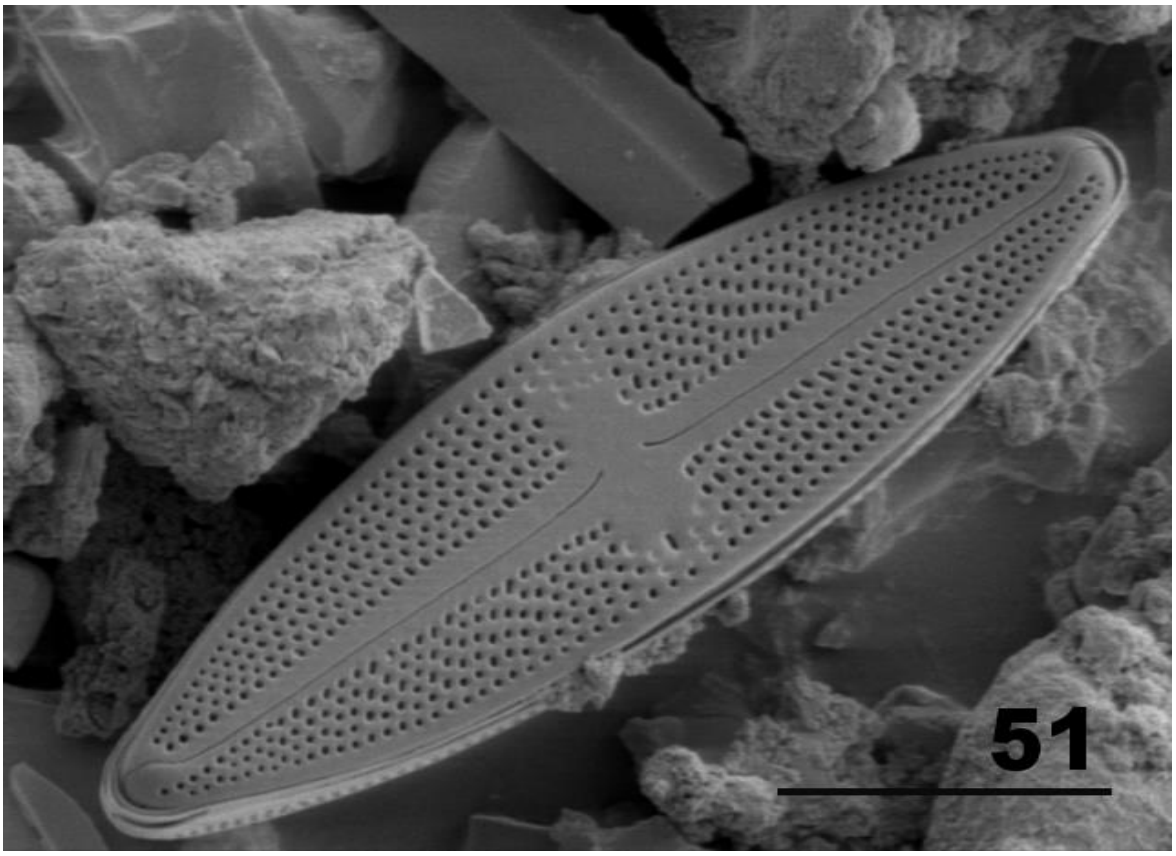

46


47

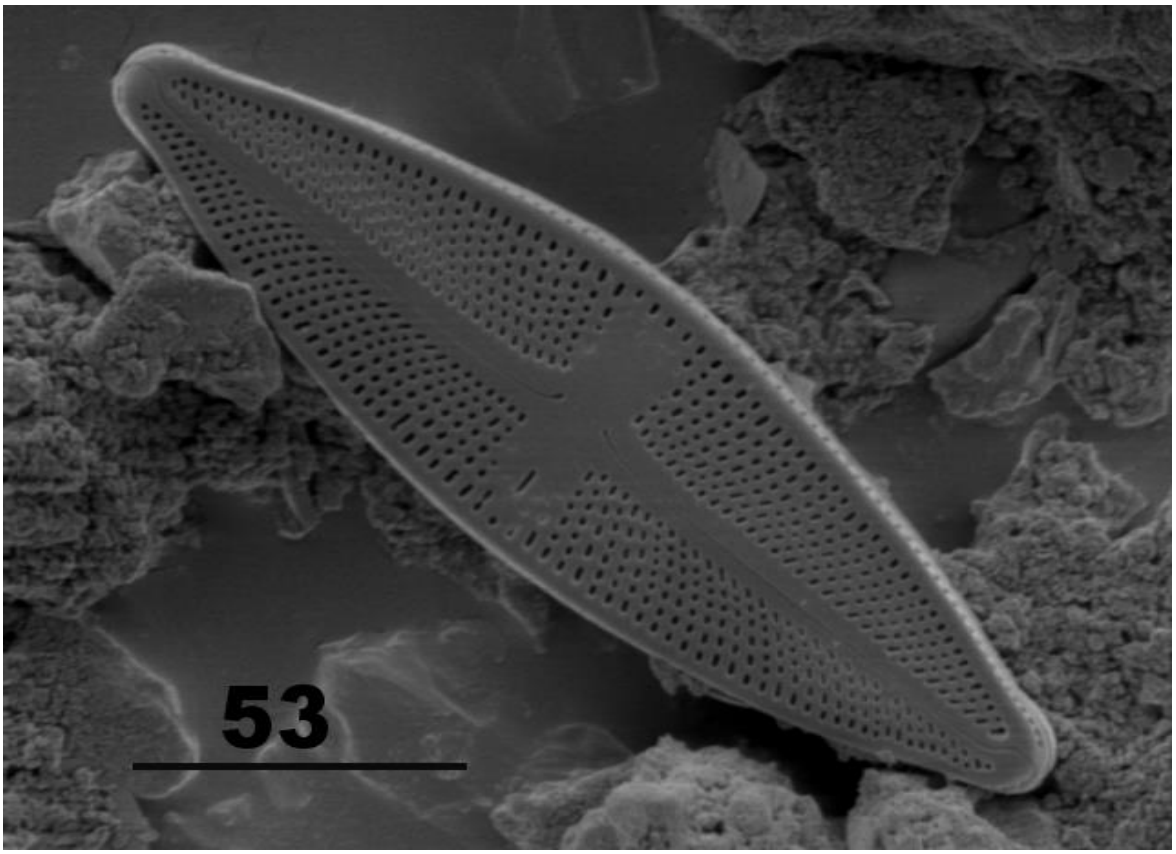

48

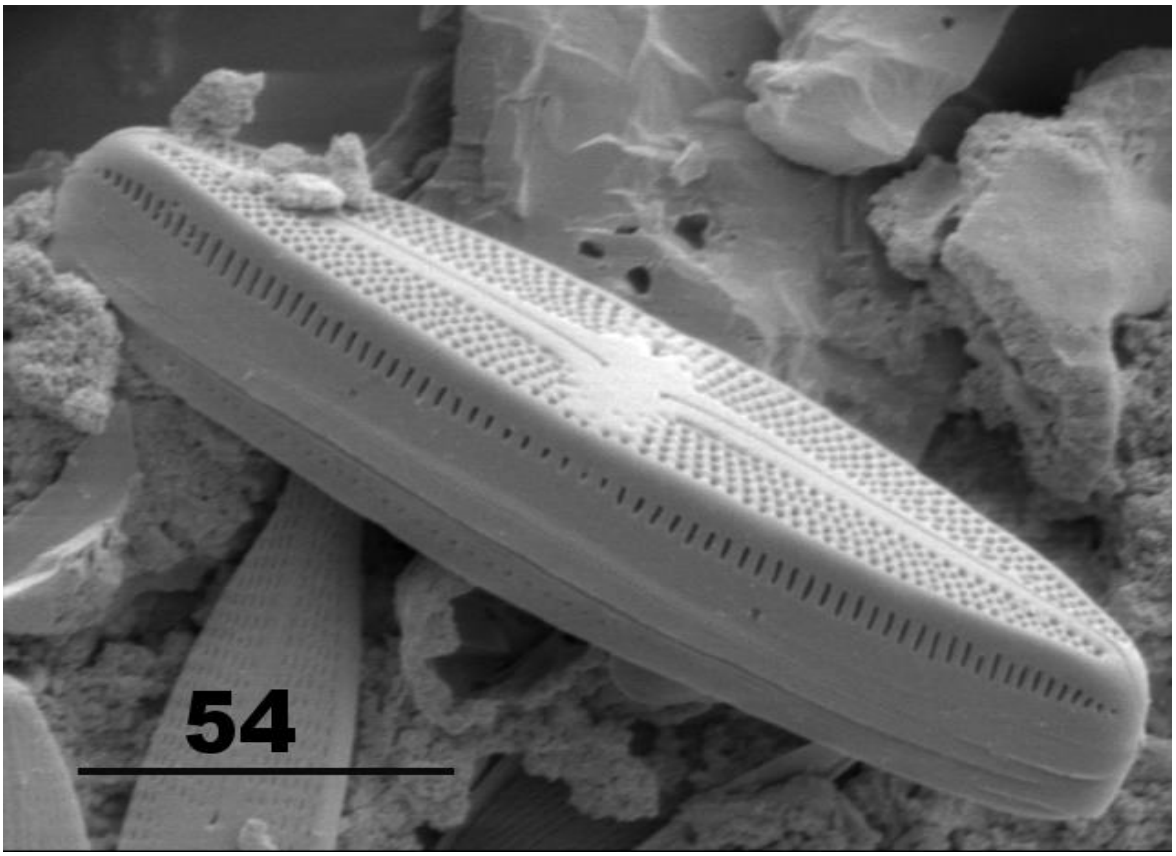

49

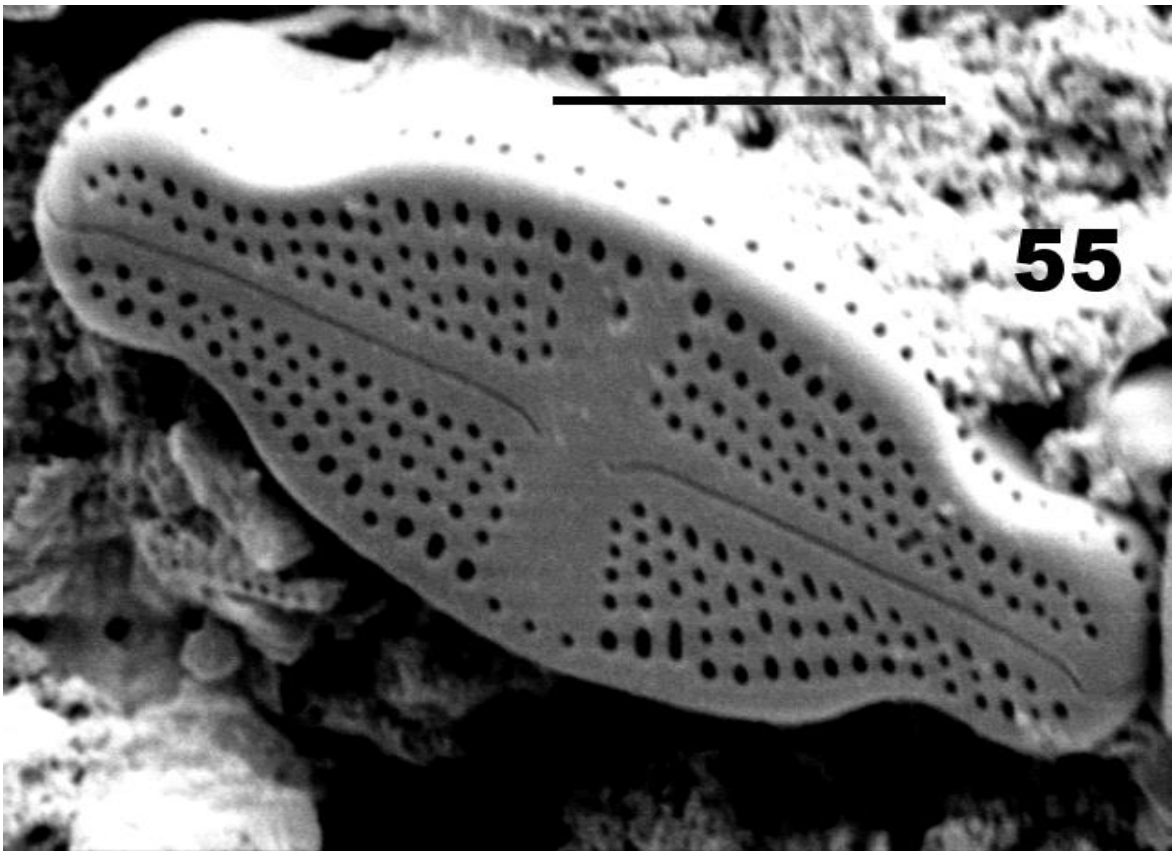

50

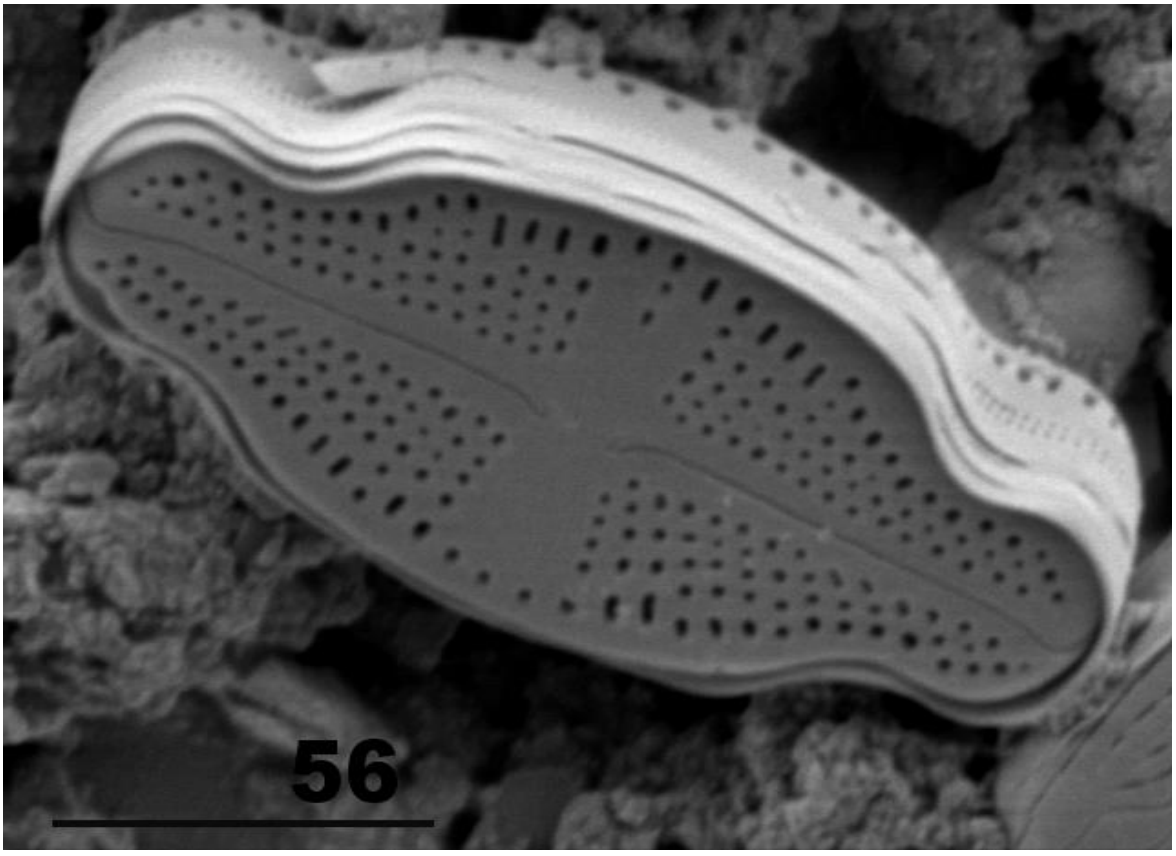

51

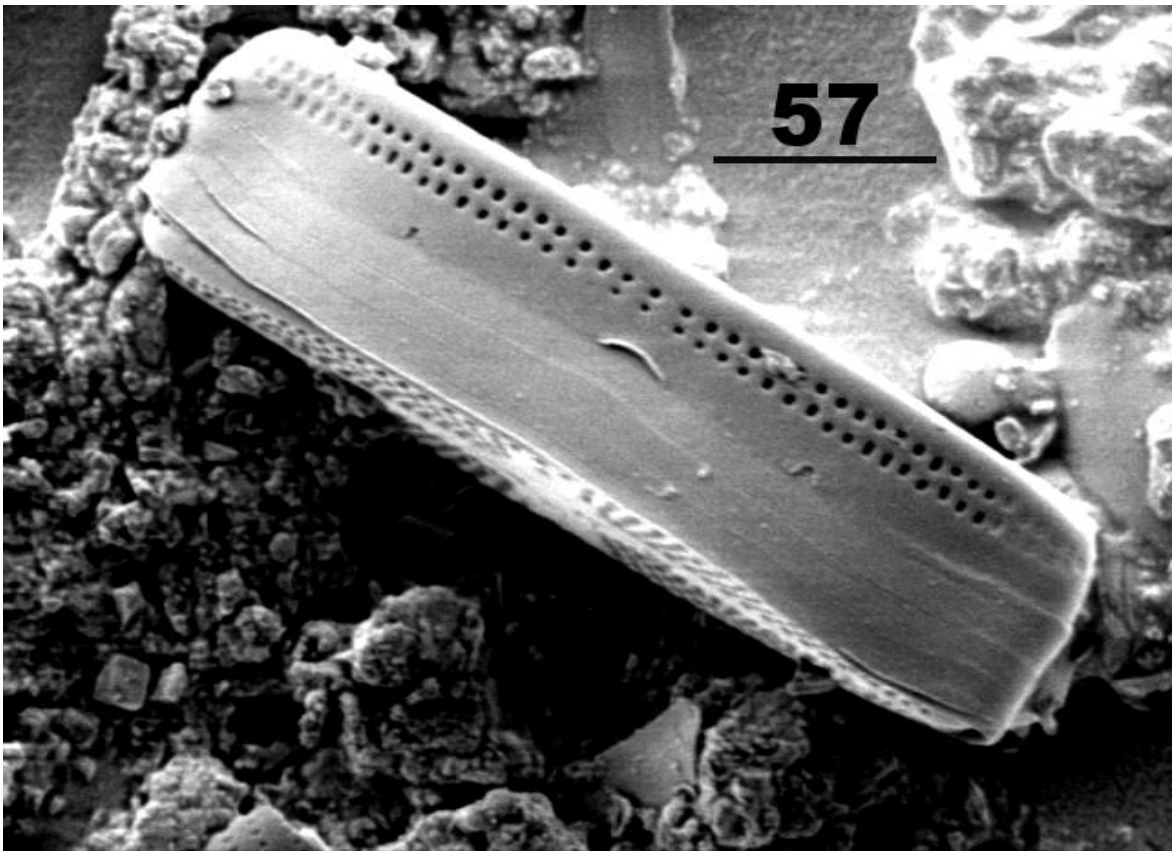

52

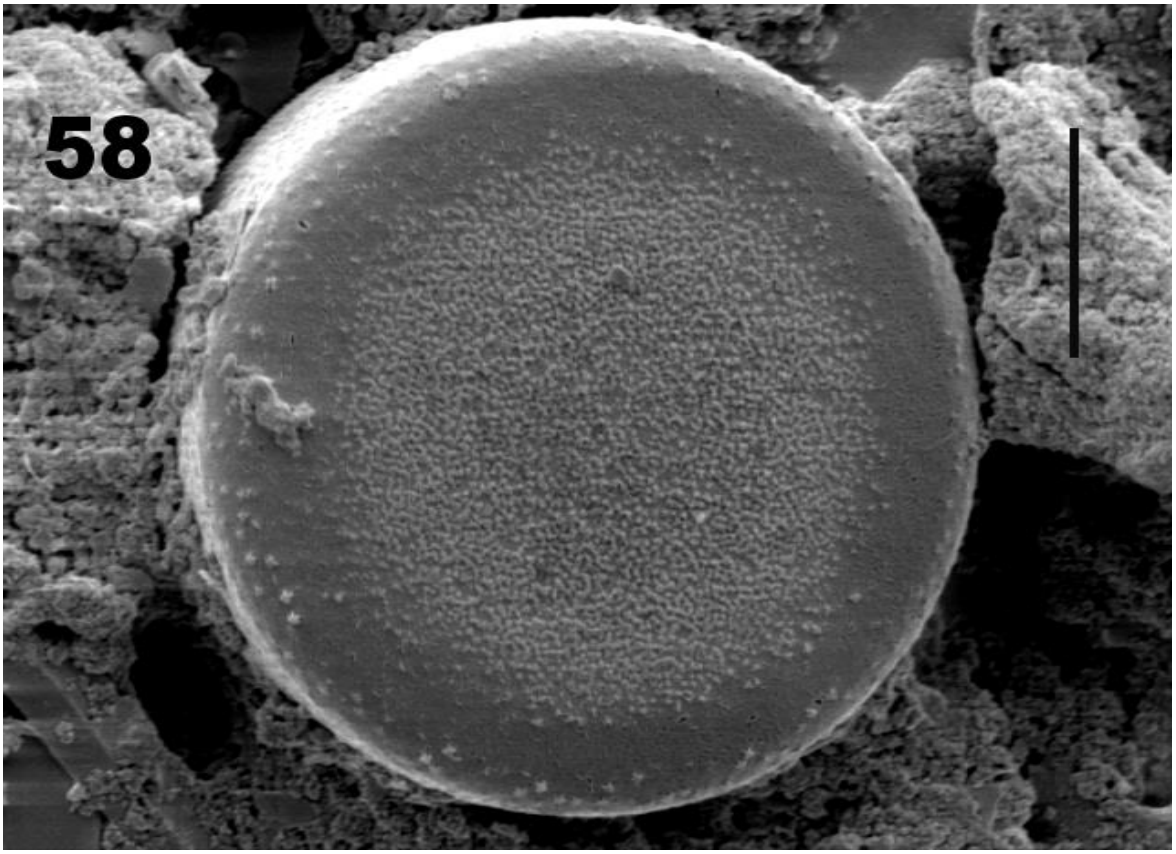

53

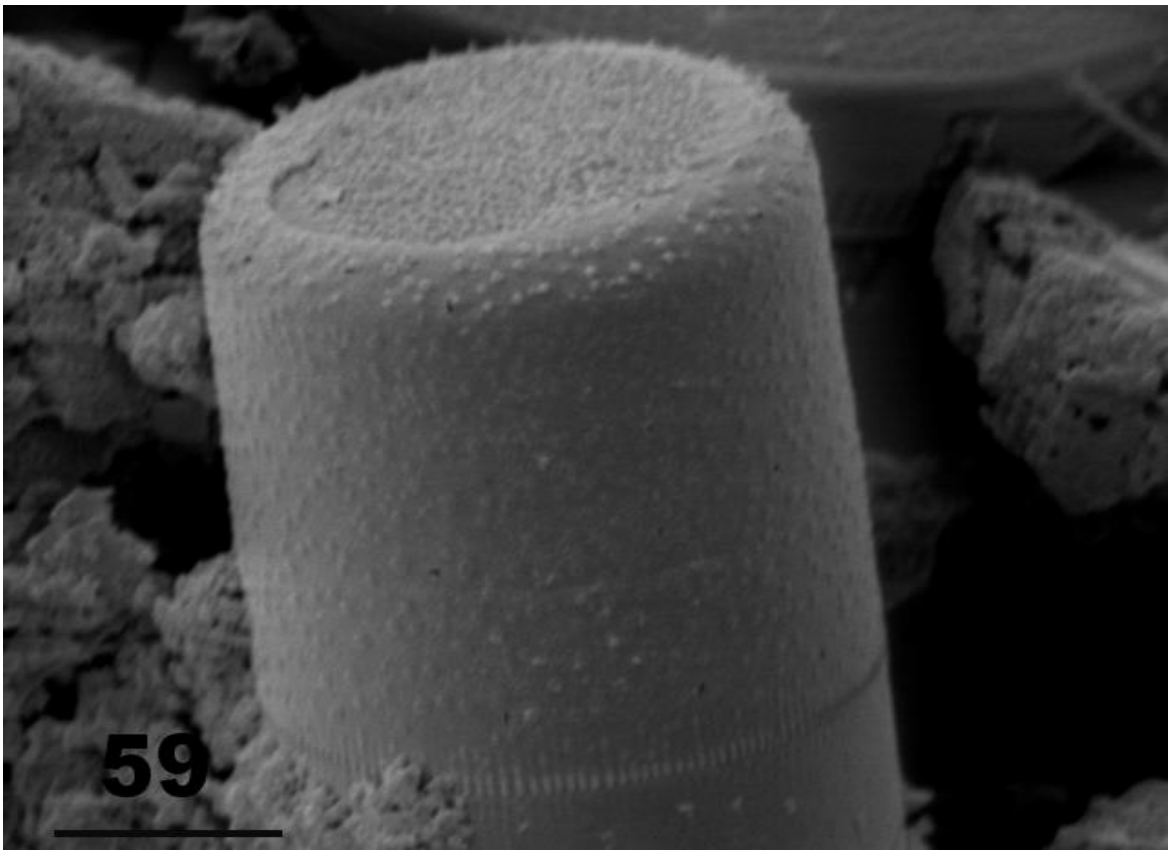

54

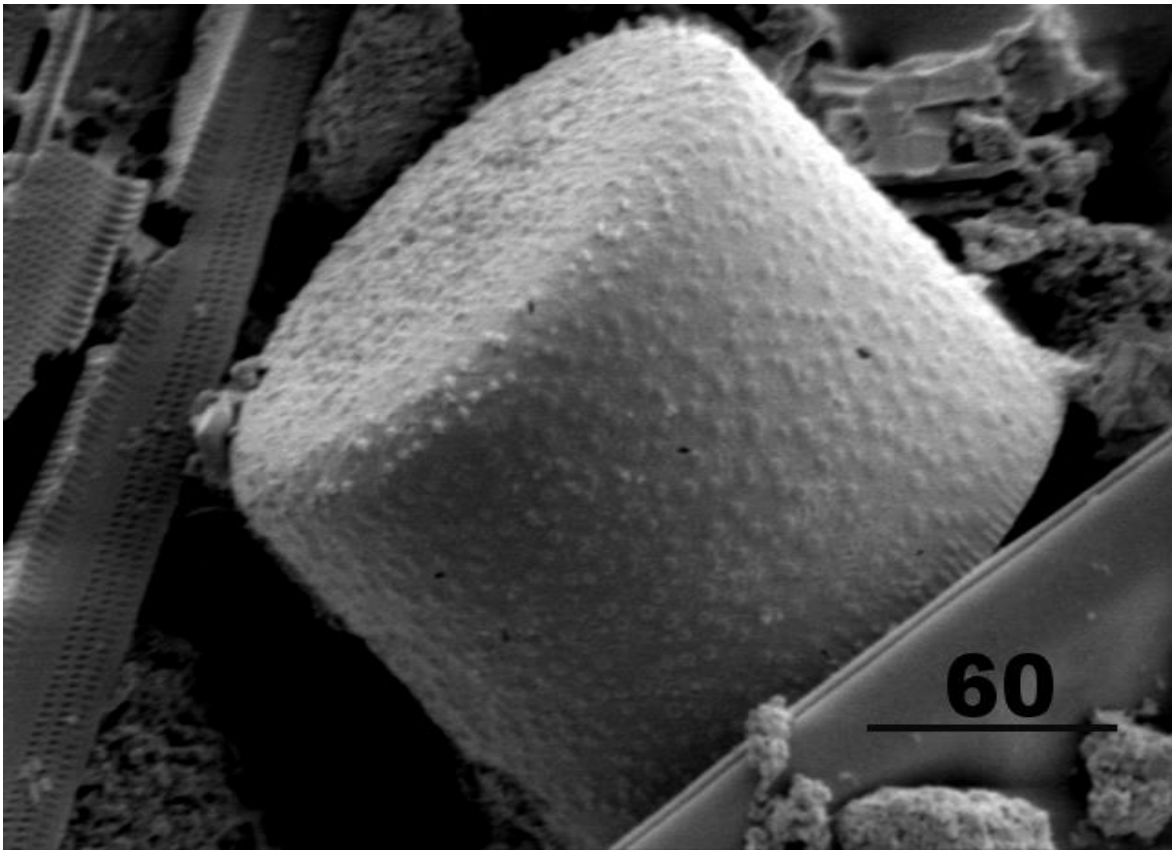

55

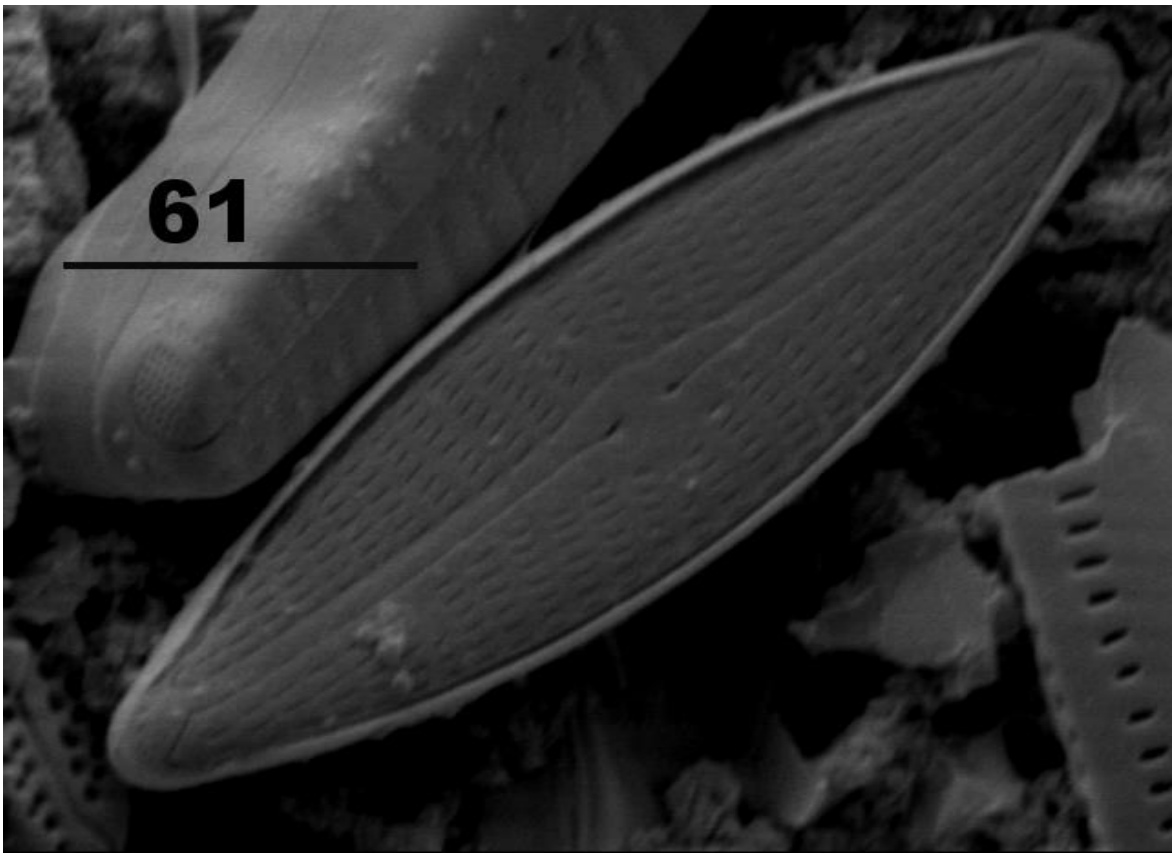

56

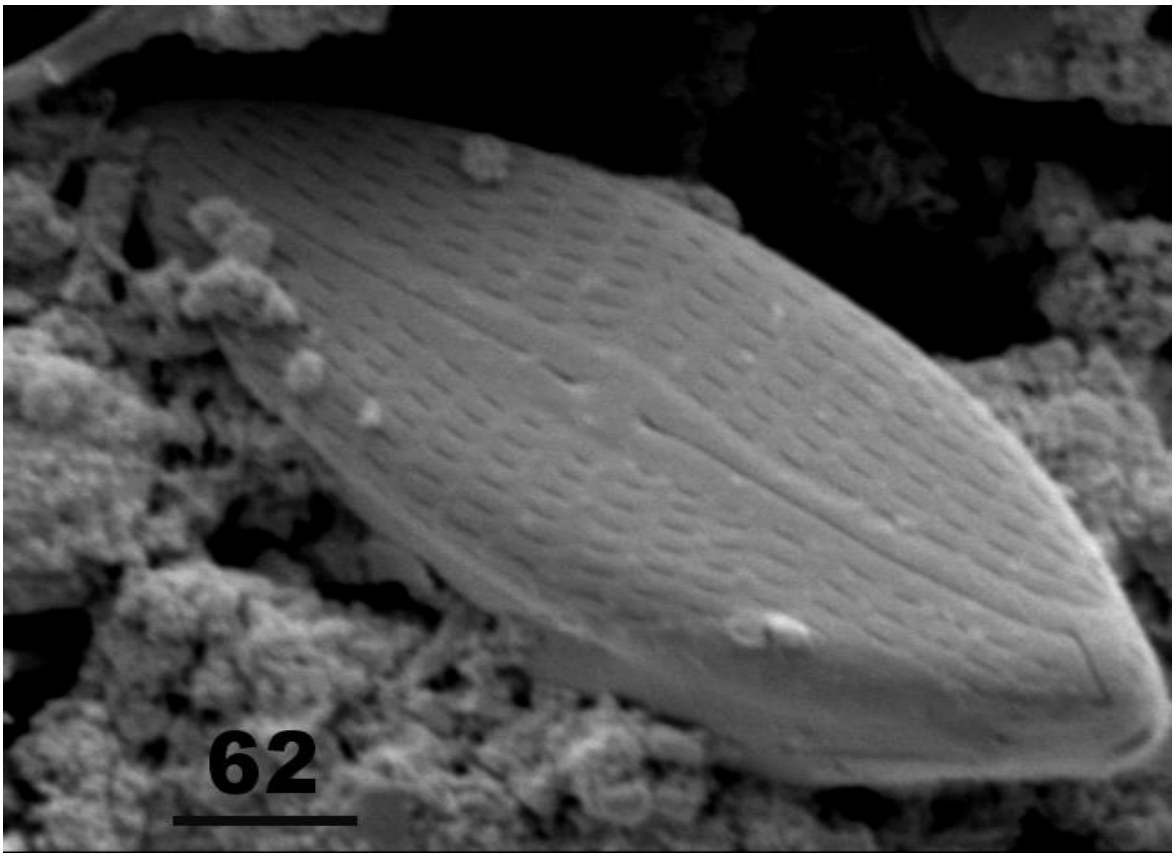

57

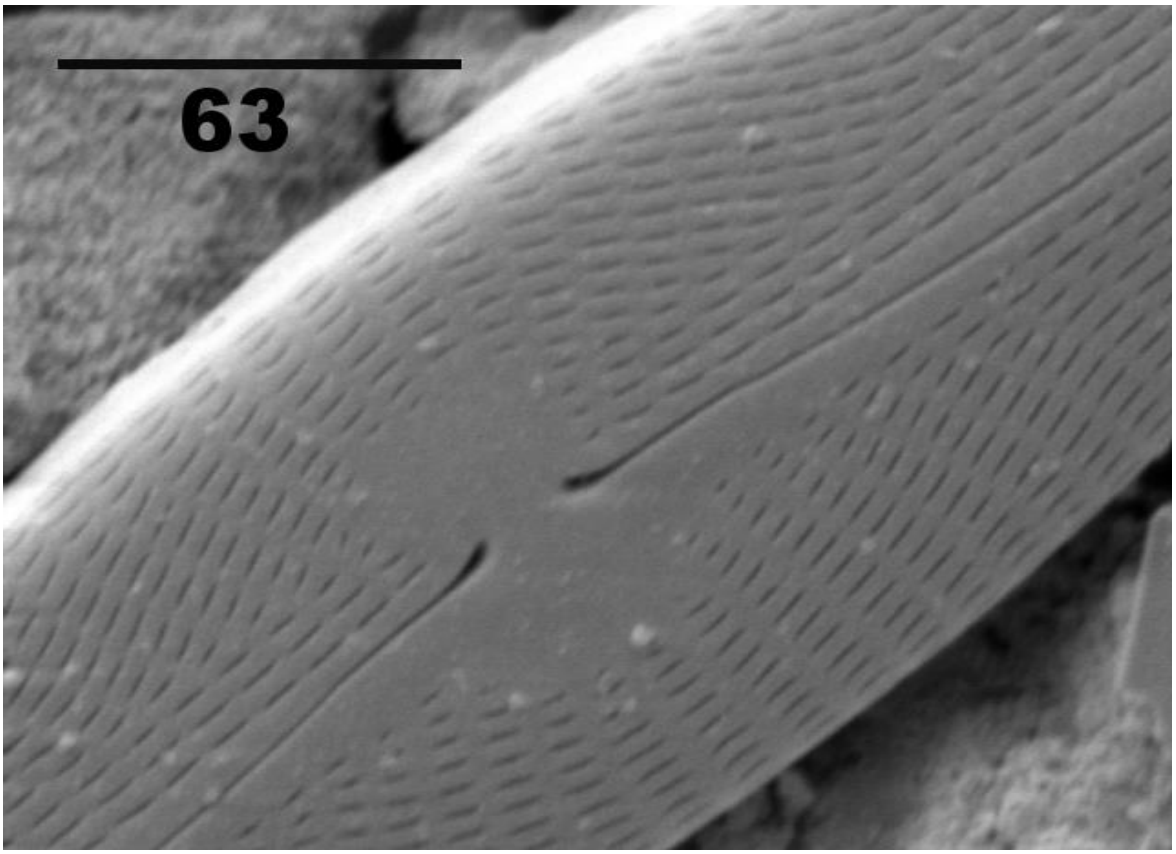

58

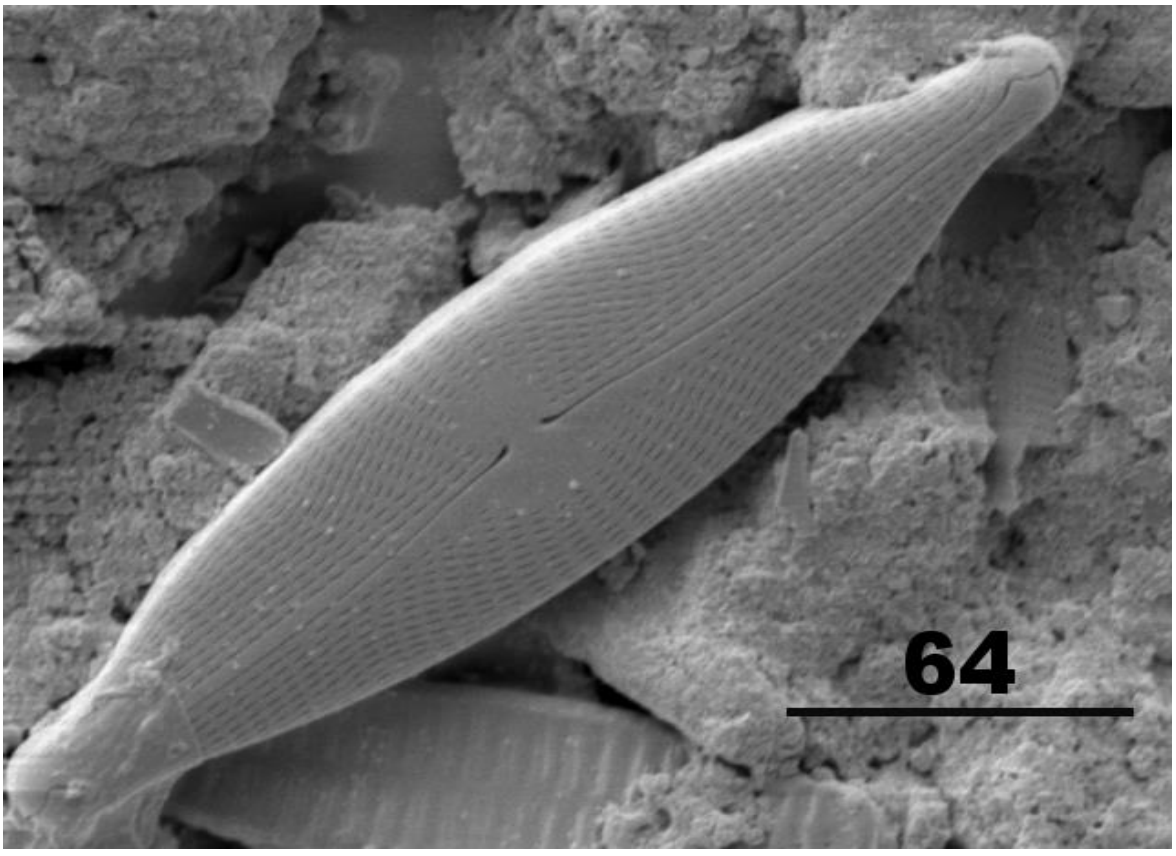

59

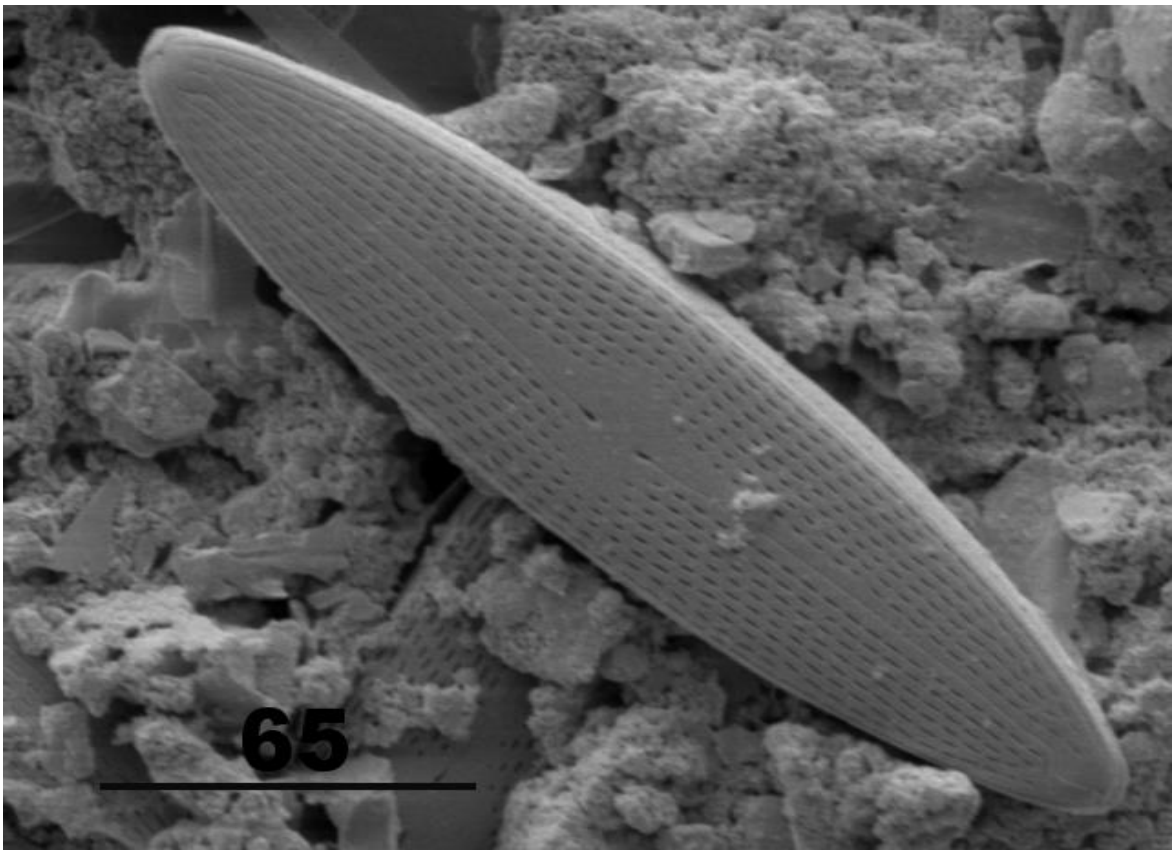

60


61

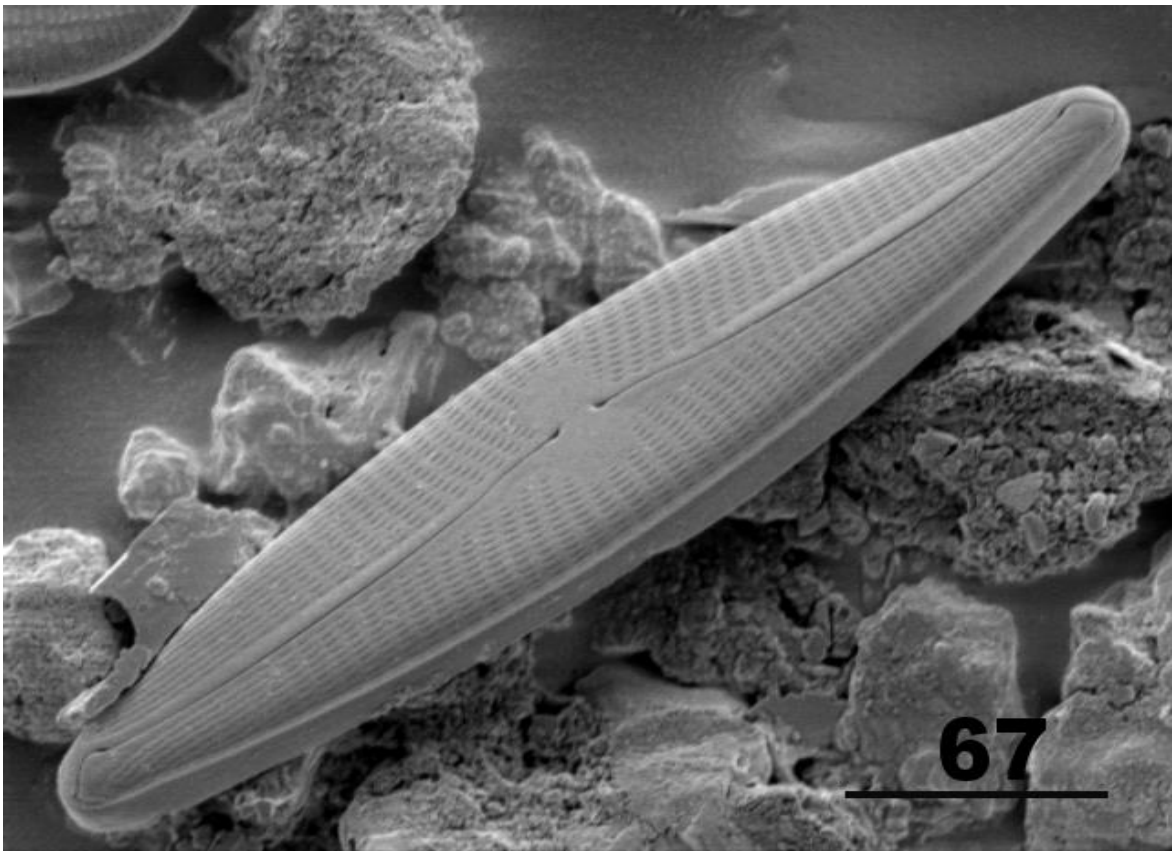

62

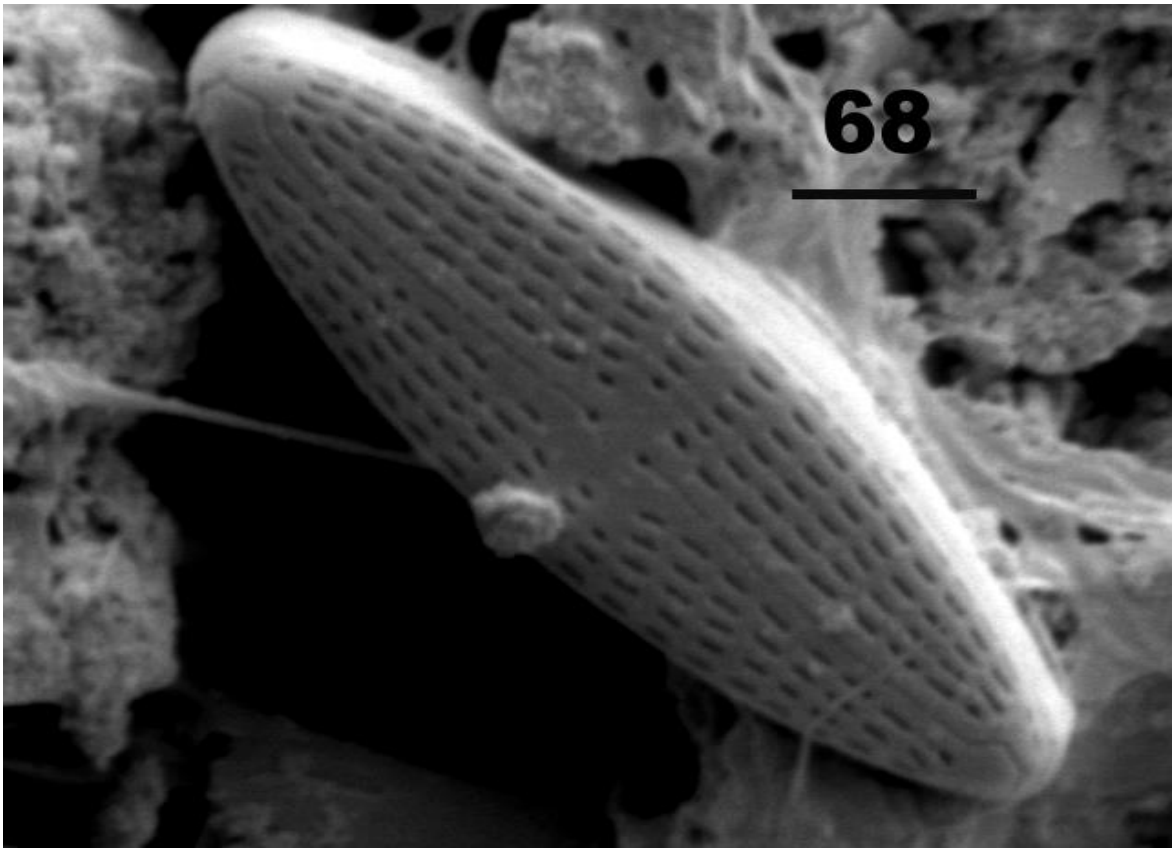

63

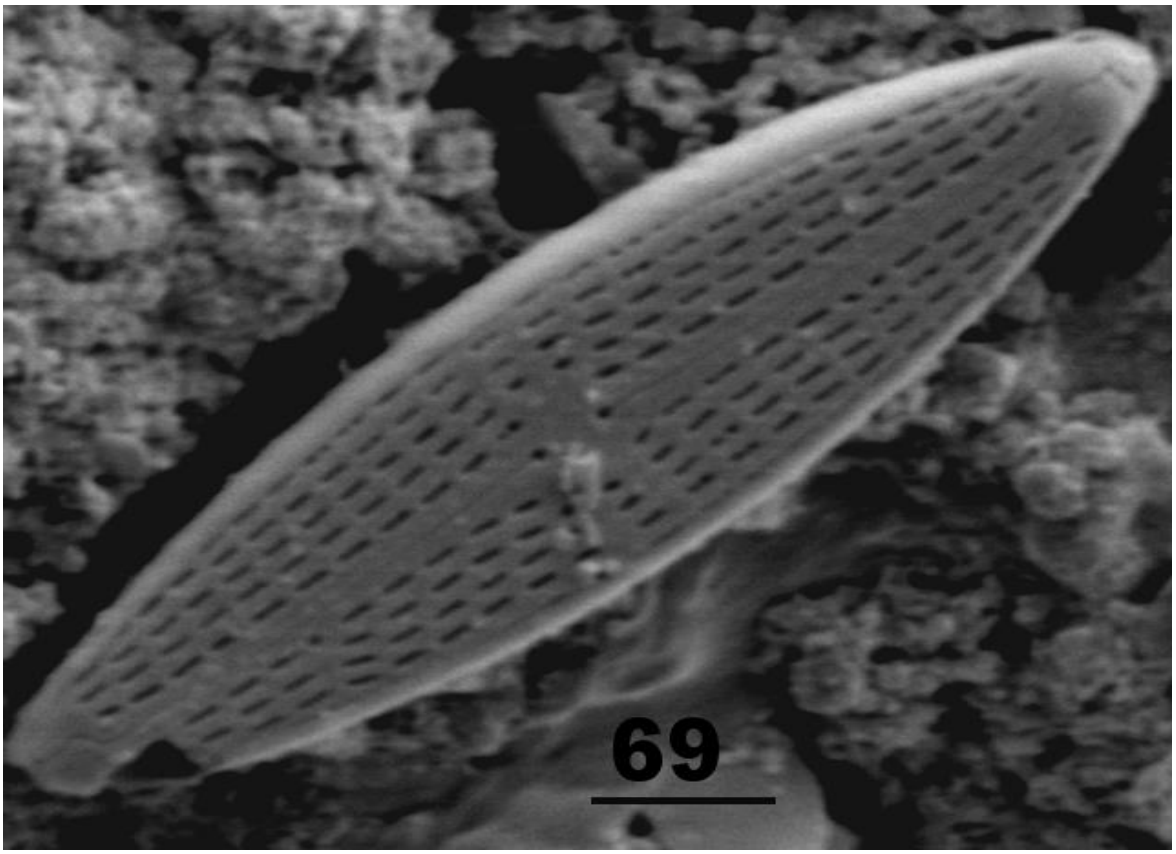

64

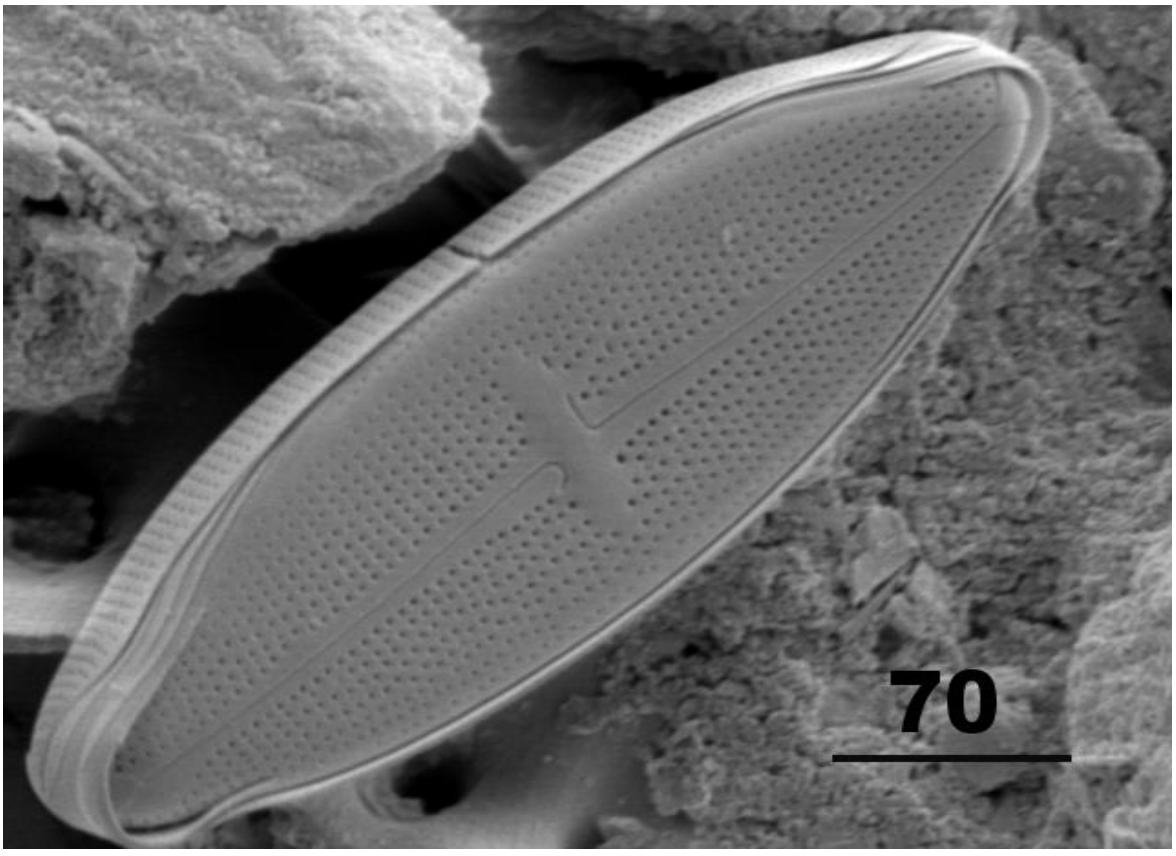

65

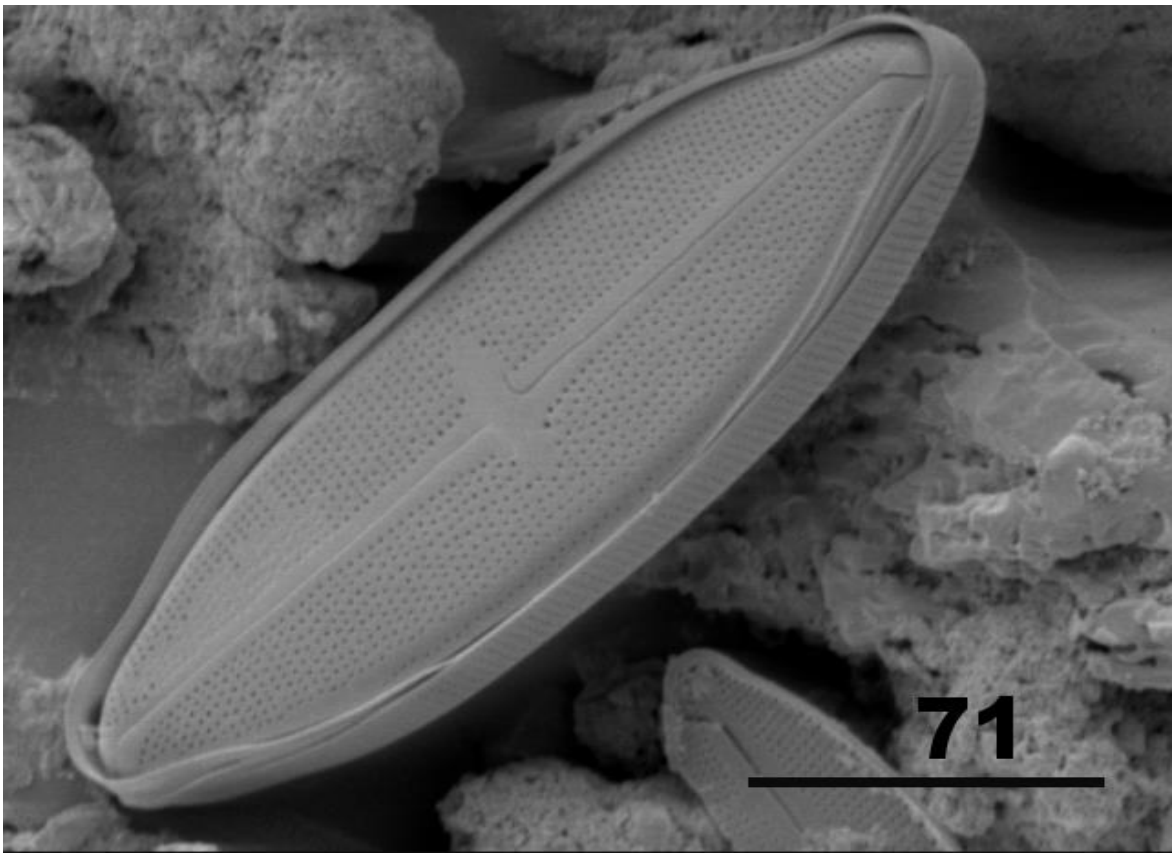

66

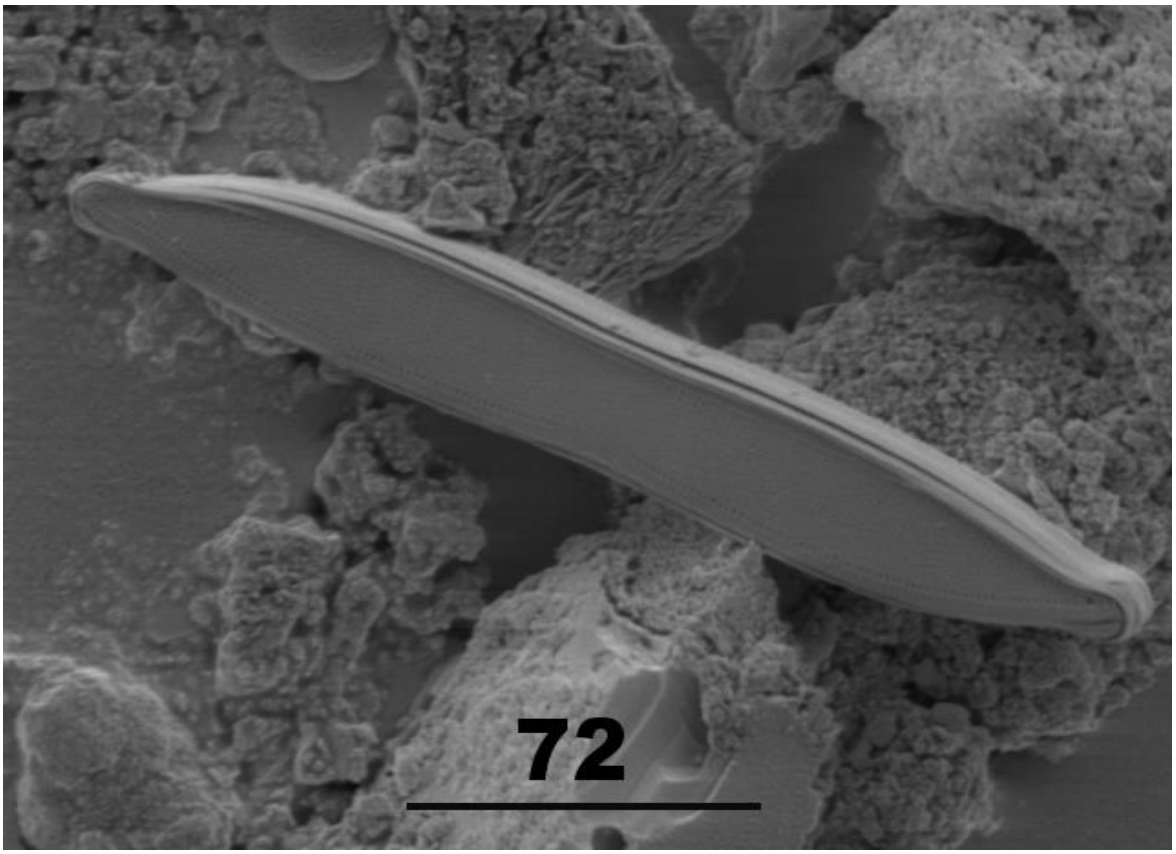

67

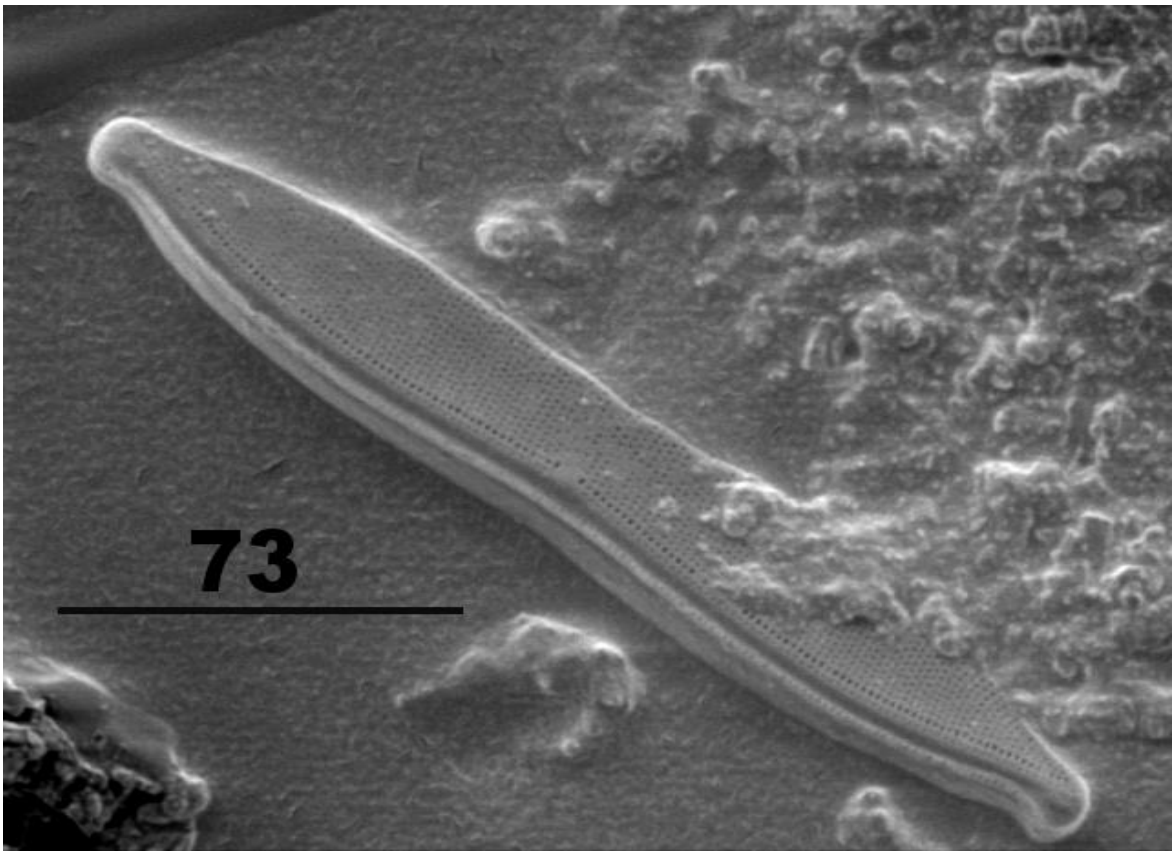

68

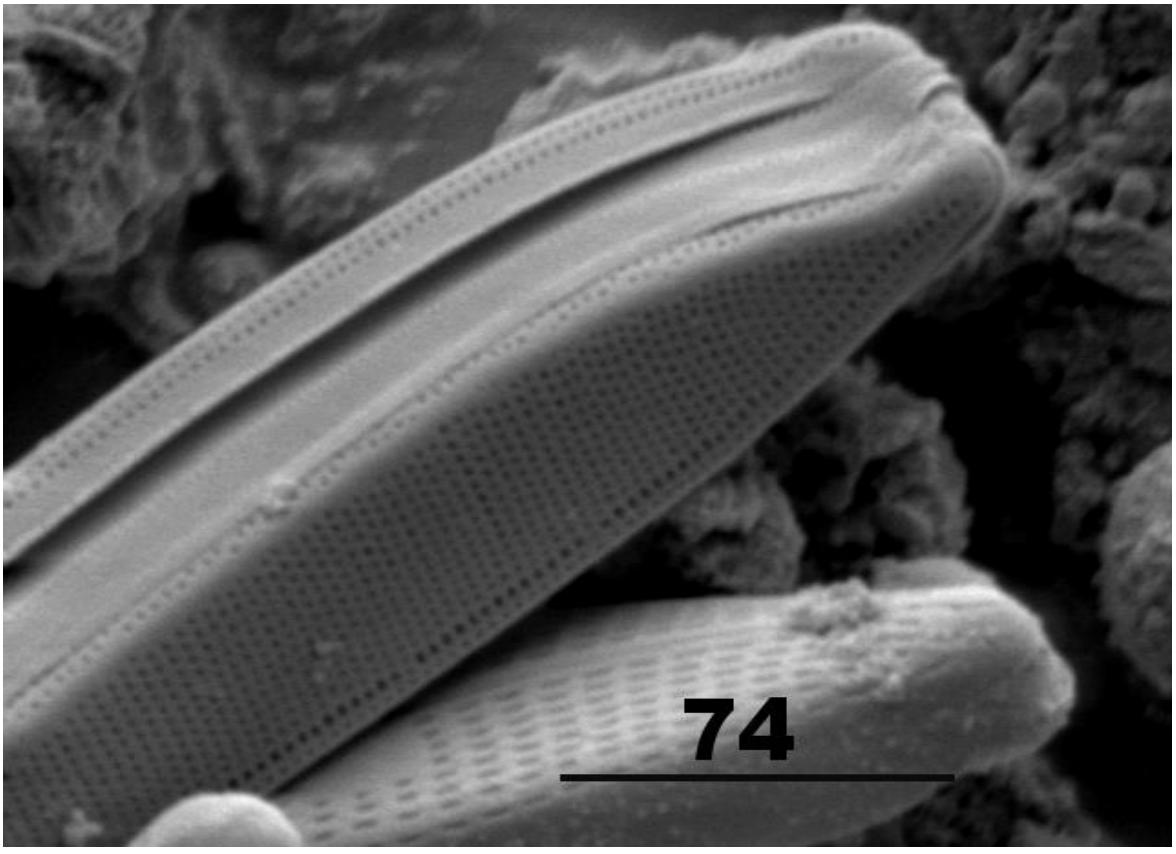

69

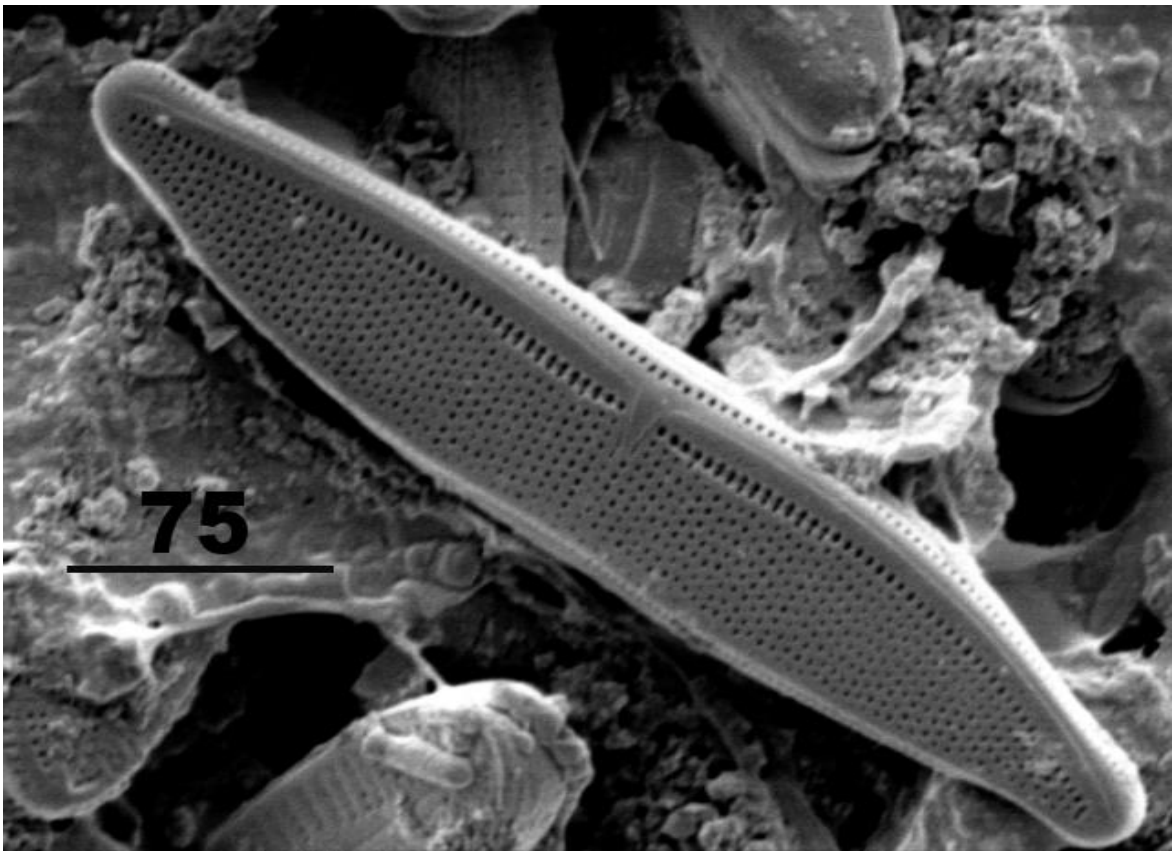

70

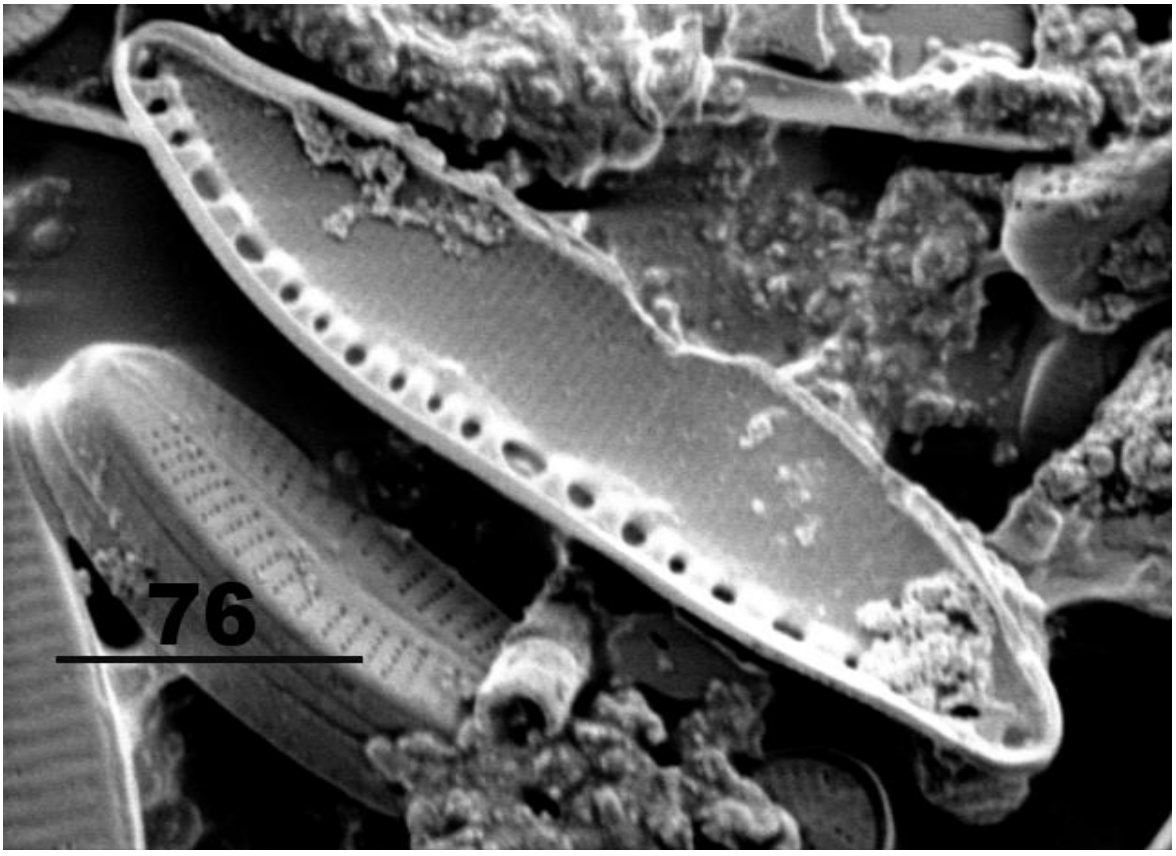

71

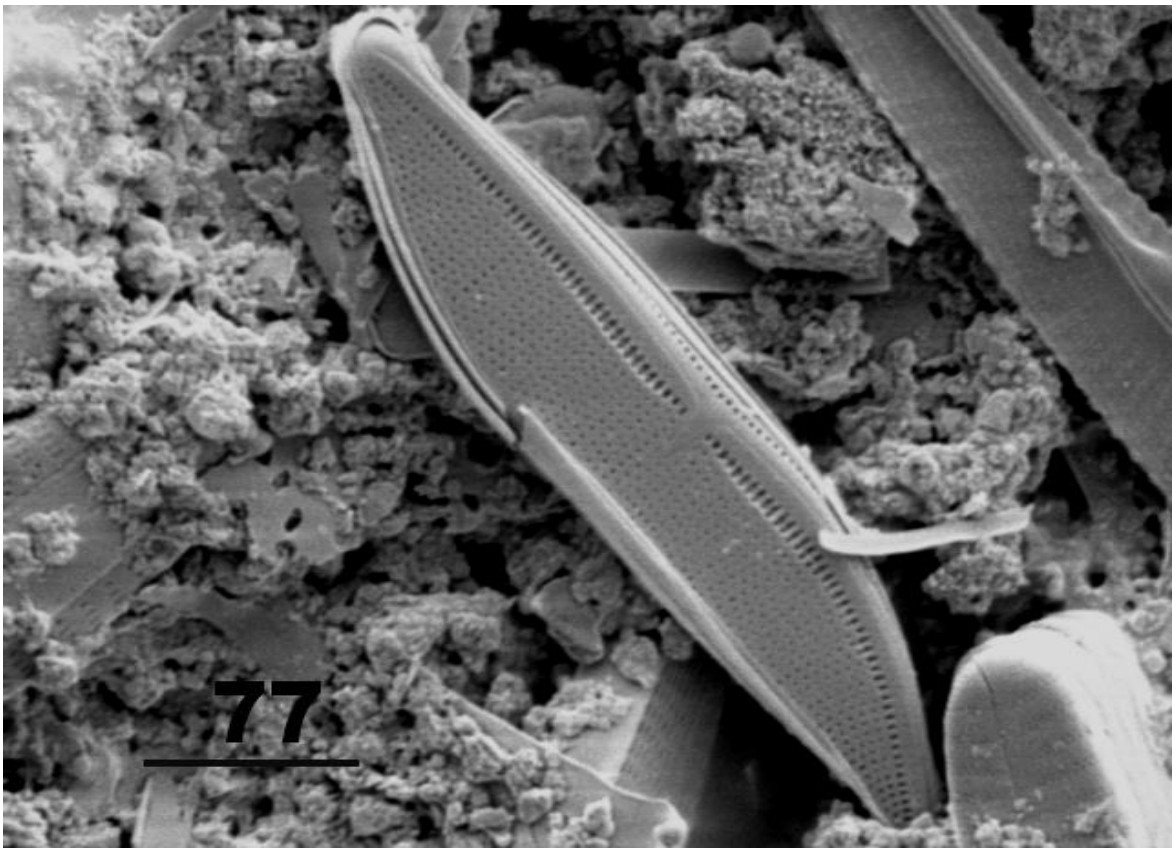

72

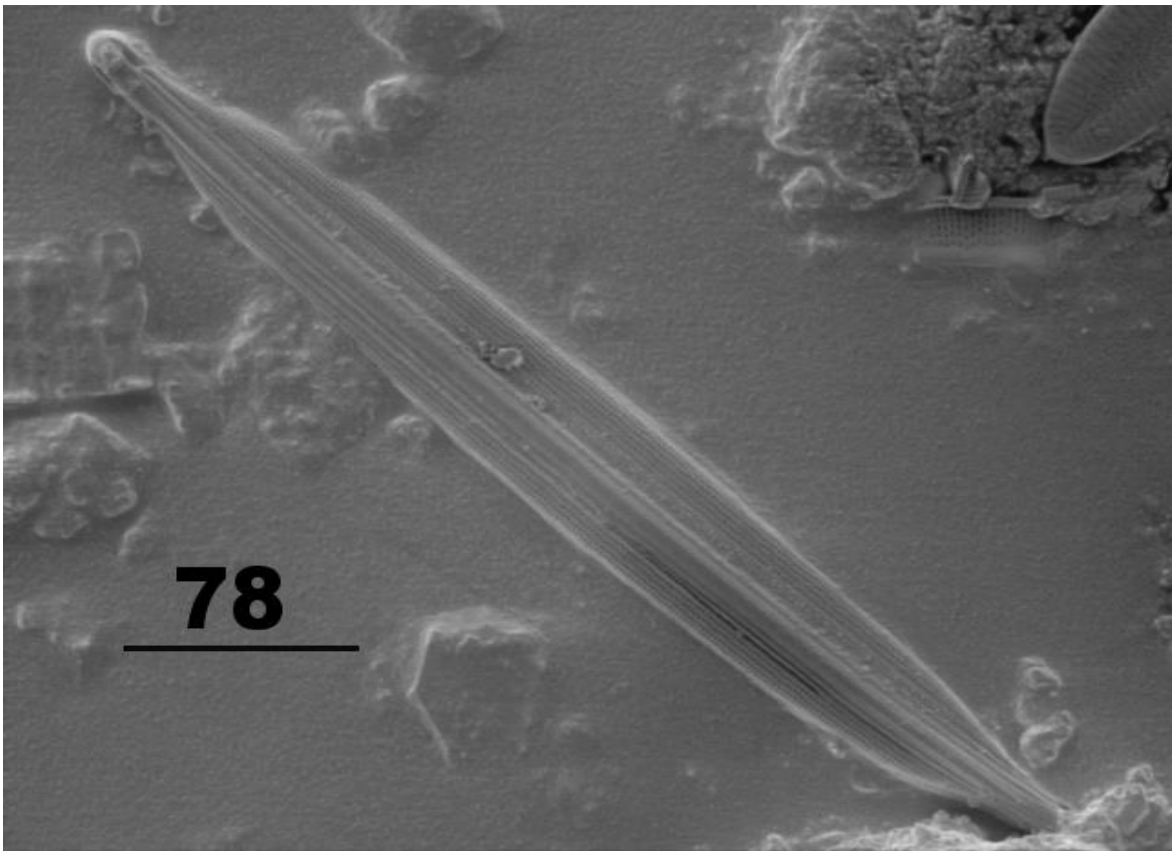

73

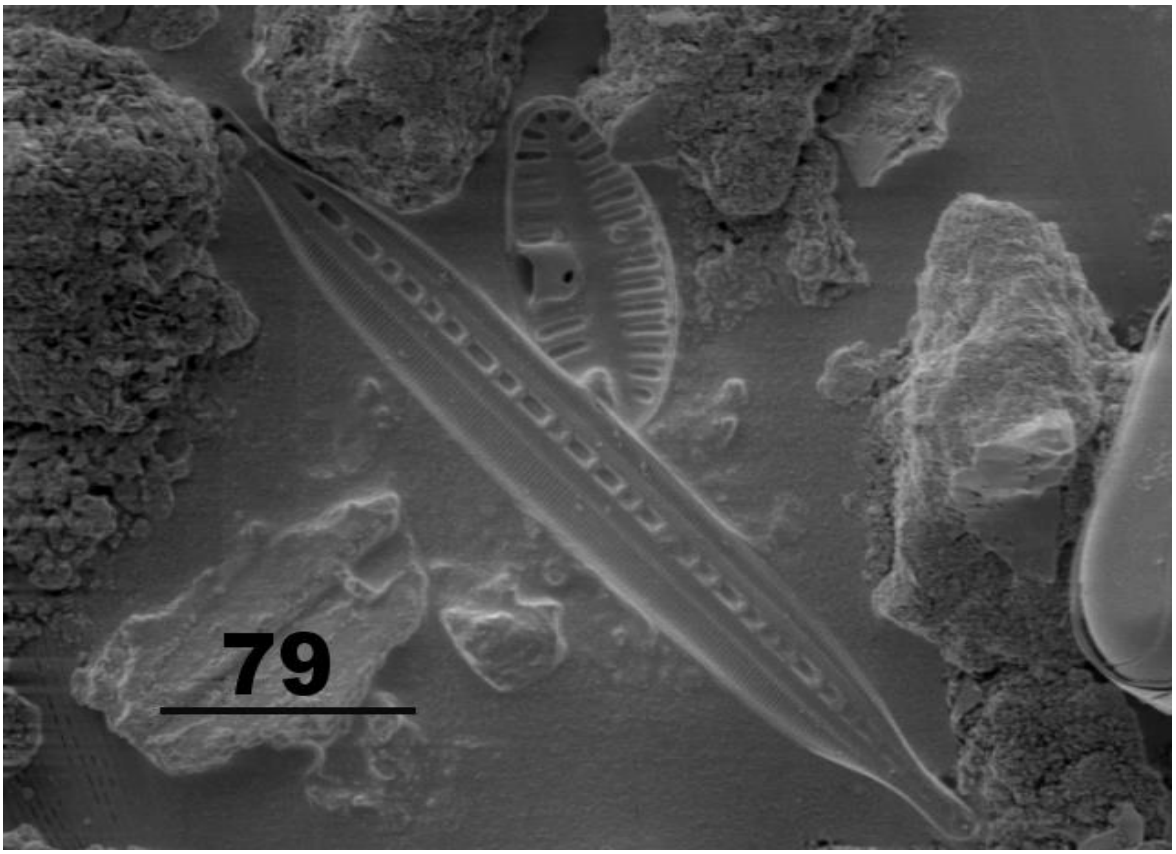

74

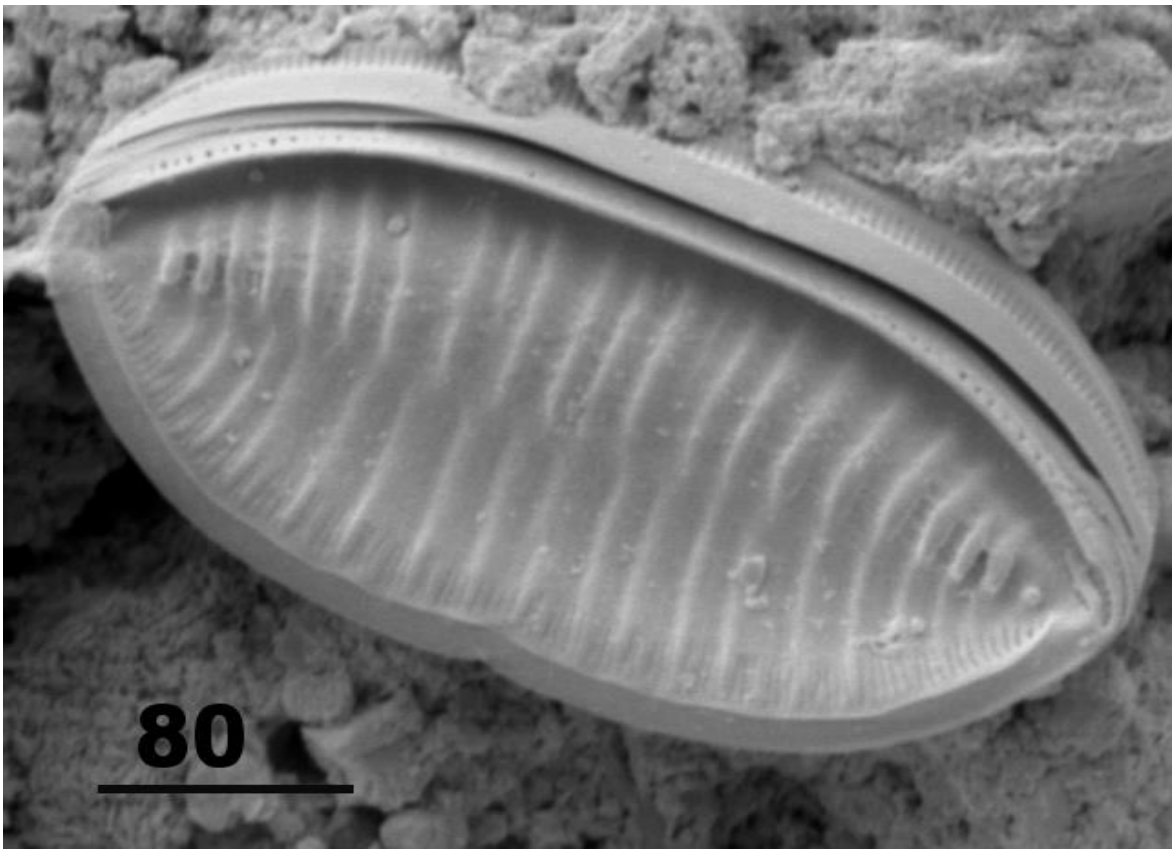

75

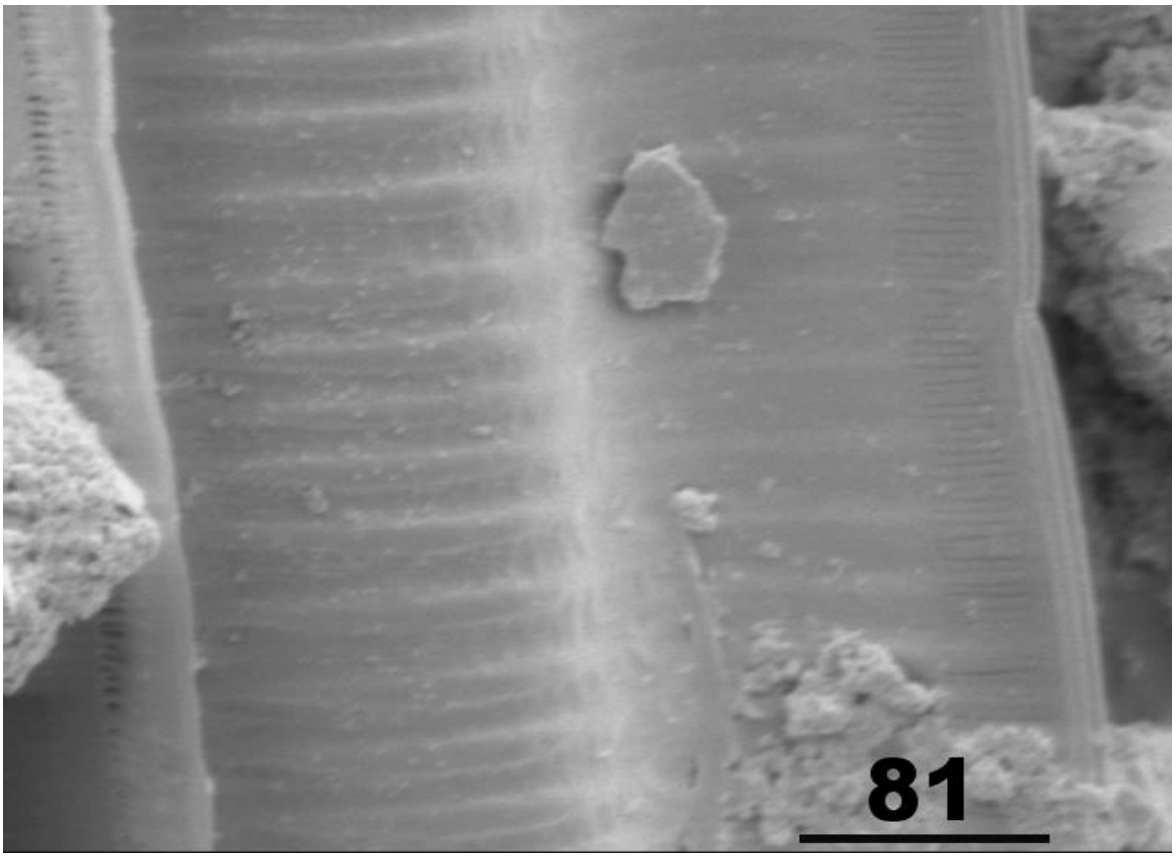

76

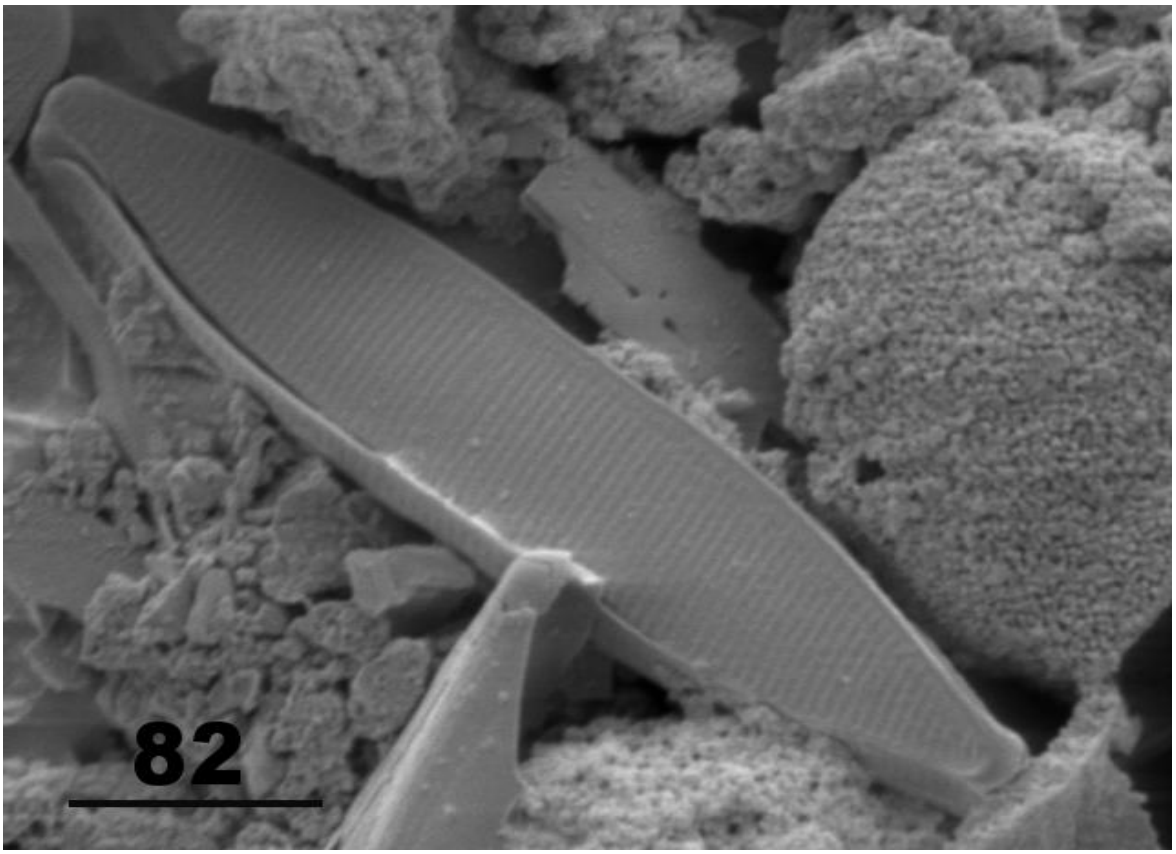

77

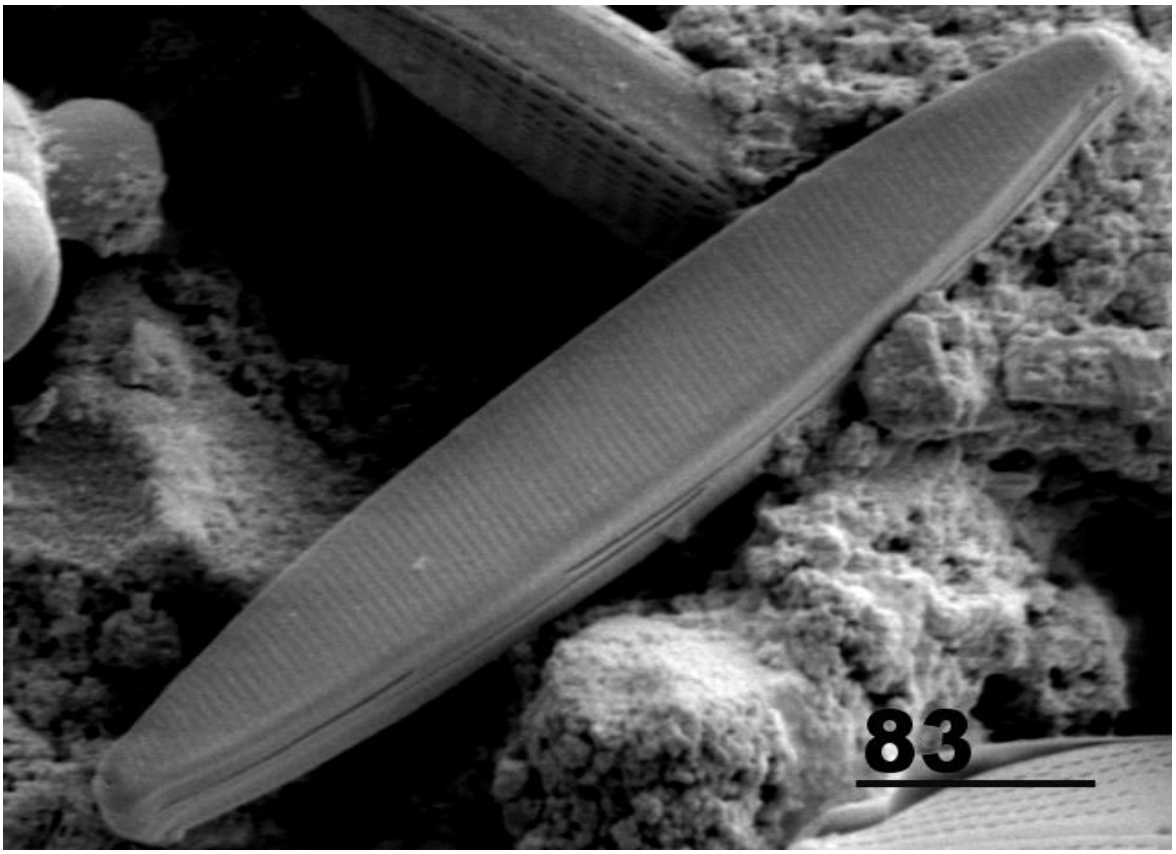

78

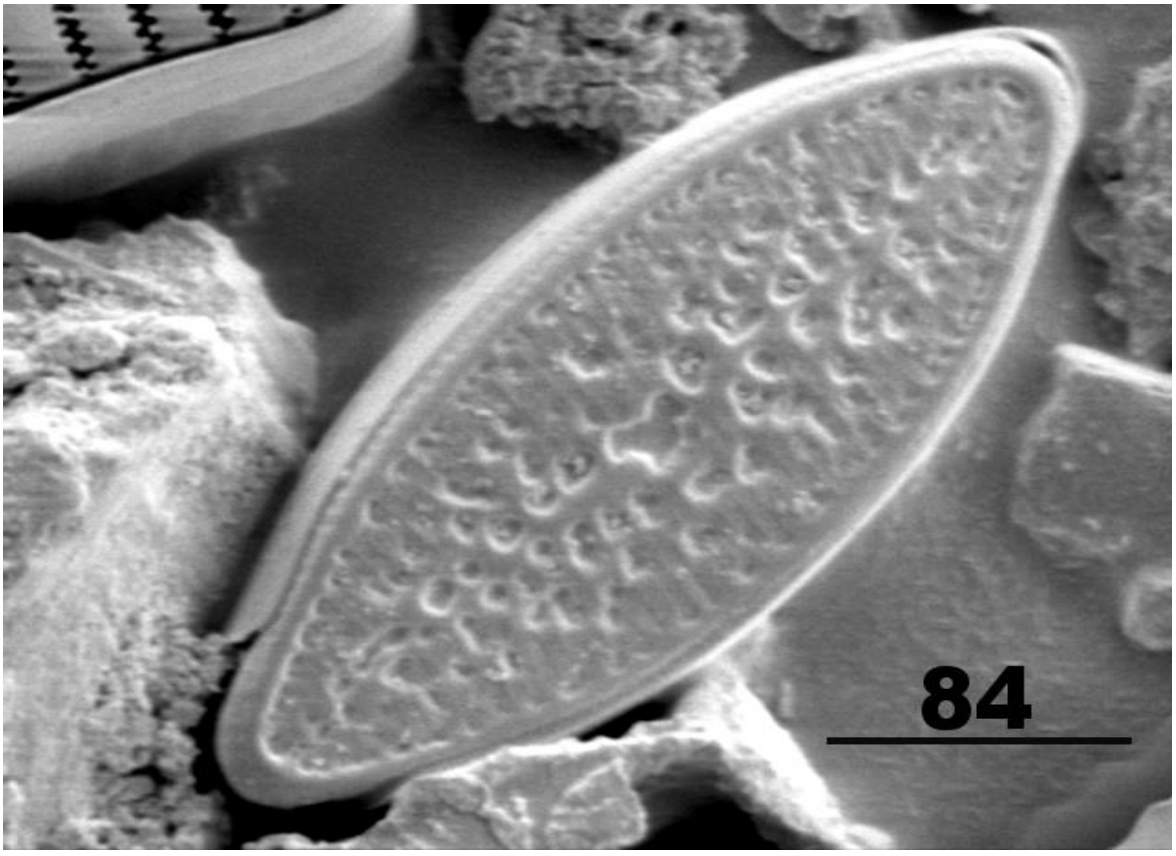

79

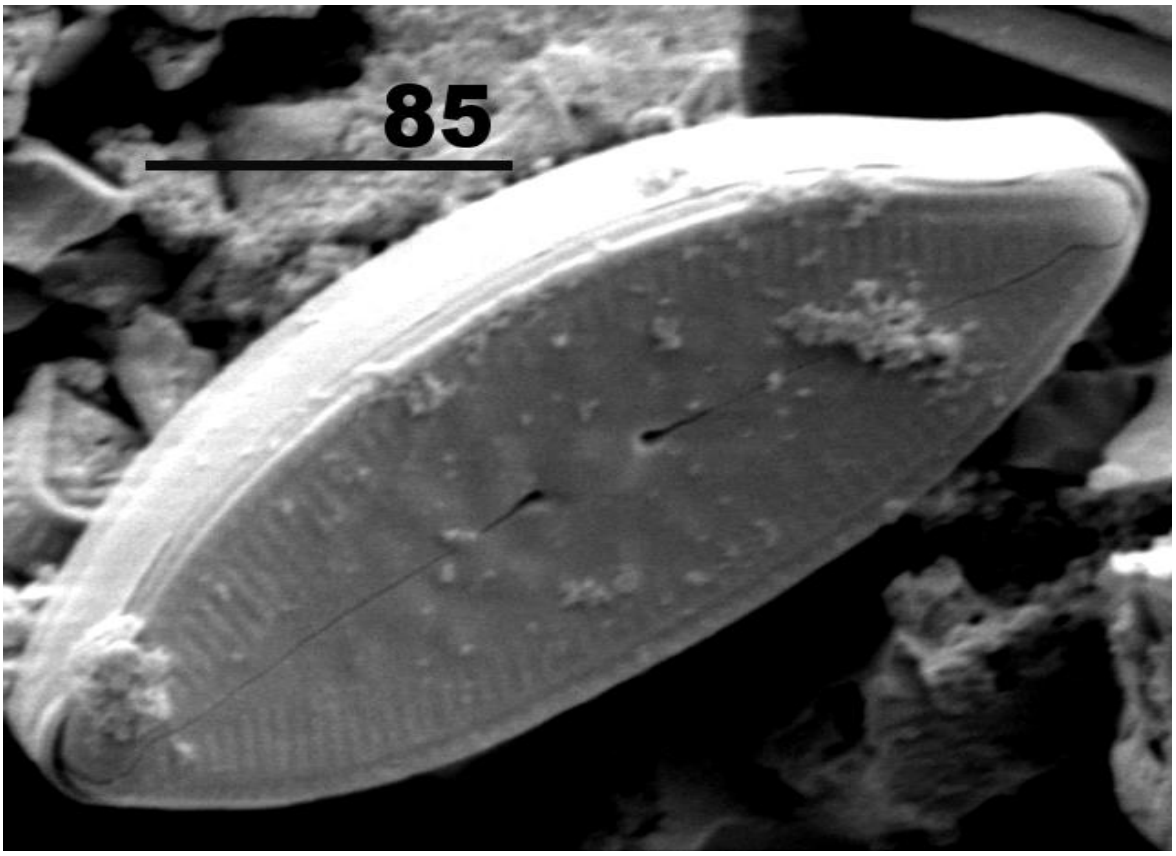

80

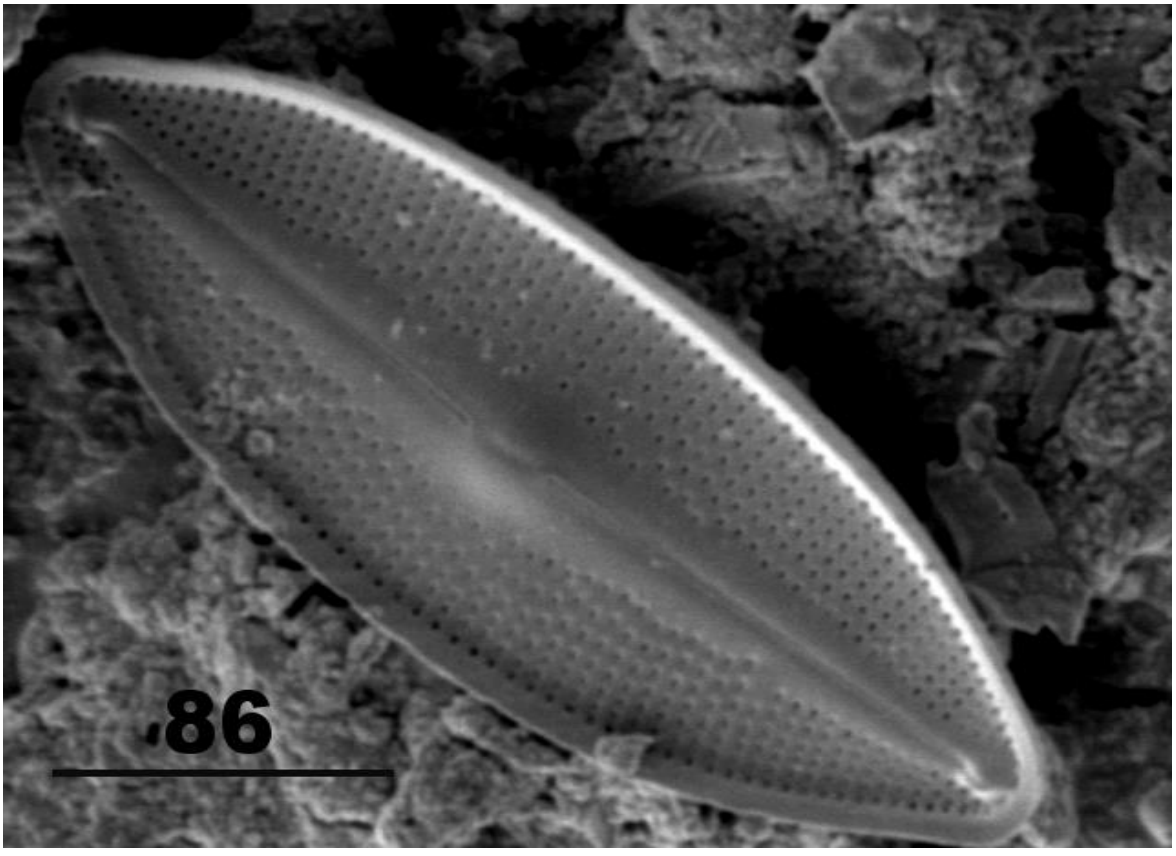

81

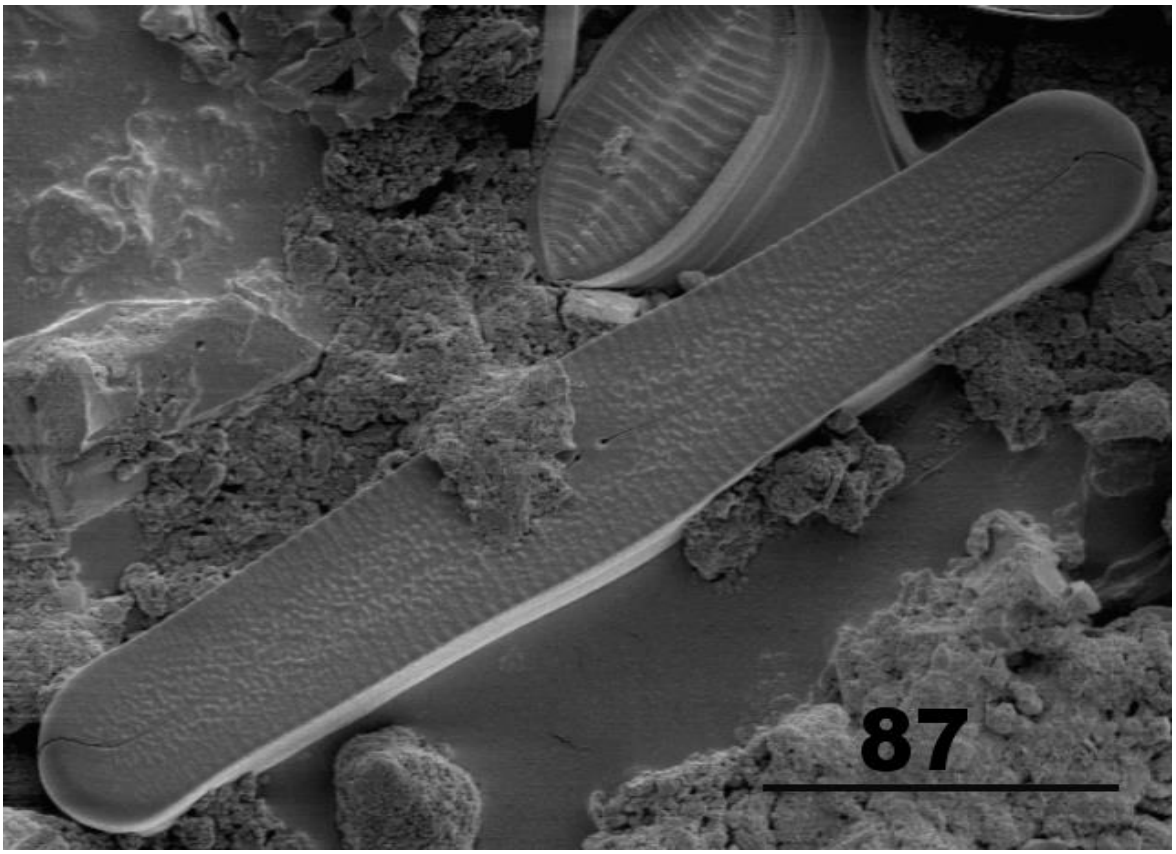

82

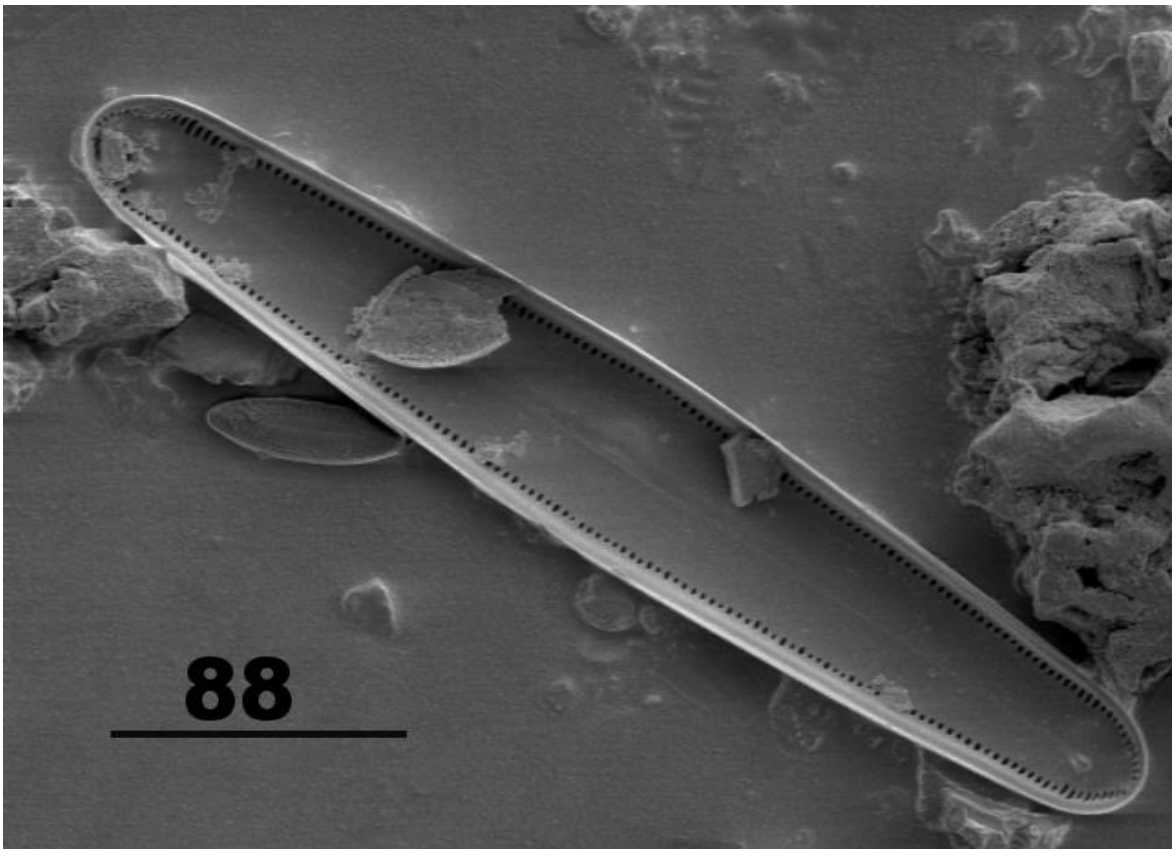

83

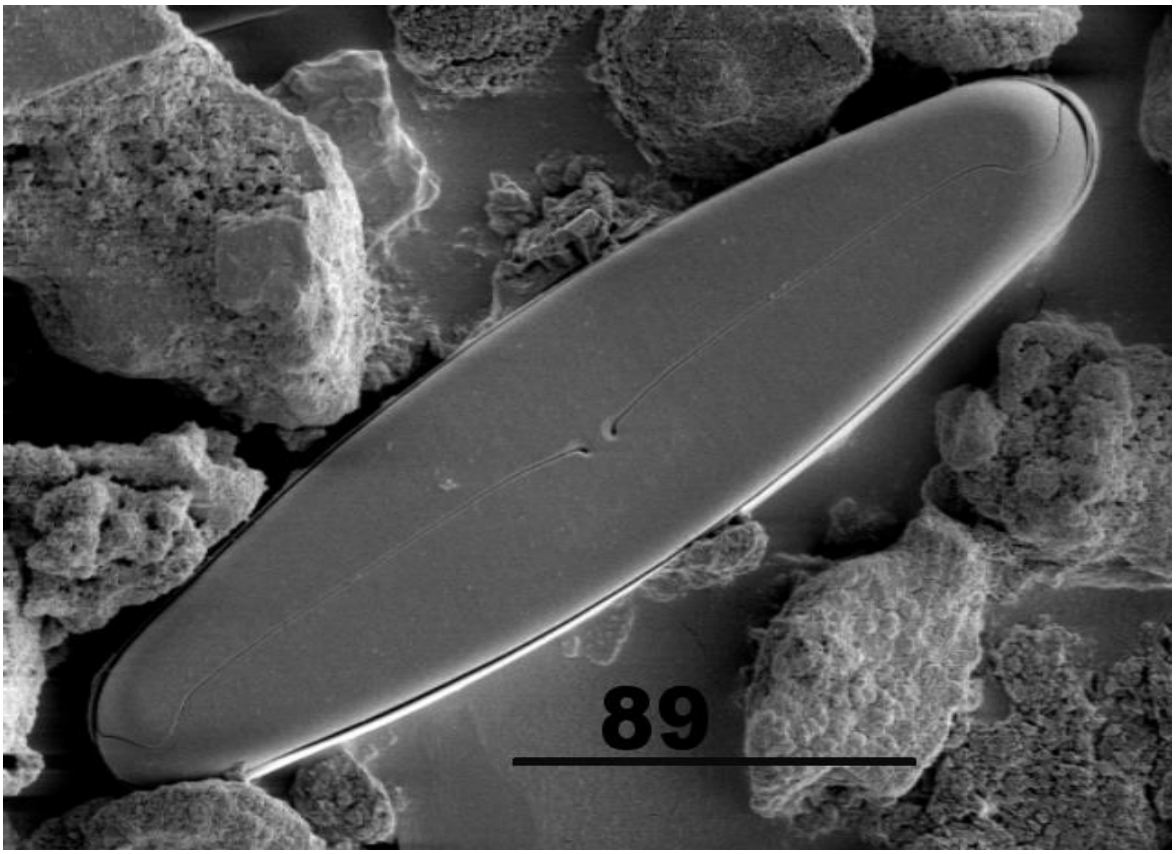

84

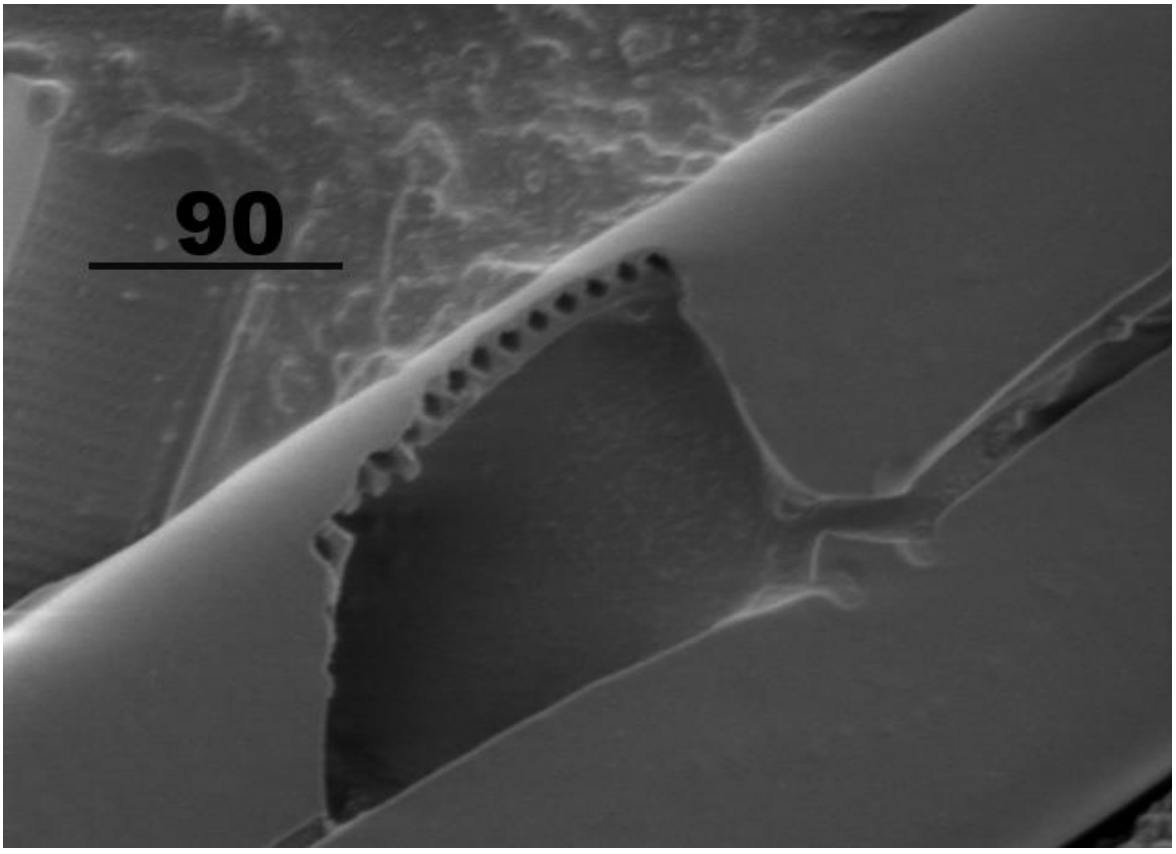

85

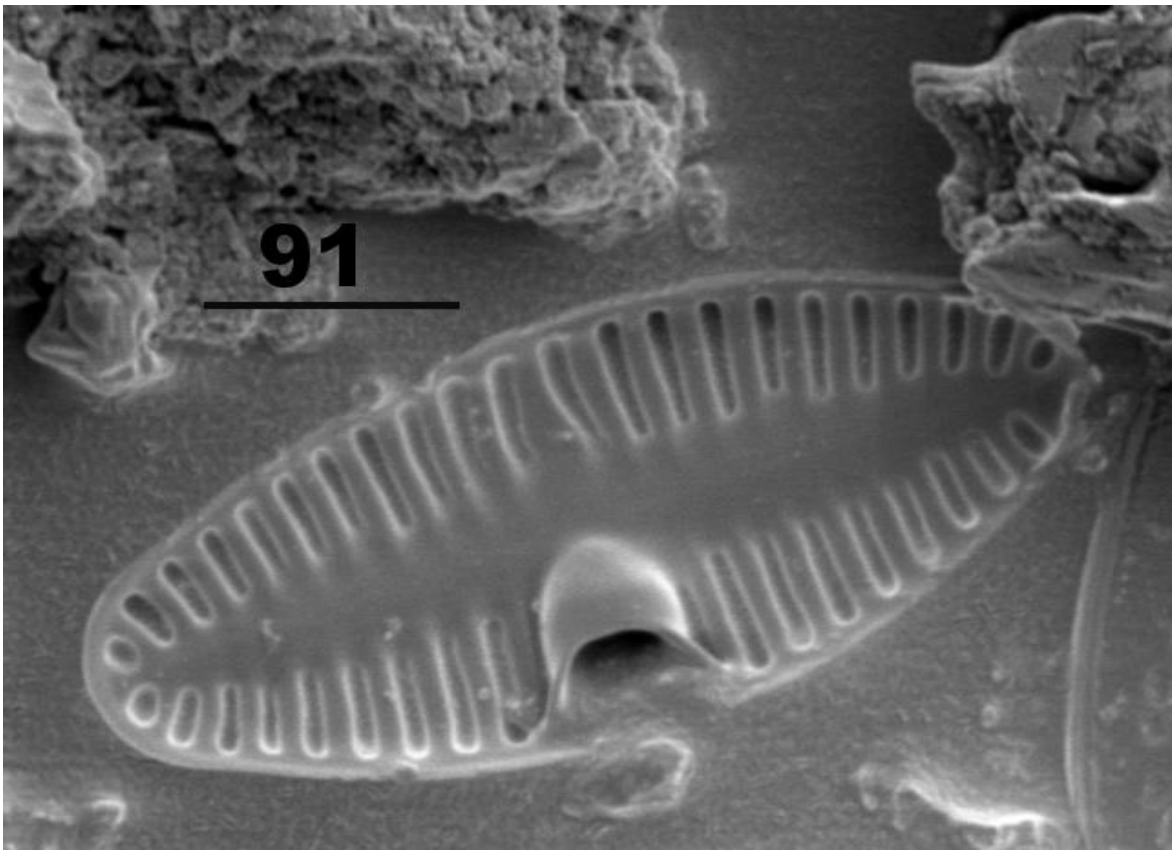

,86

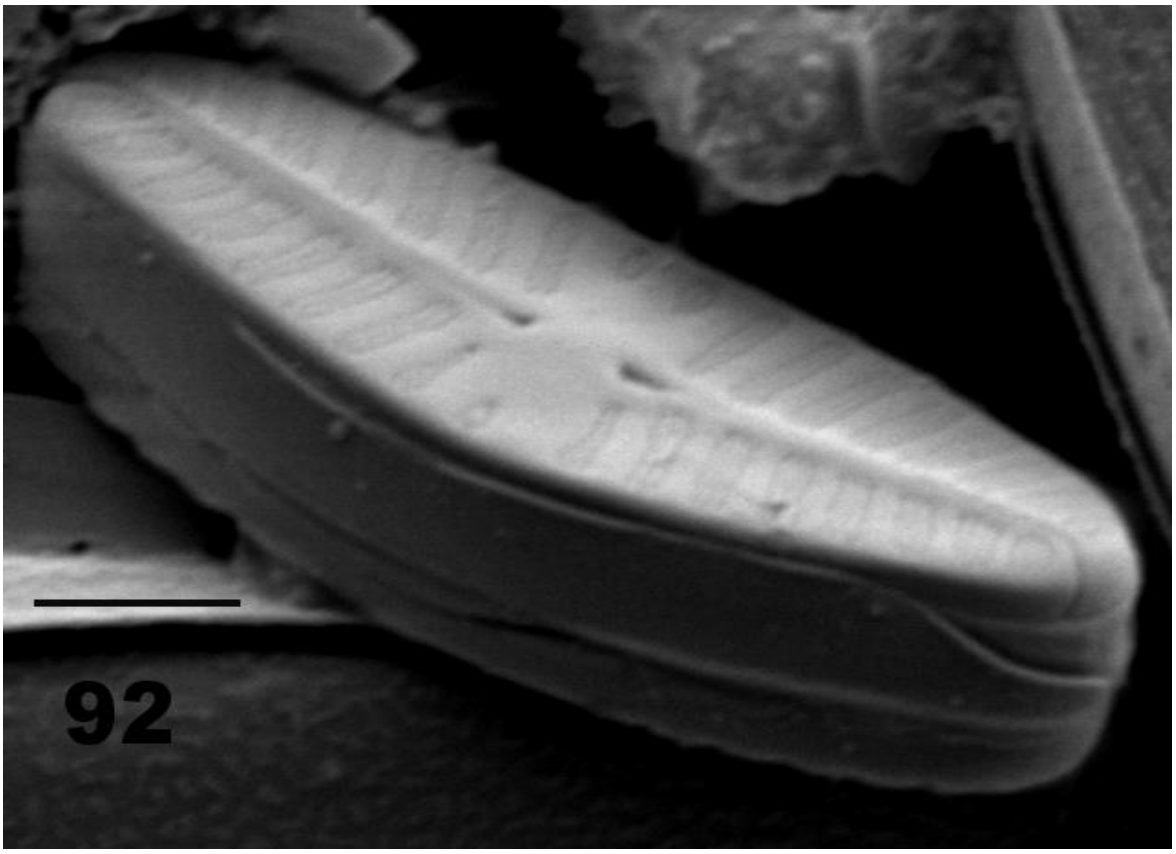

87

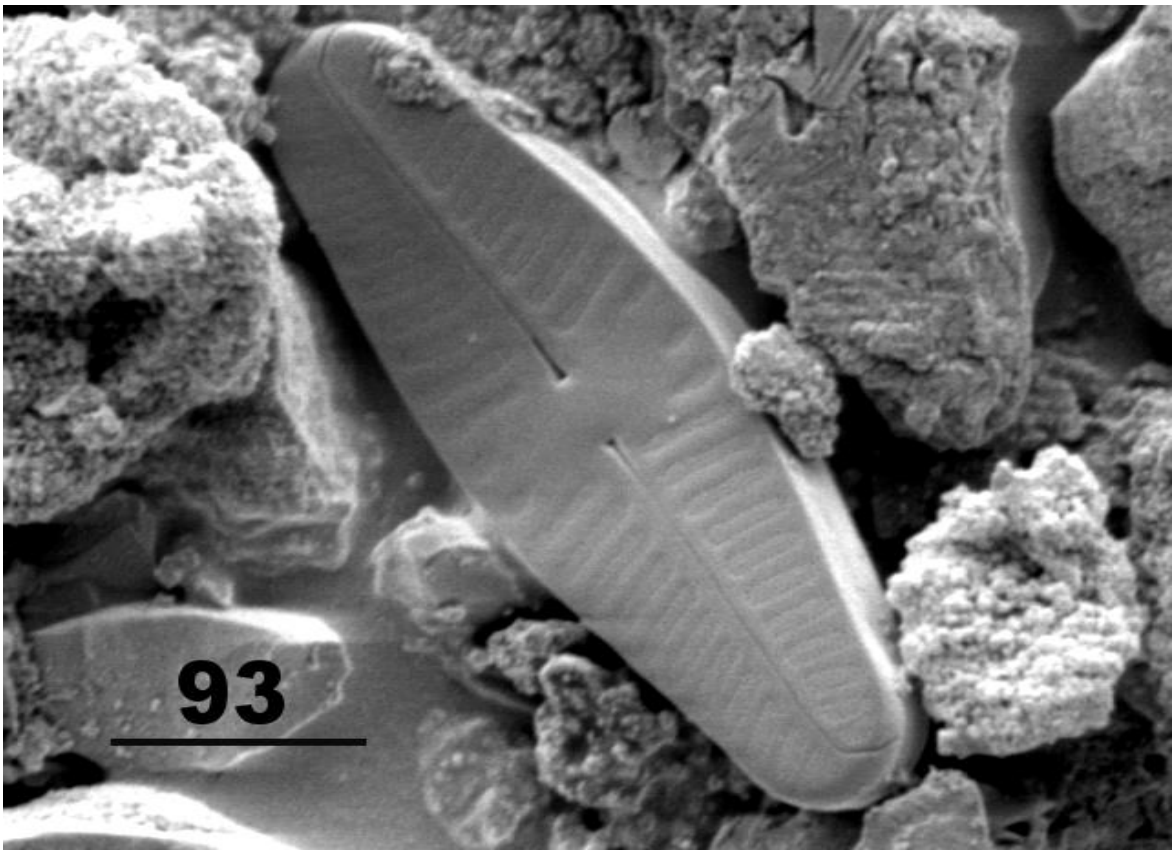

88

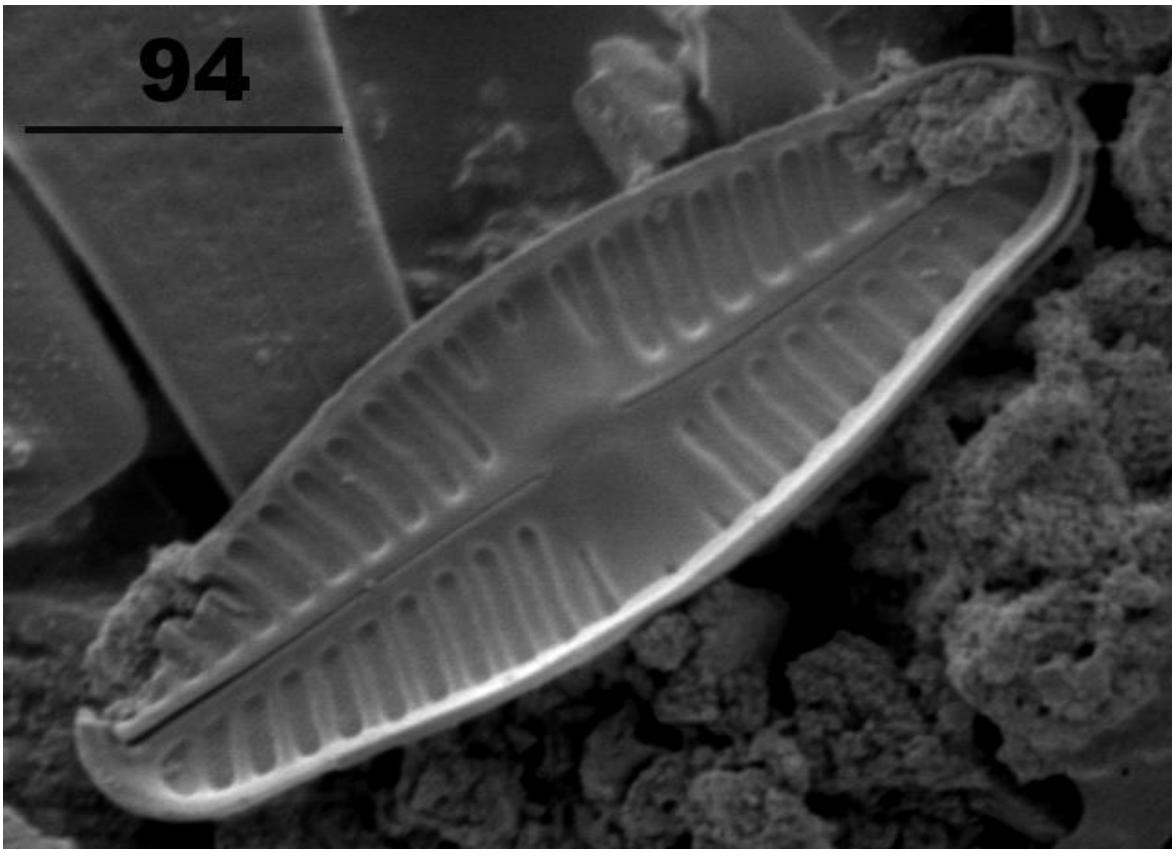

89

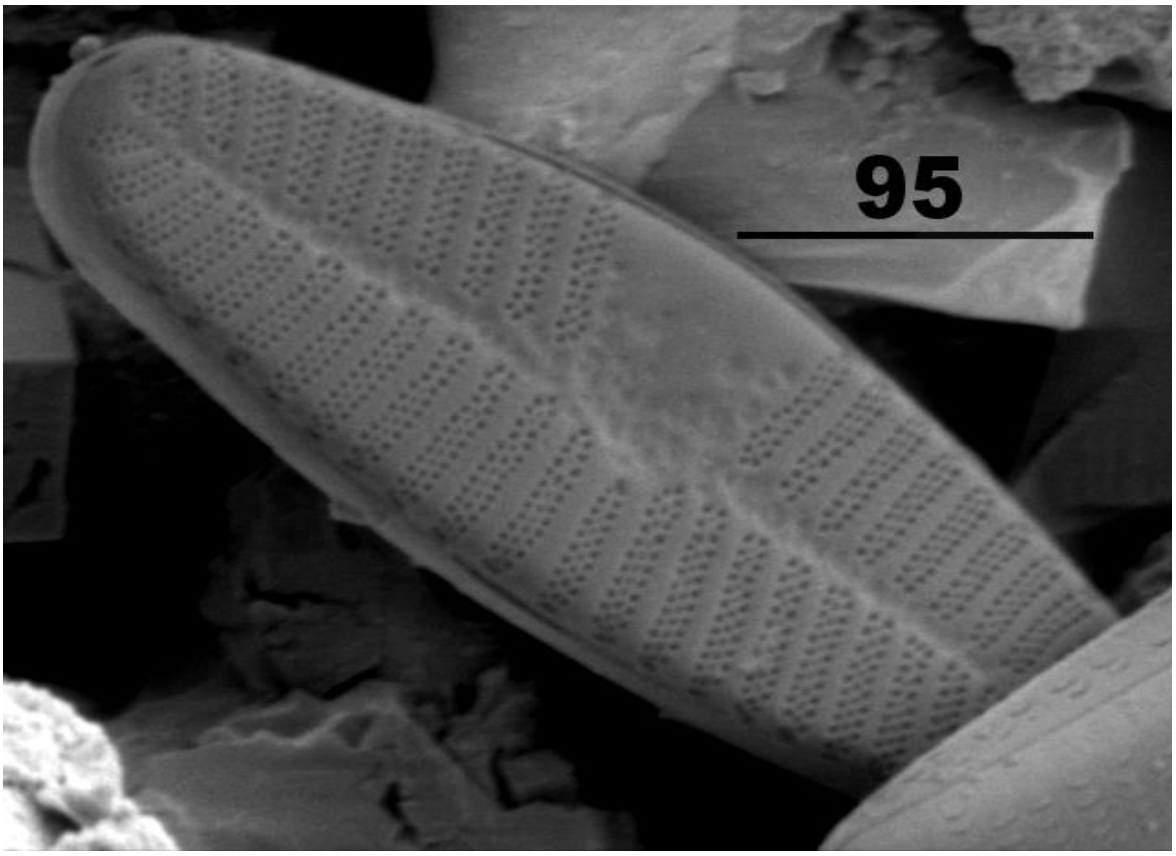

90

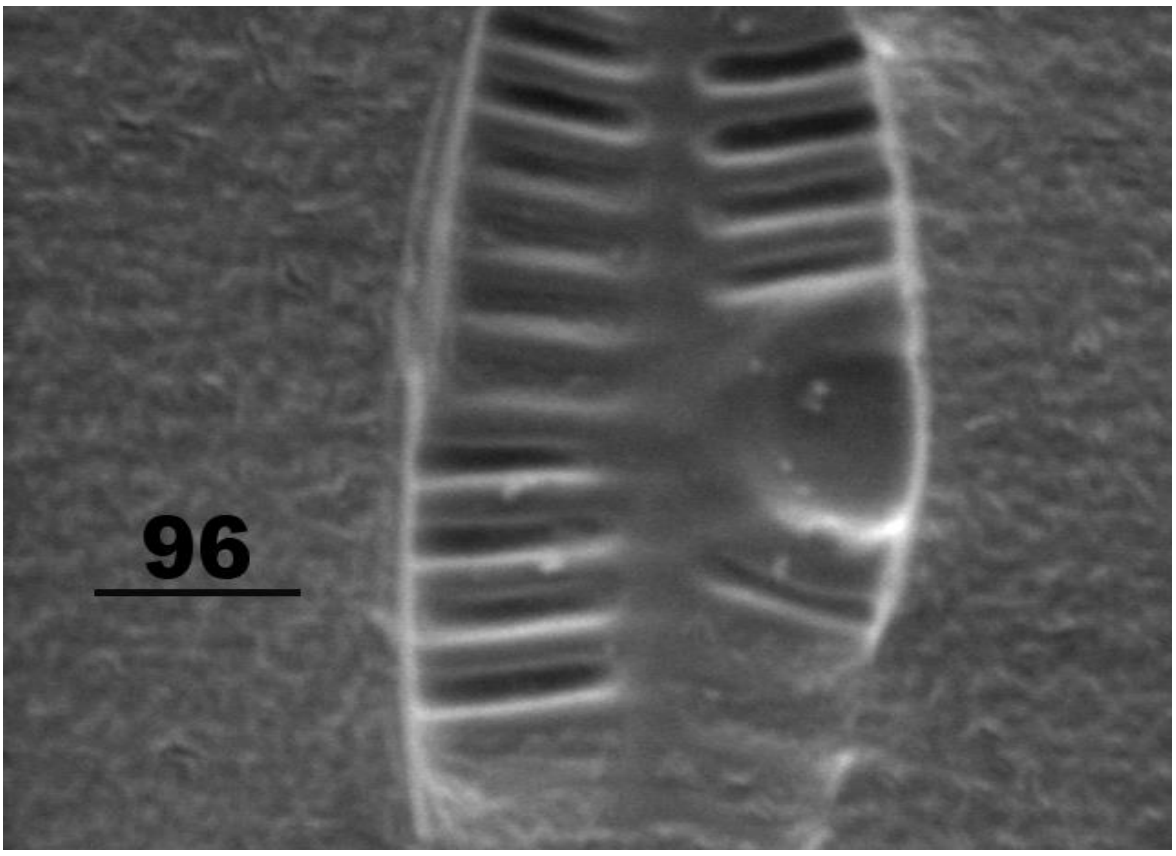

91

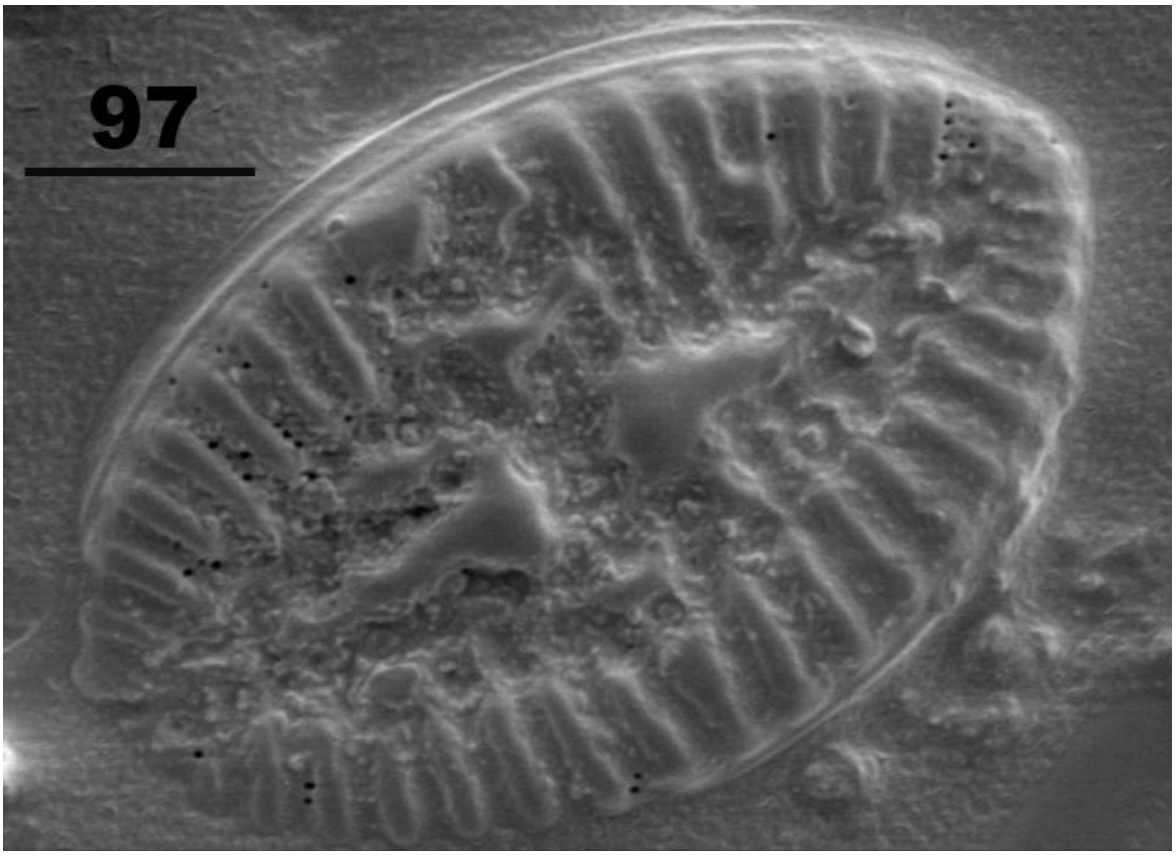

92

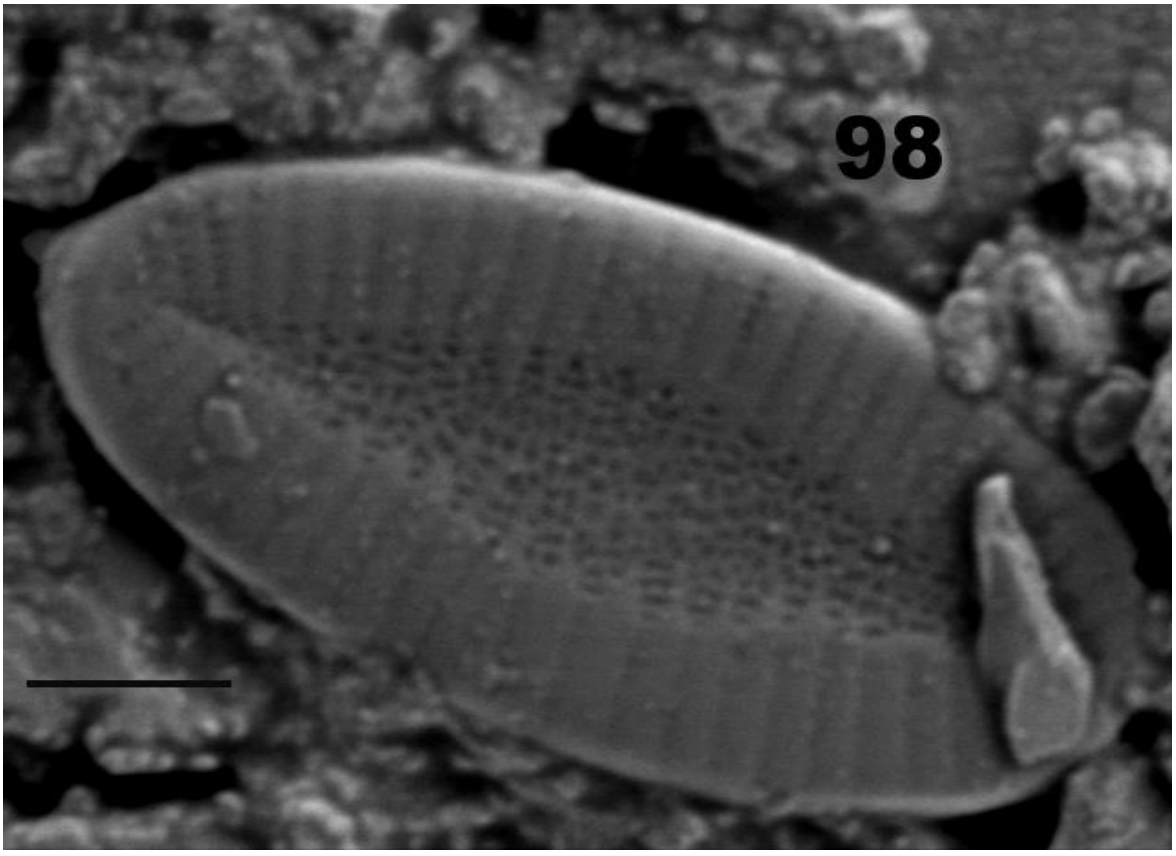

93

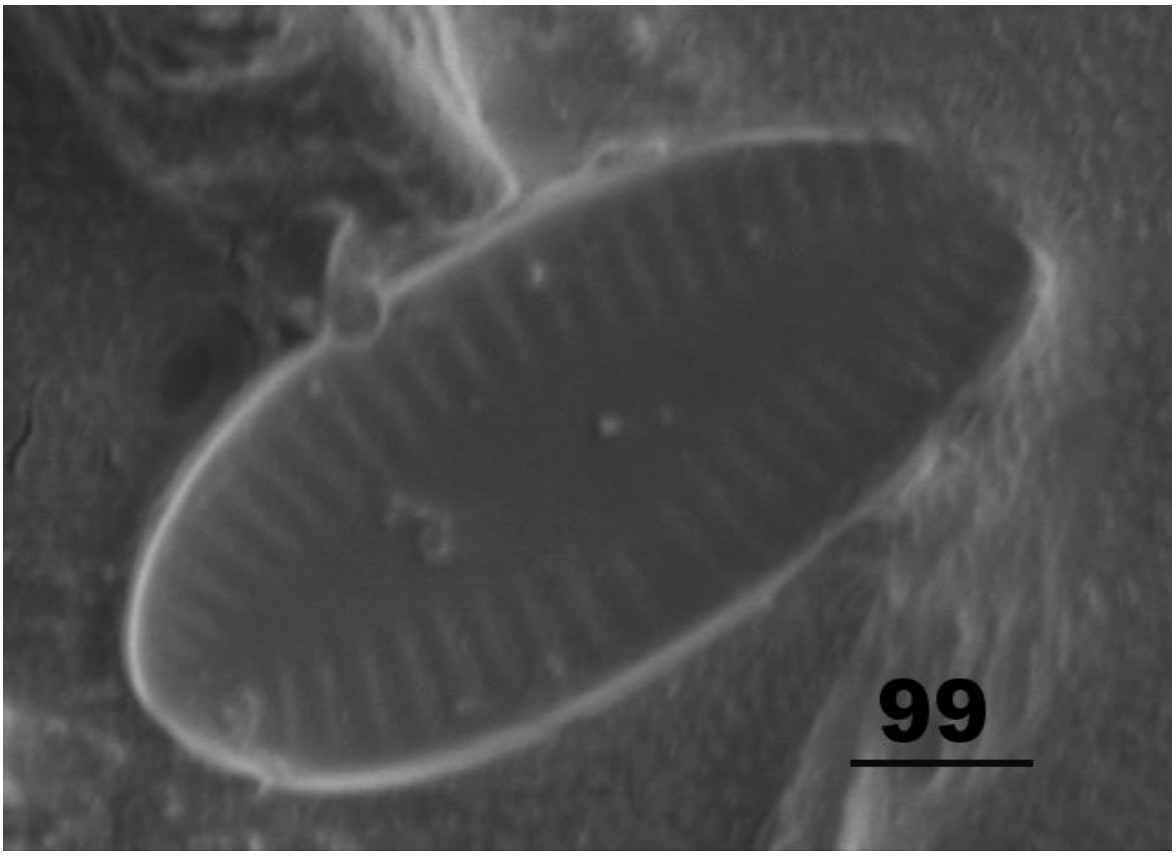

94

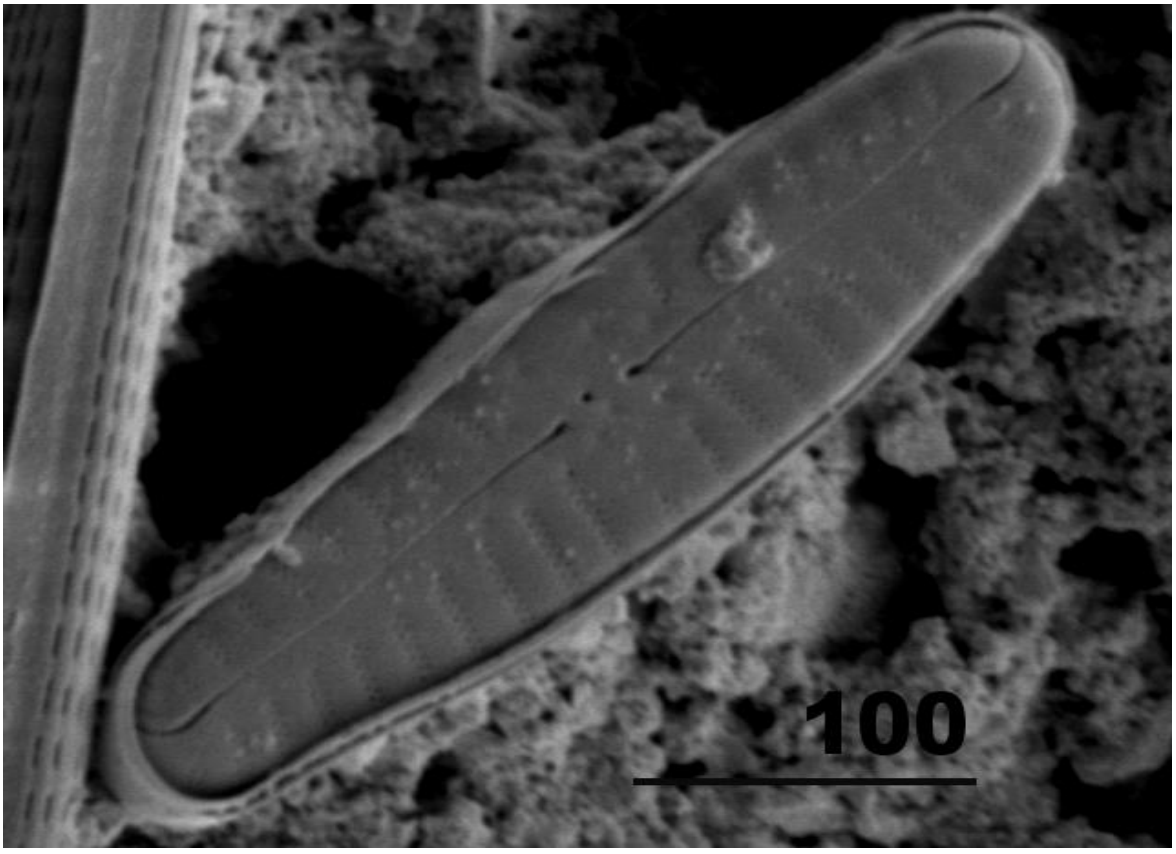

95

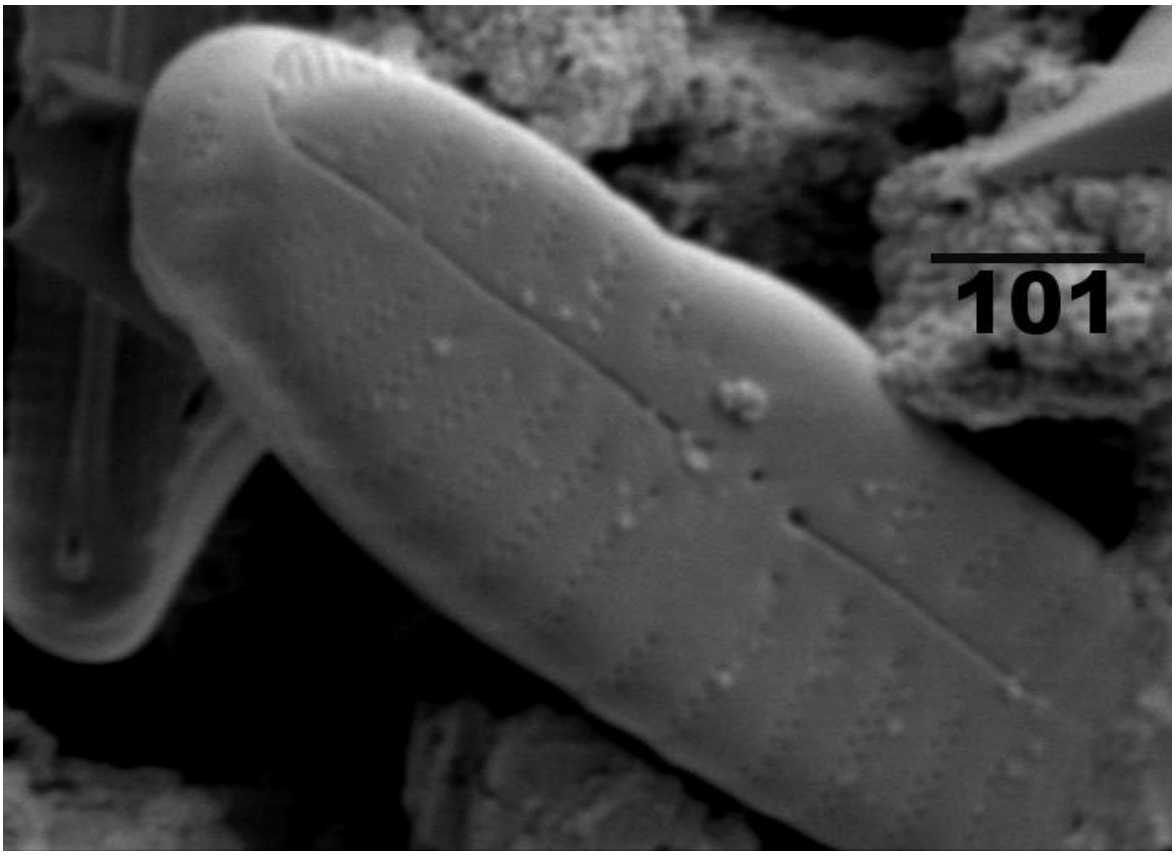

96

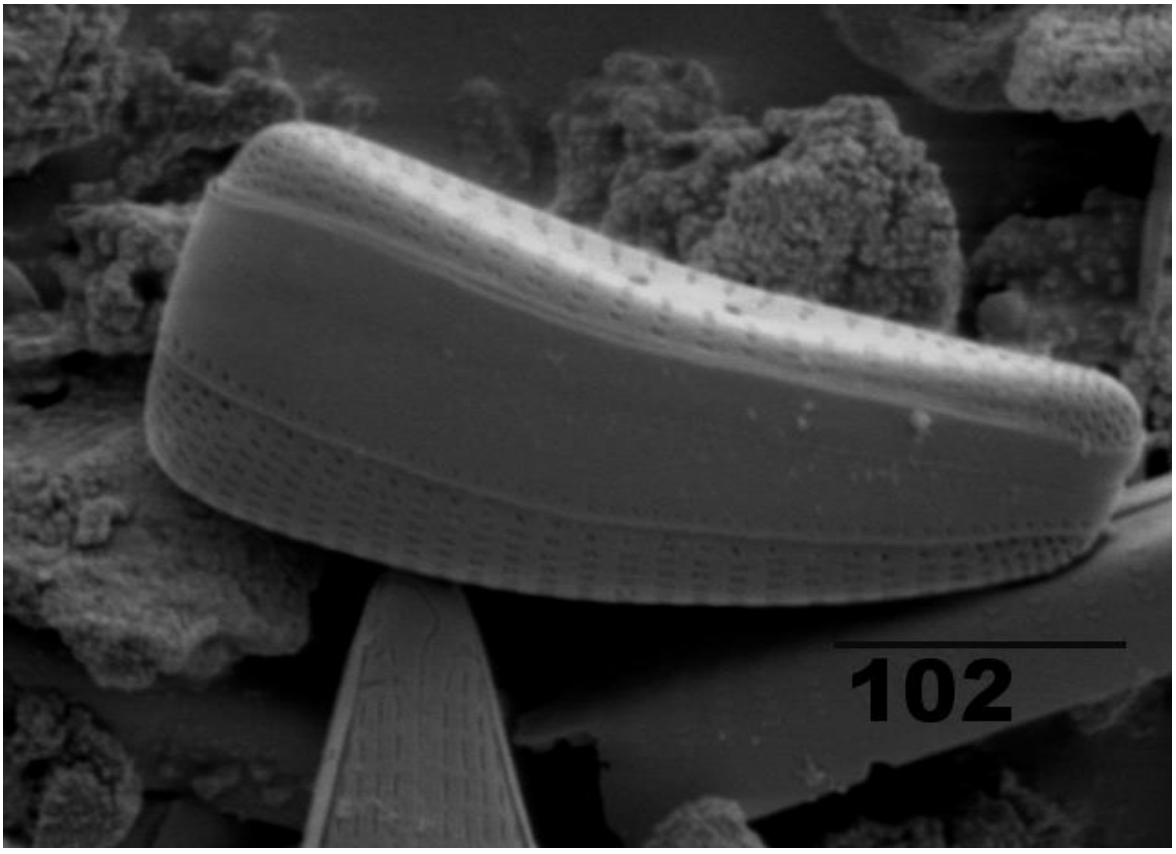

97

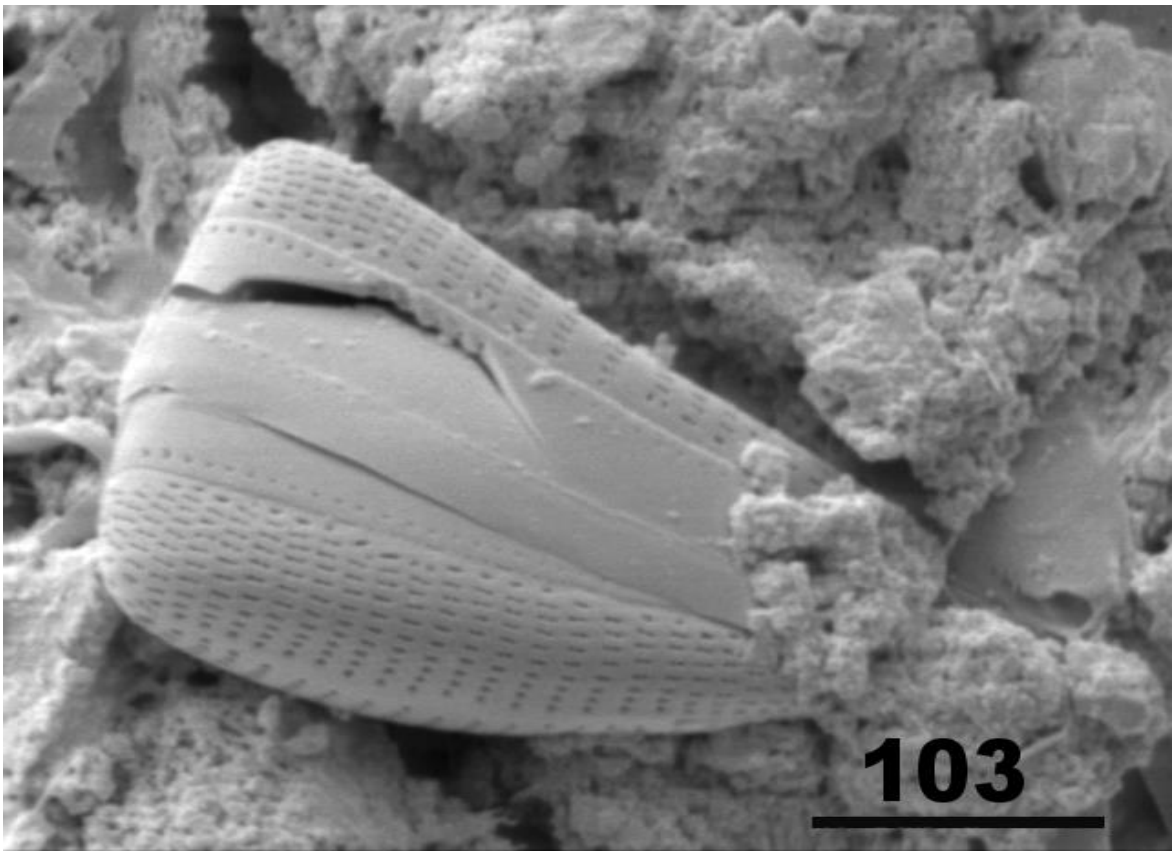

98

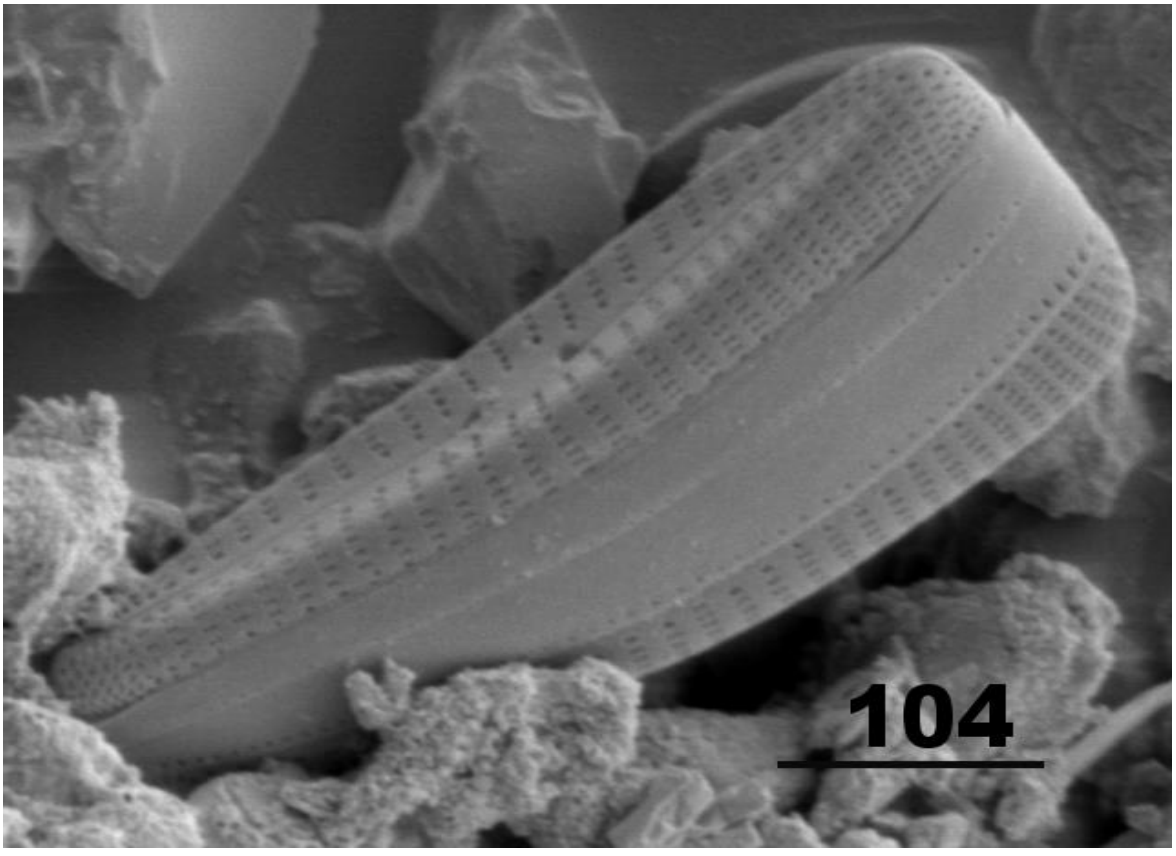

99

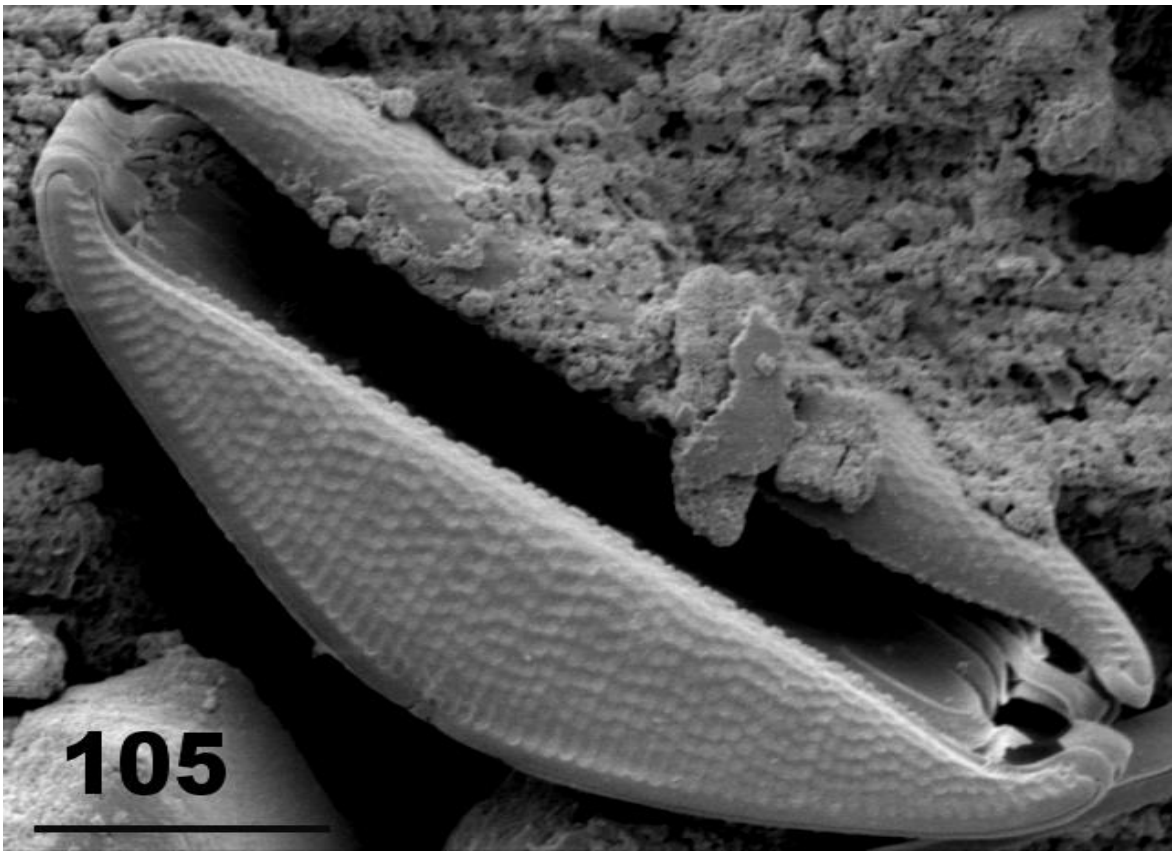

100

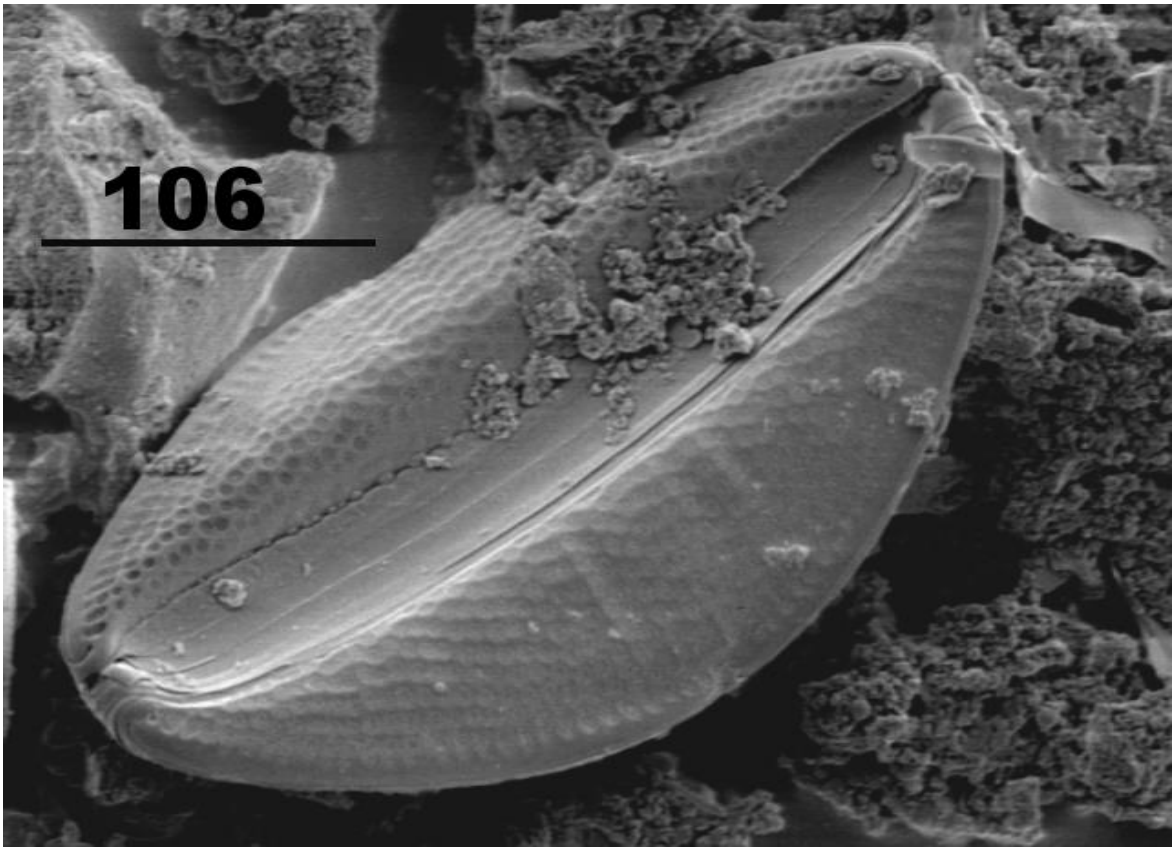

101

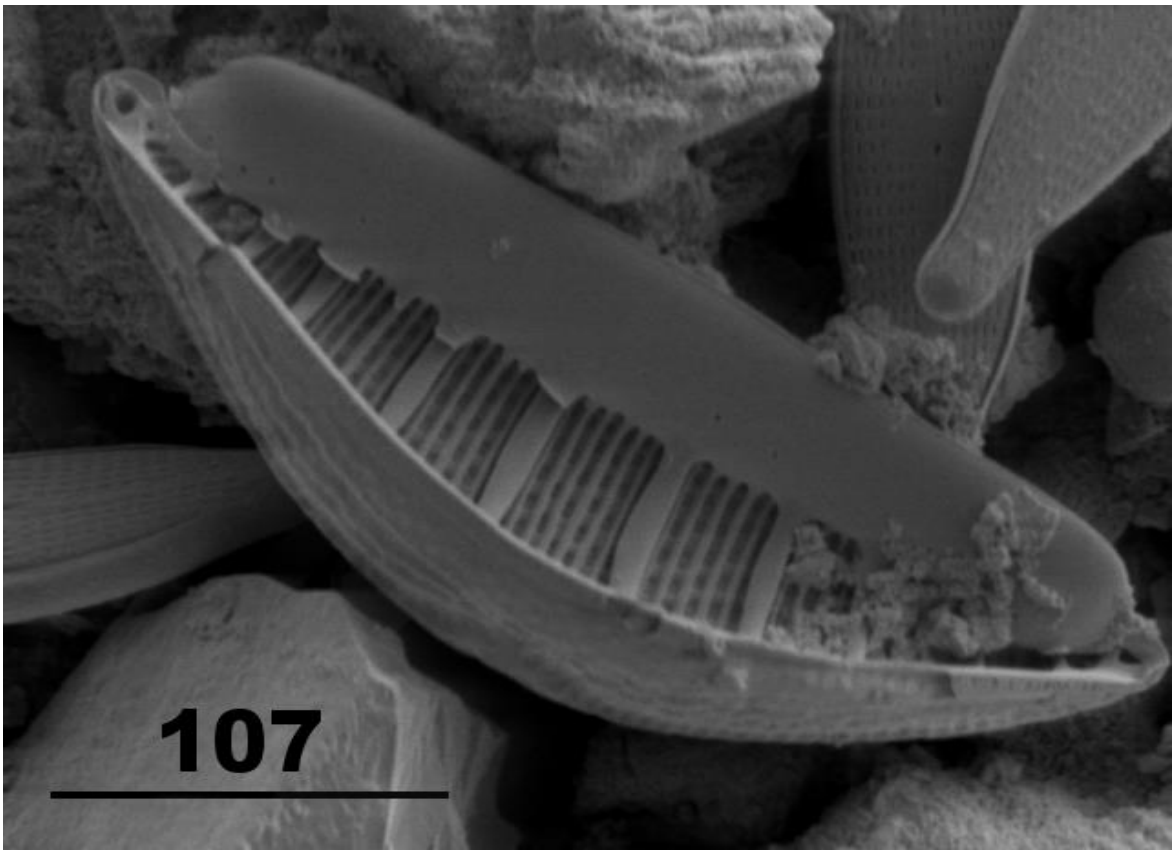

102

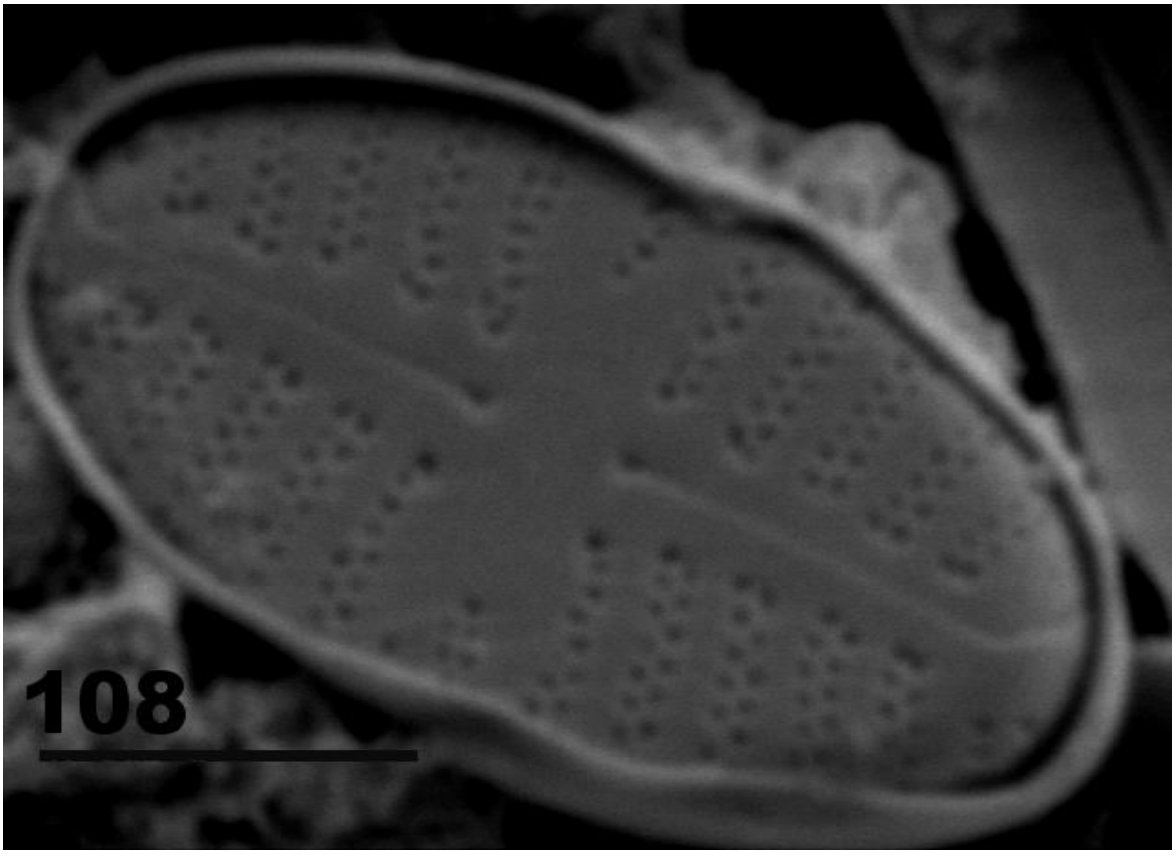

103

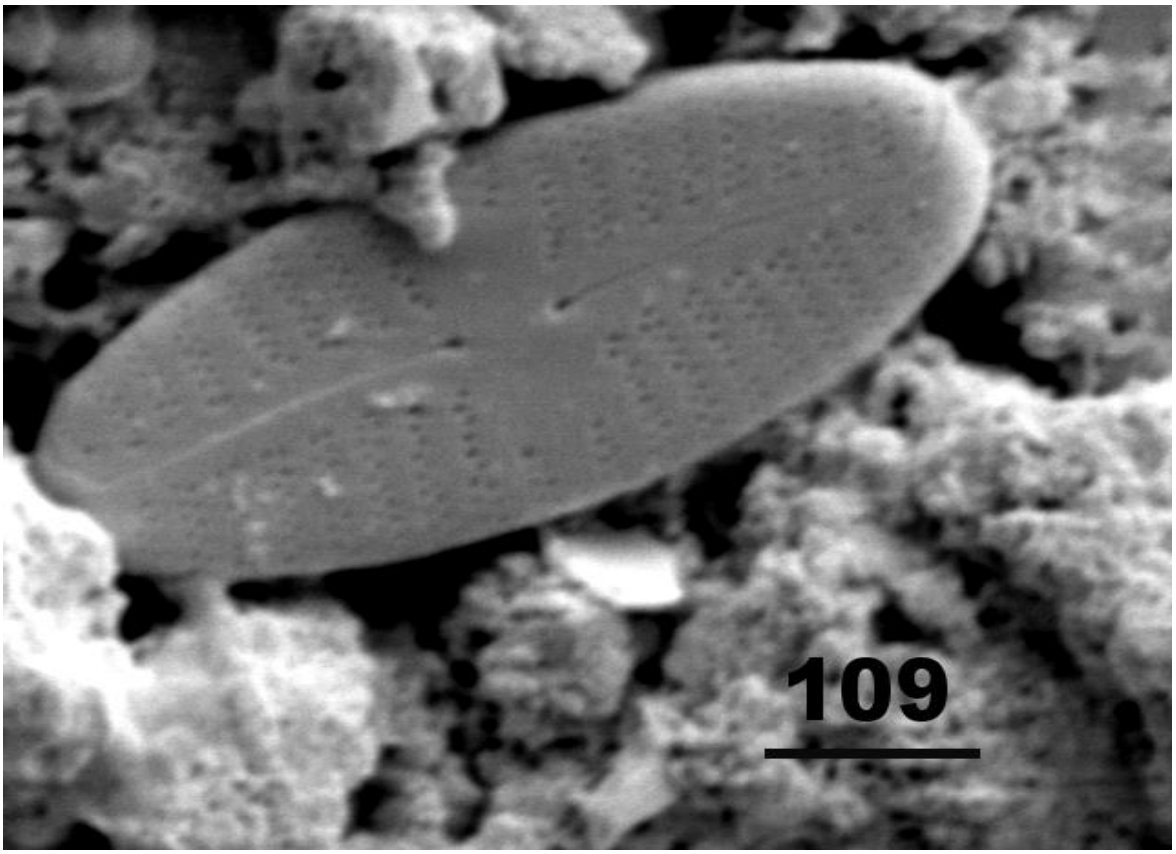

104

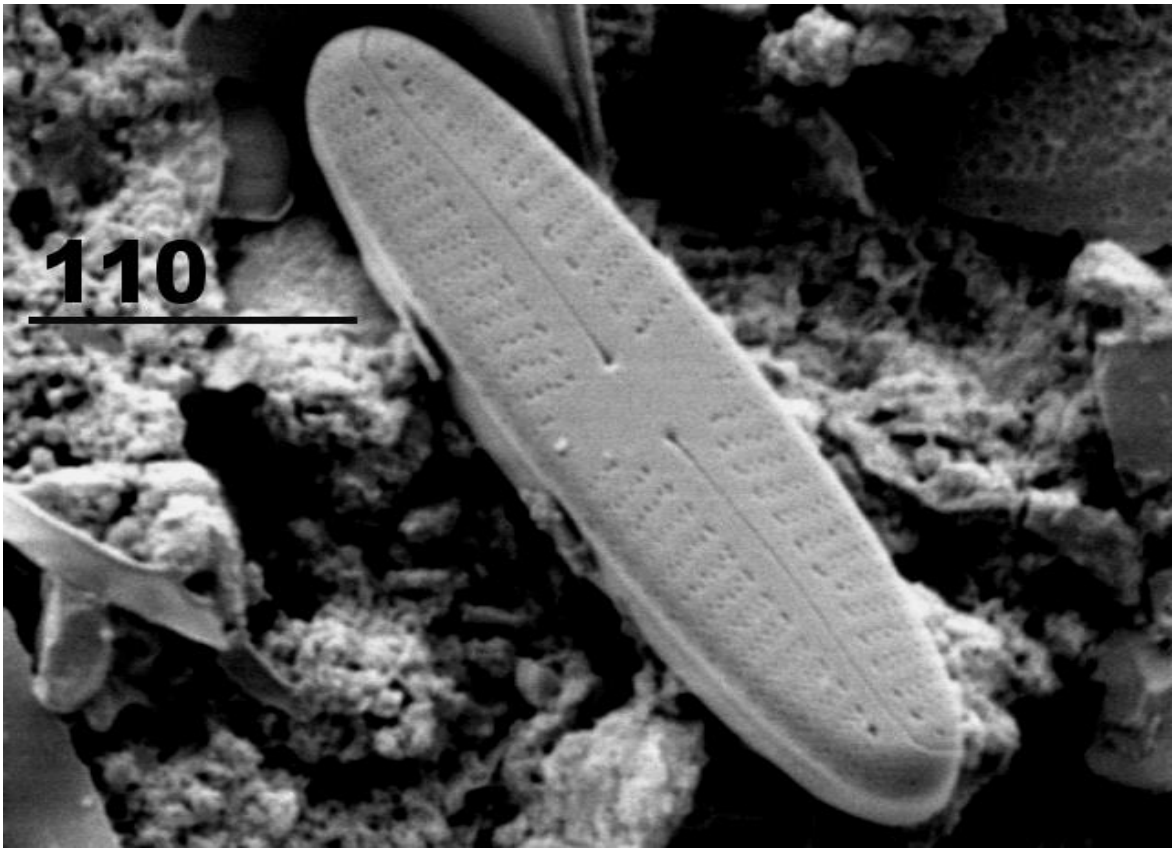

105

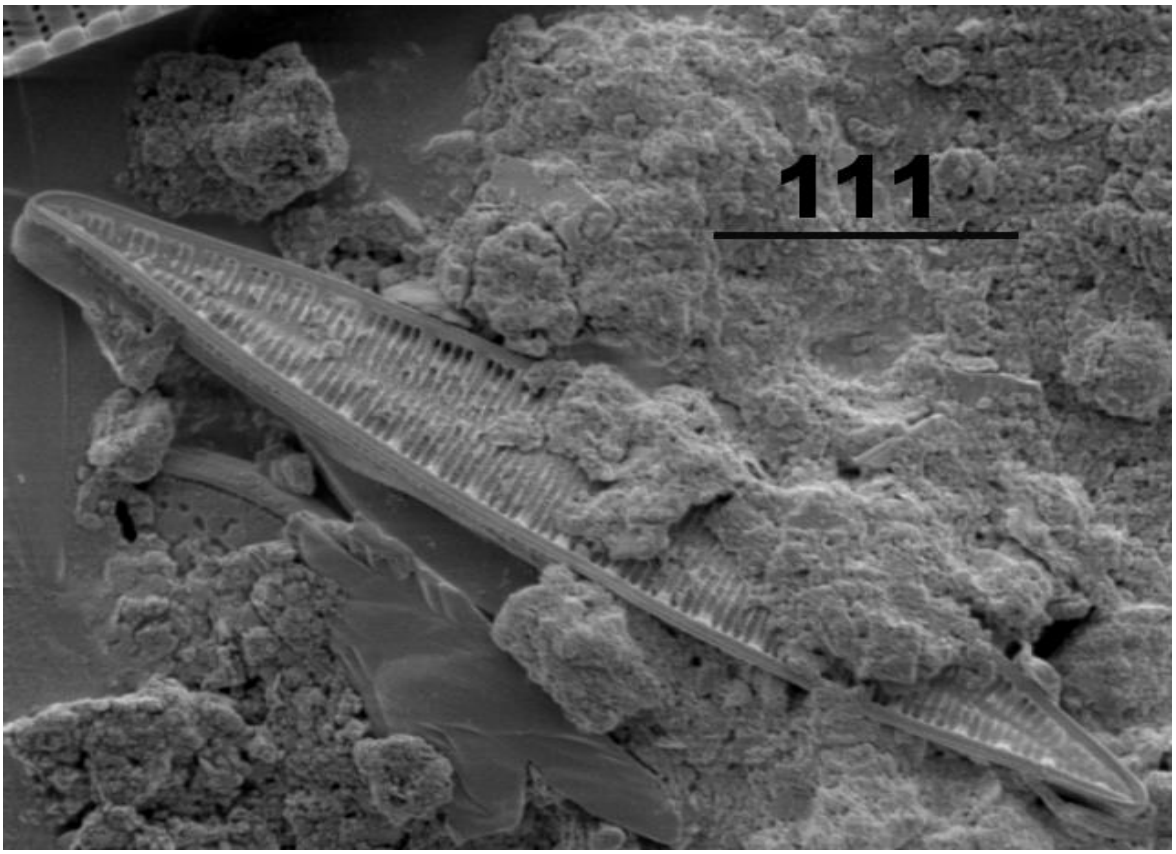

106

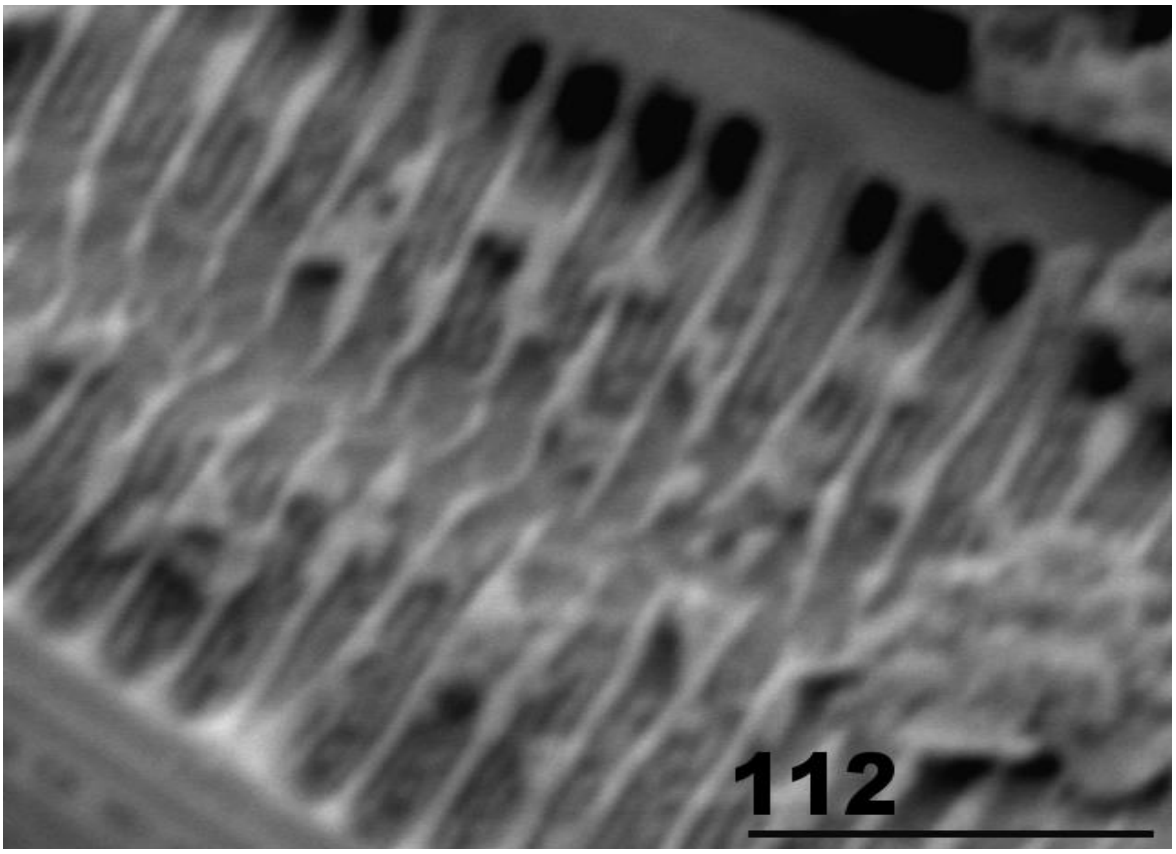

107

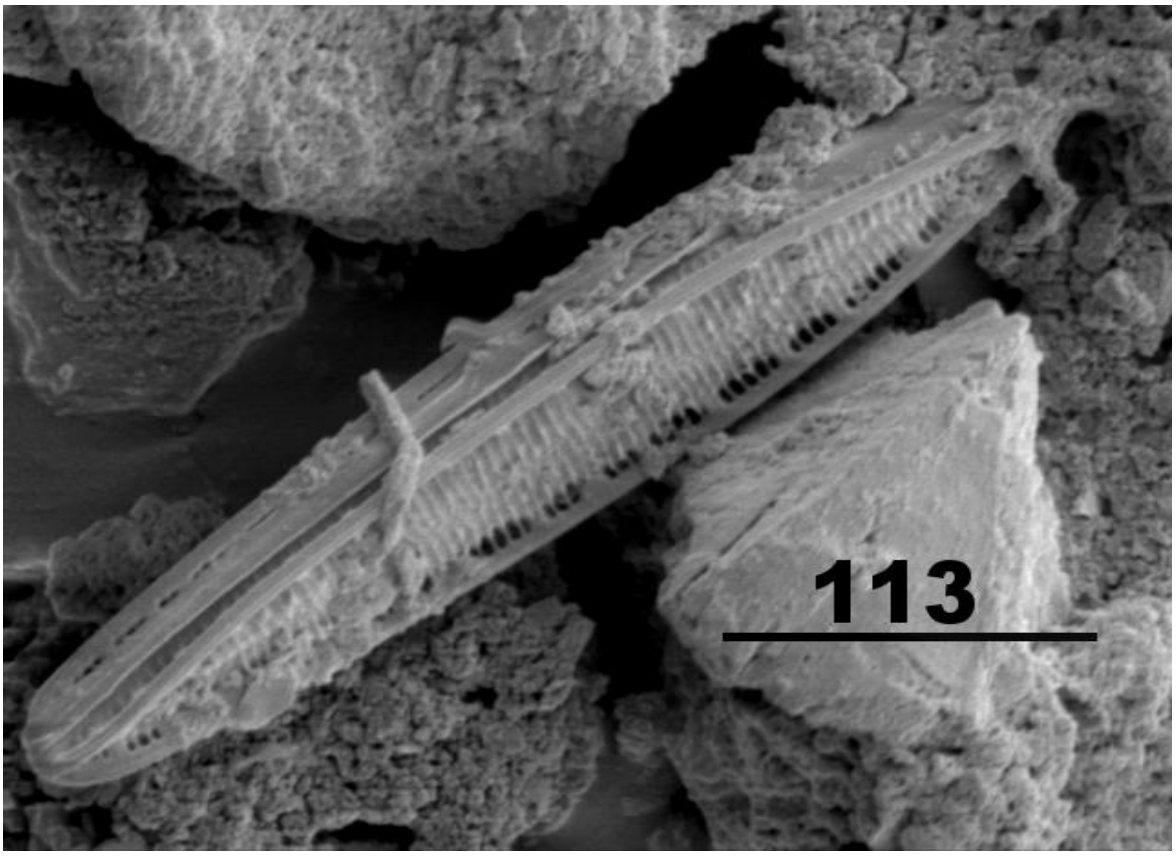

108

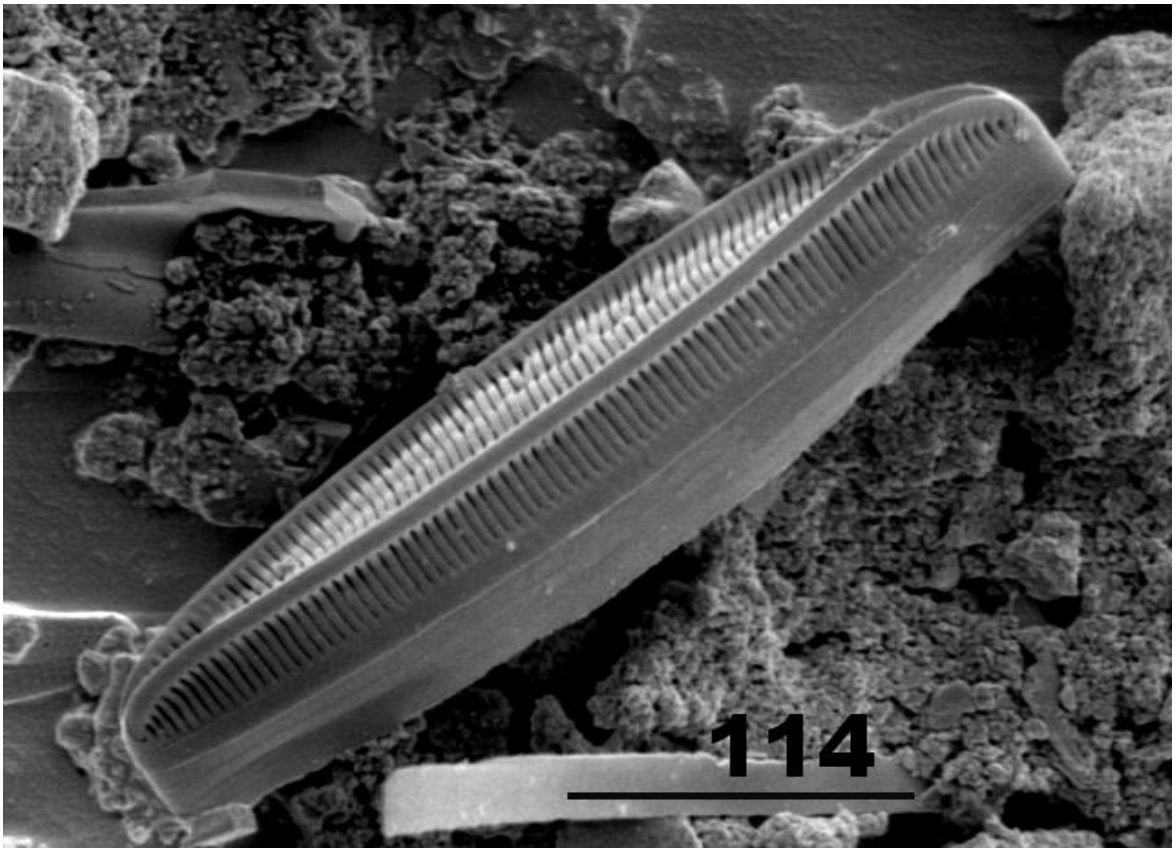

109

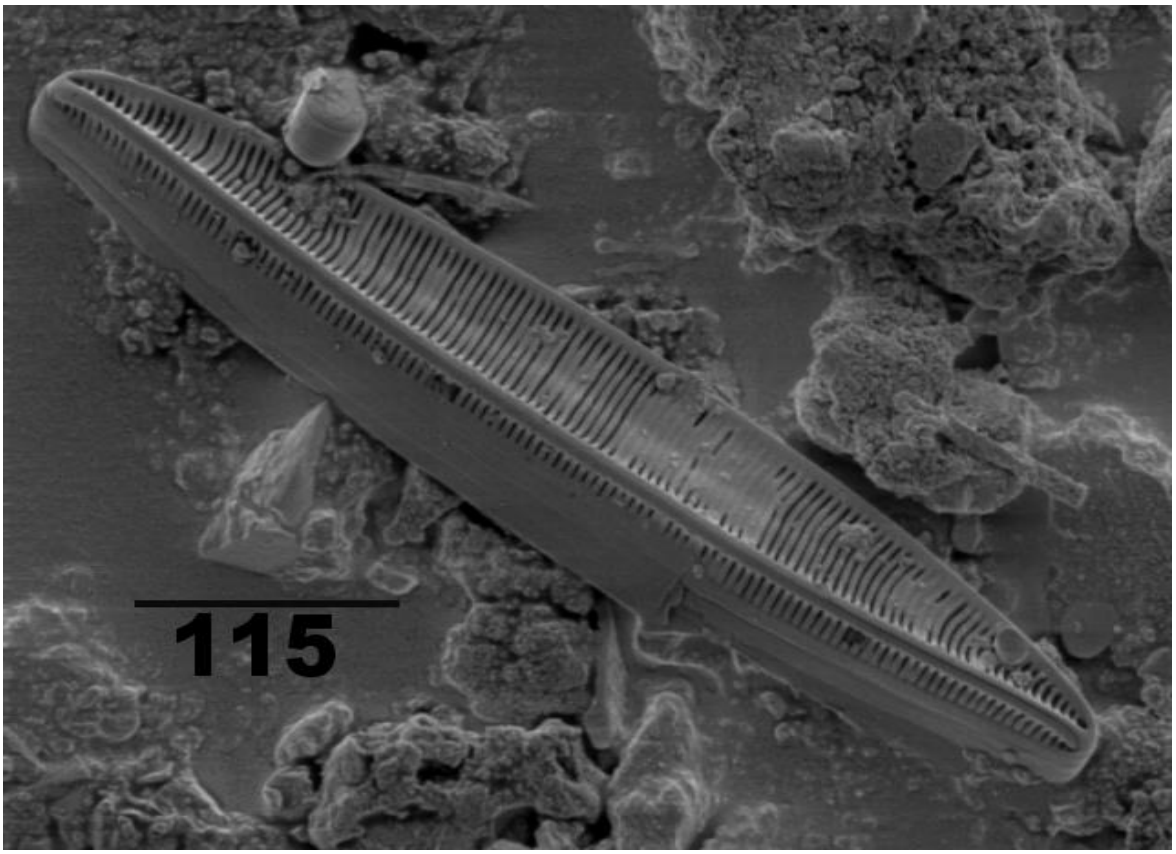

110

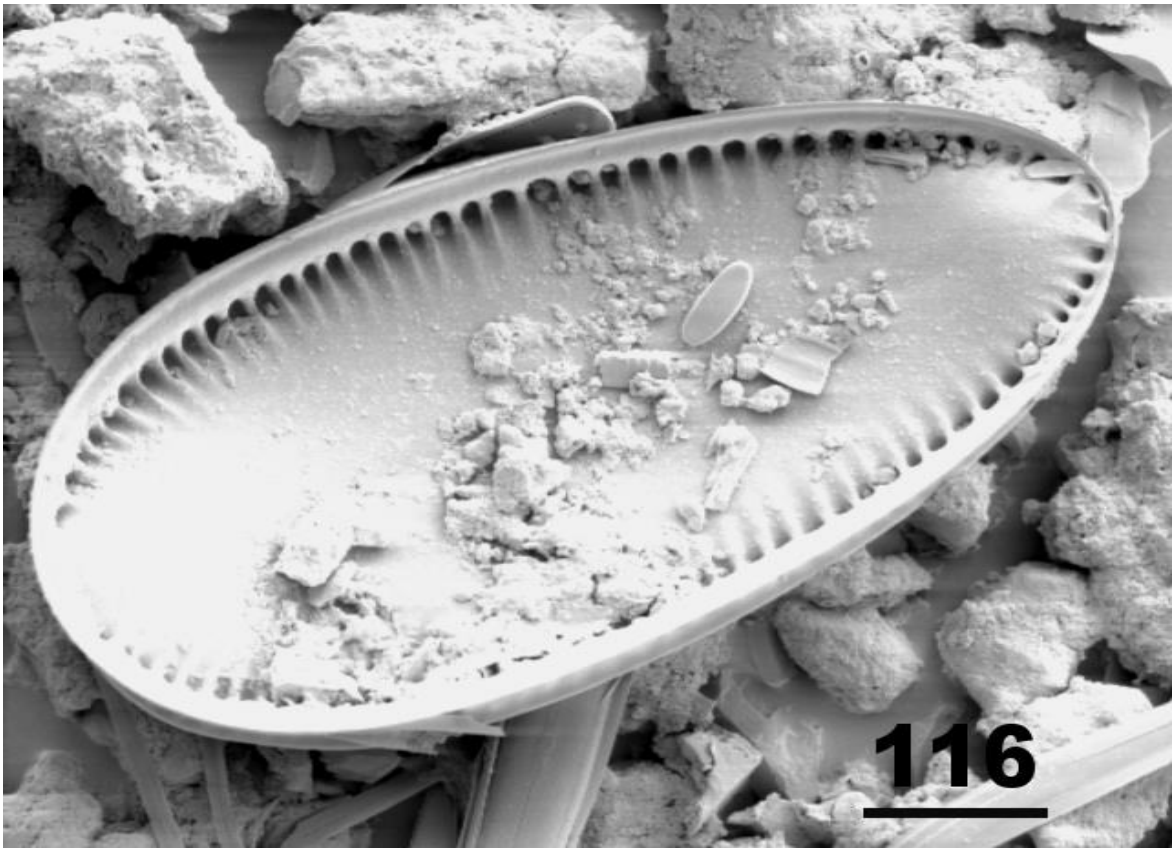

111

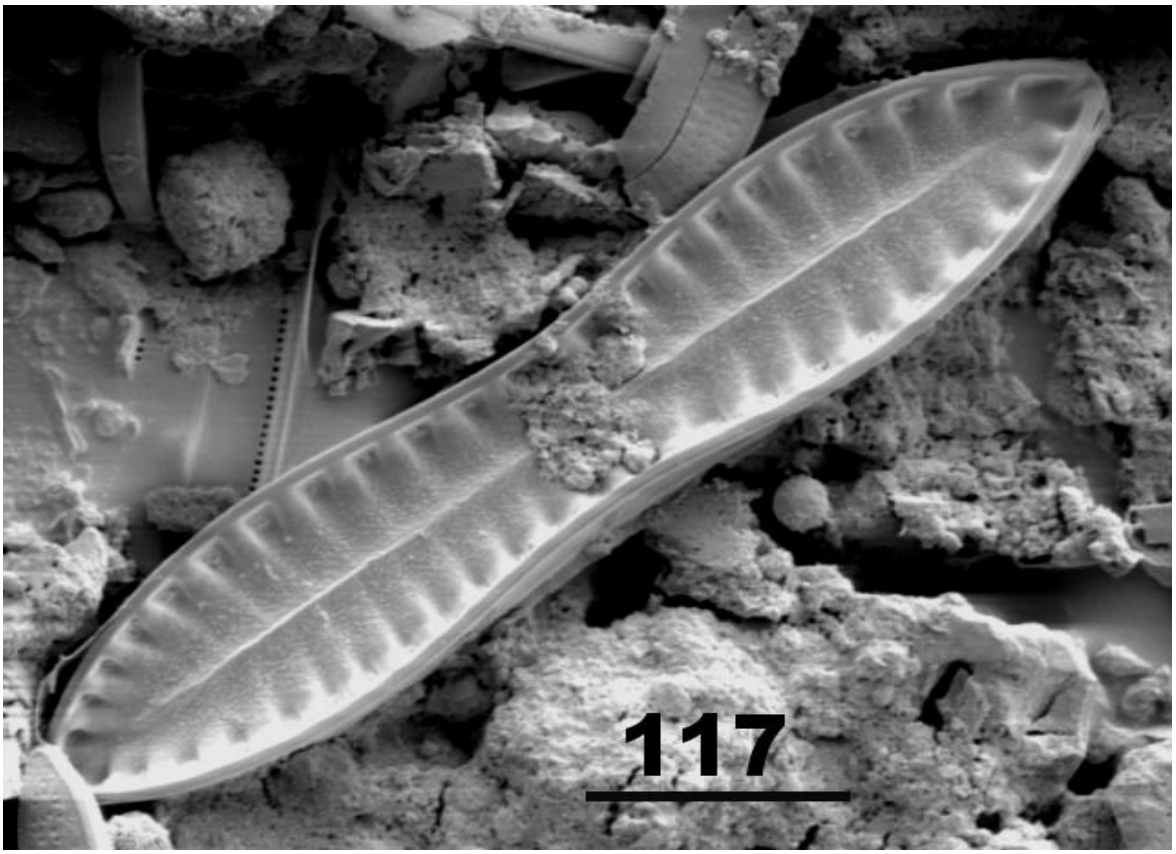

112

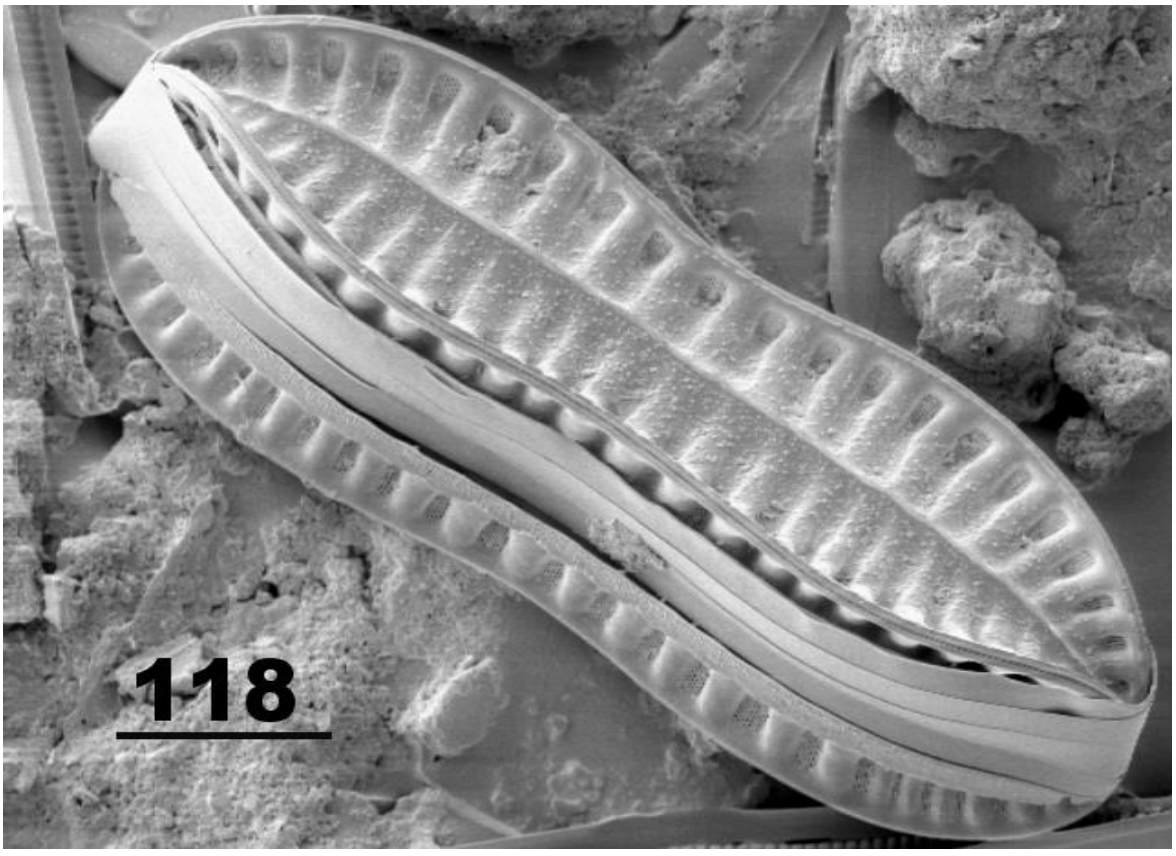

113

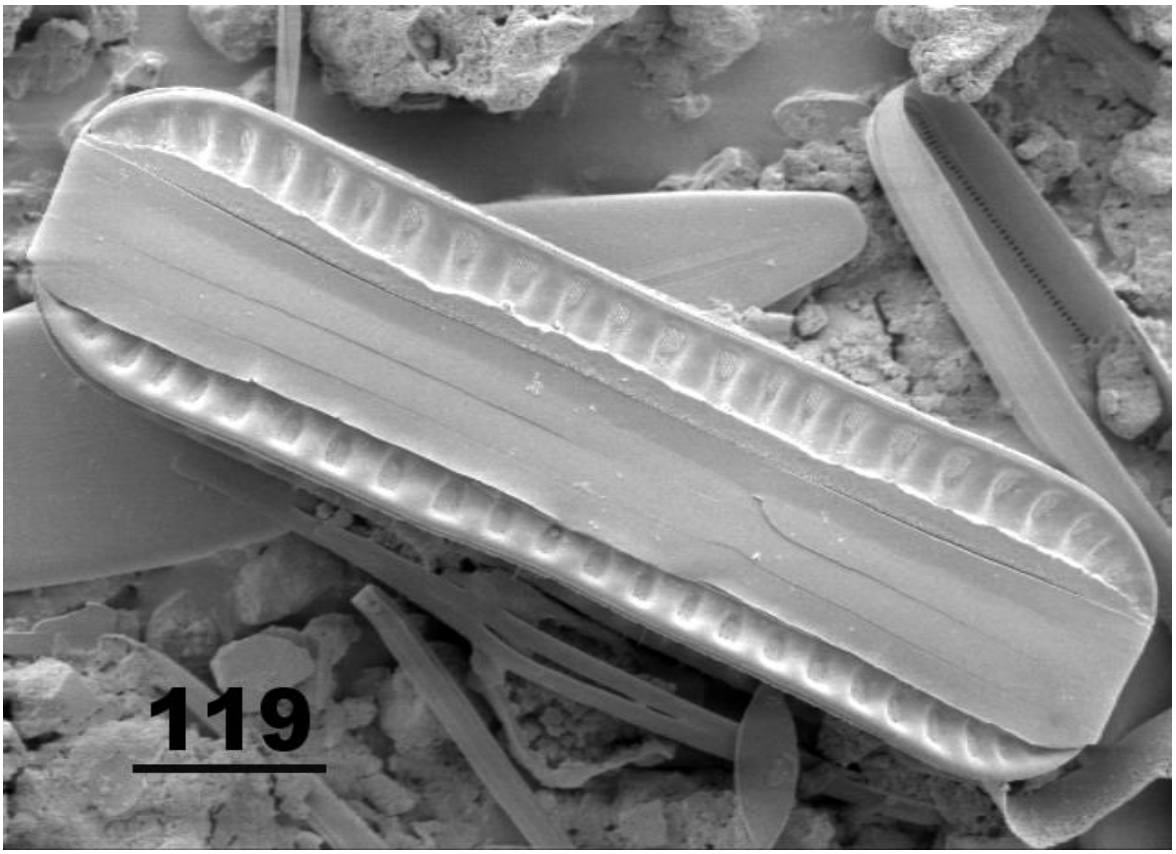

114

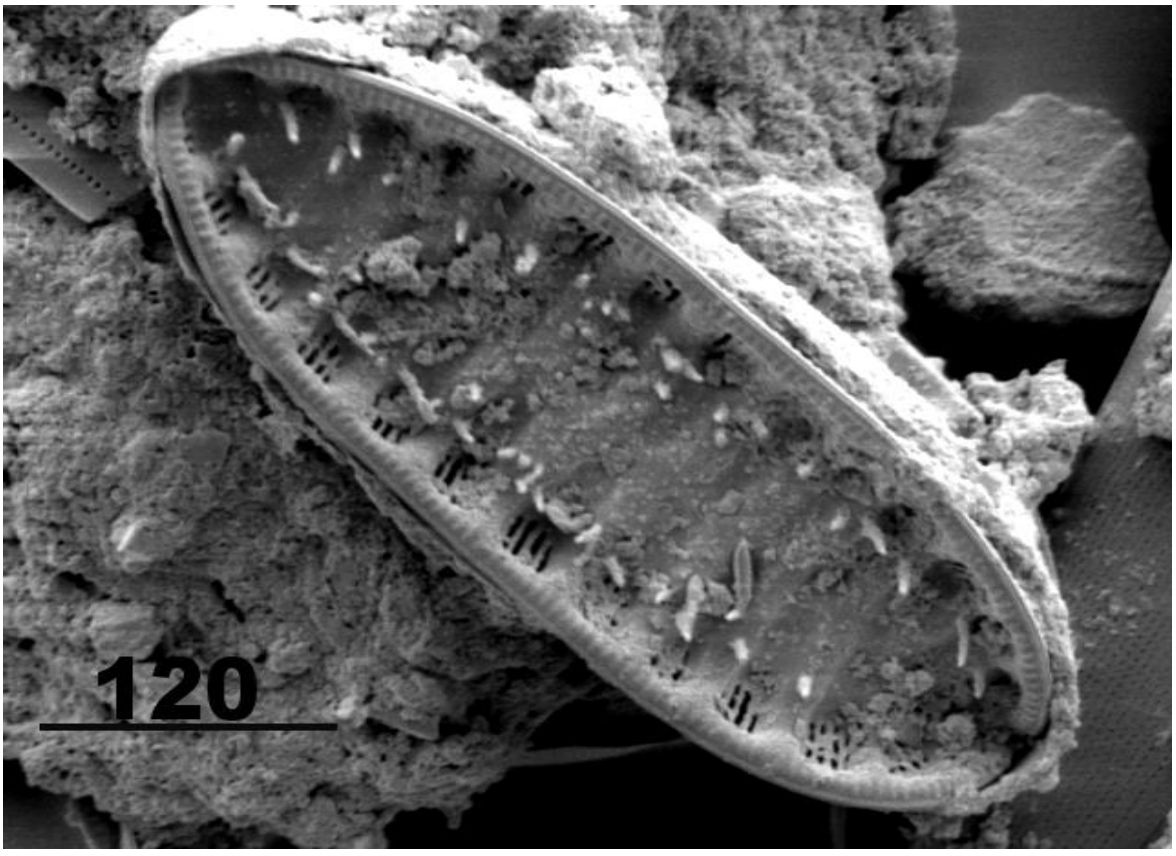

115

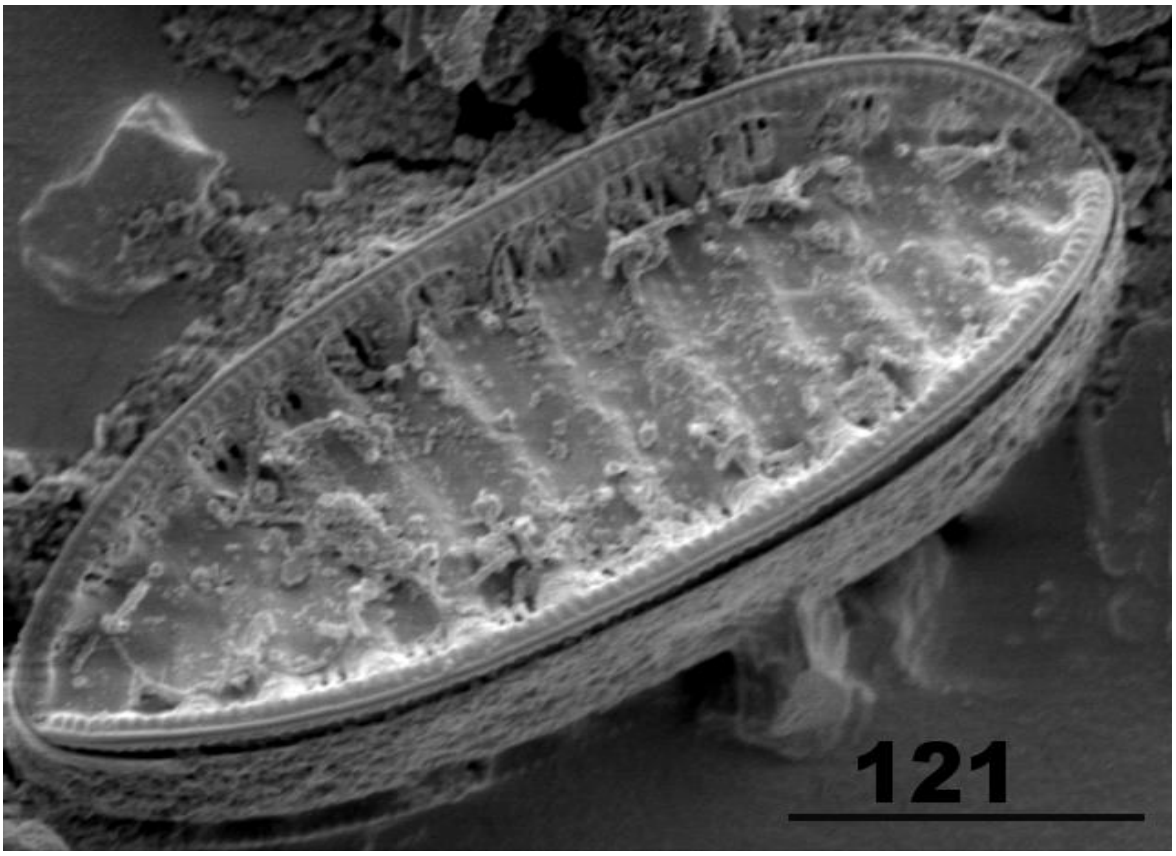

116

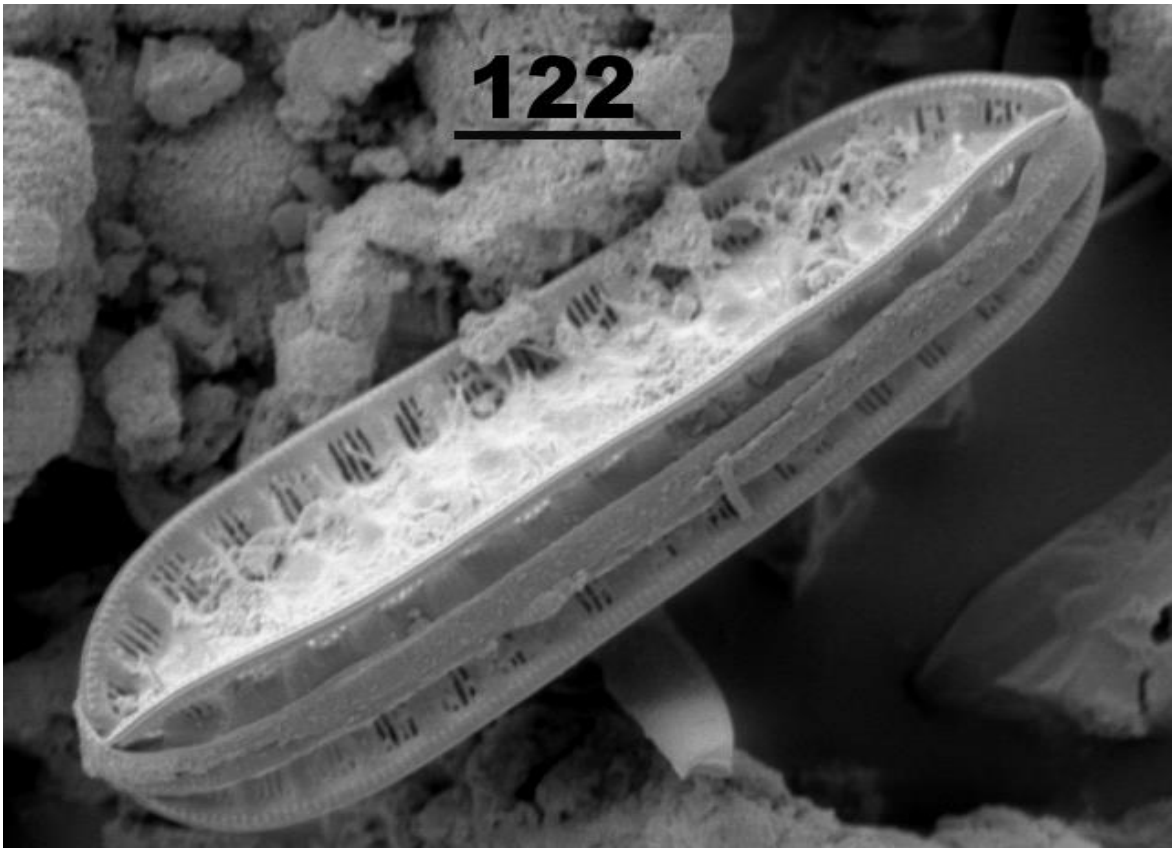

117

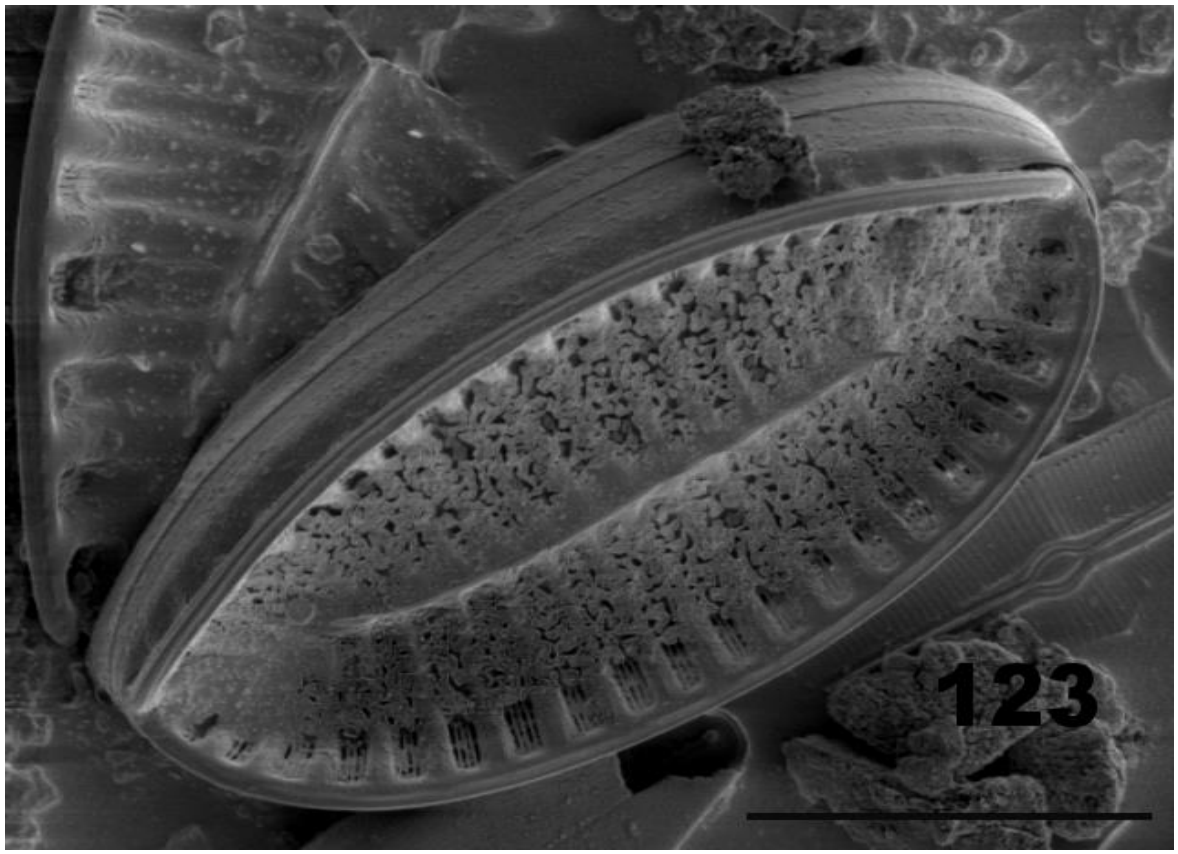

118

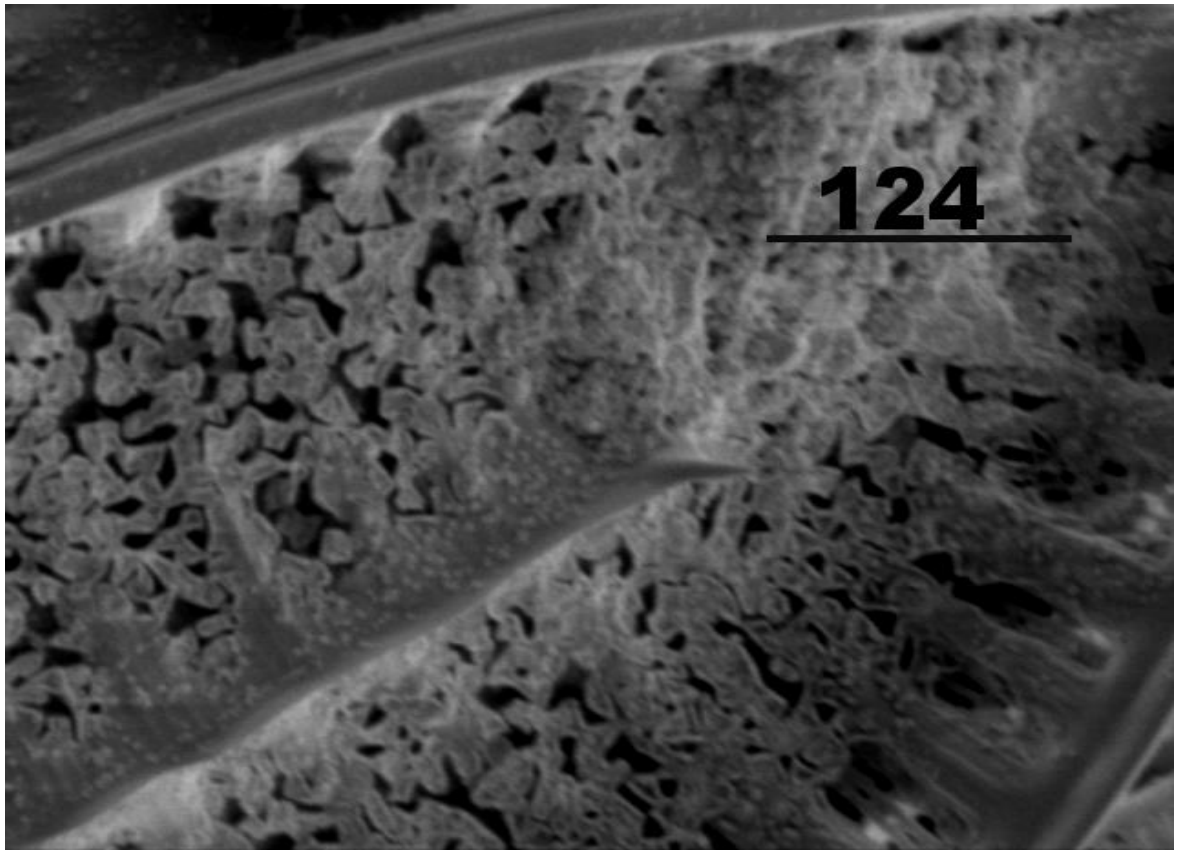

119

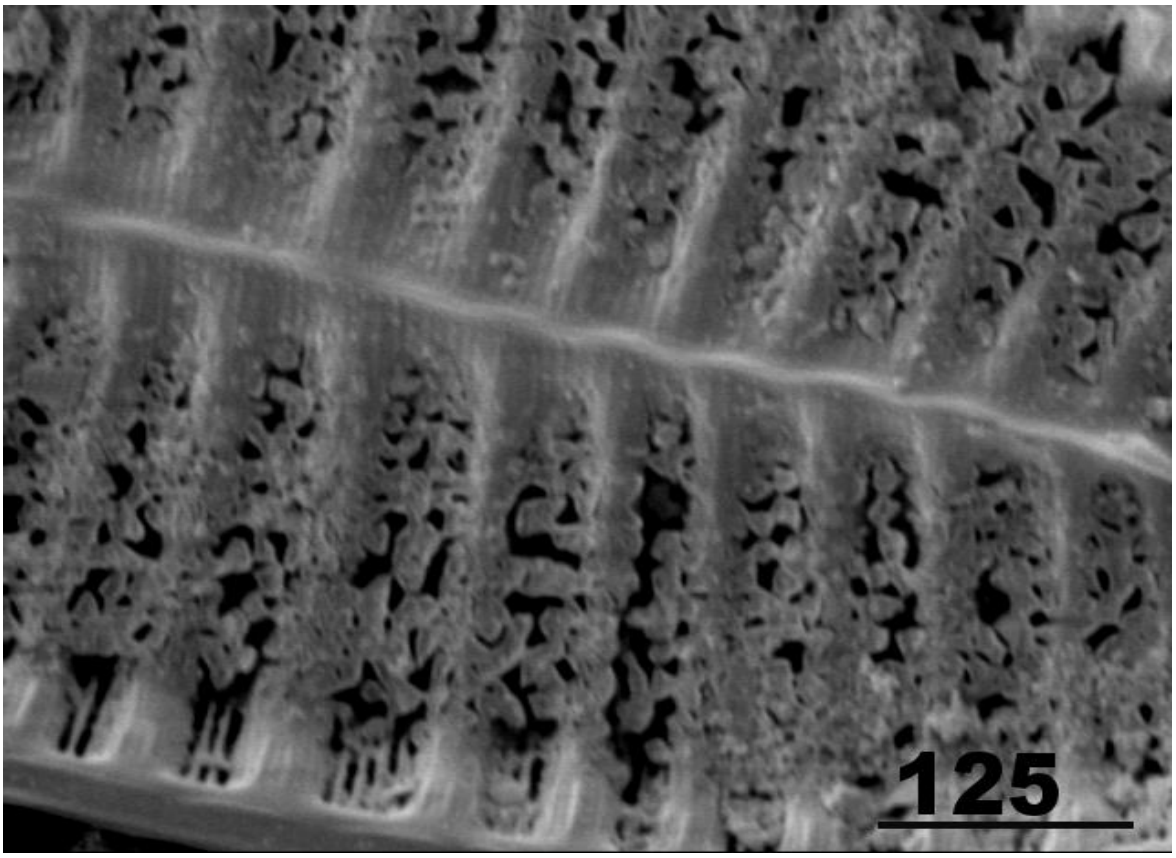

120

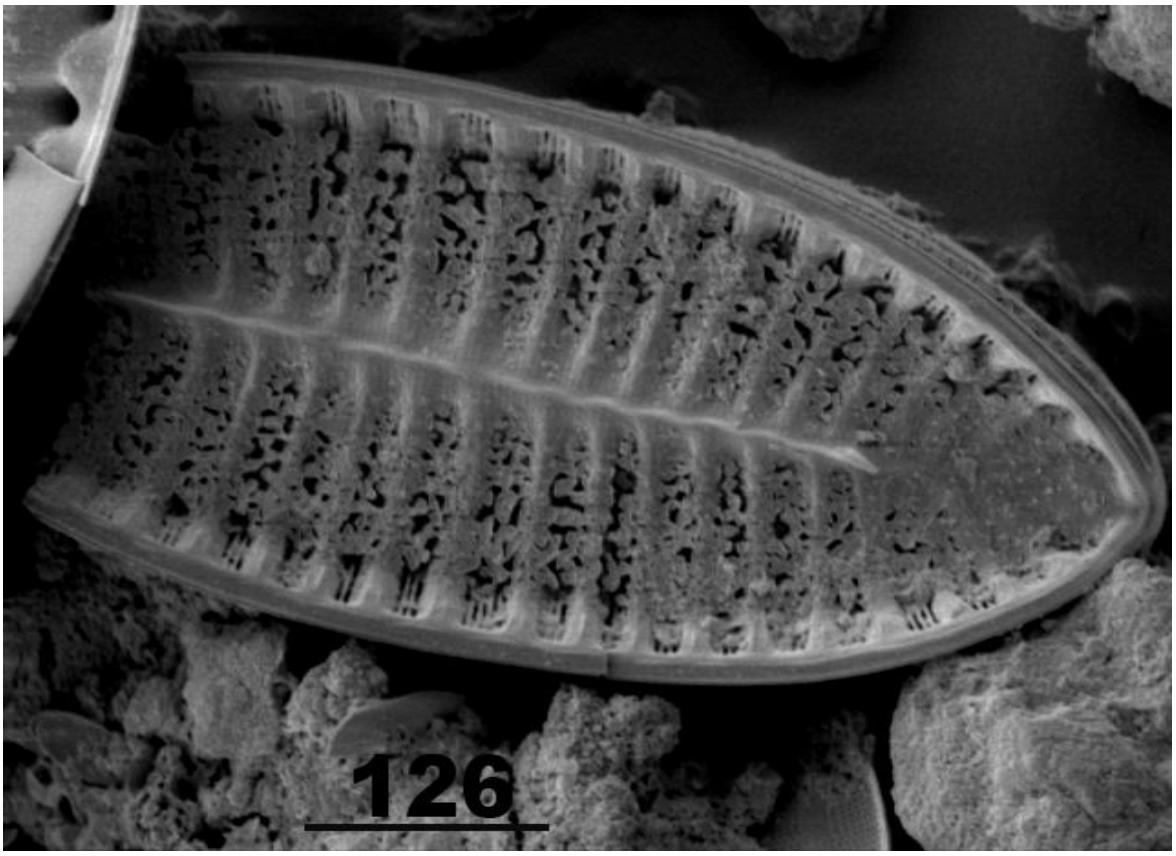

121

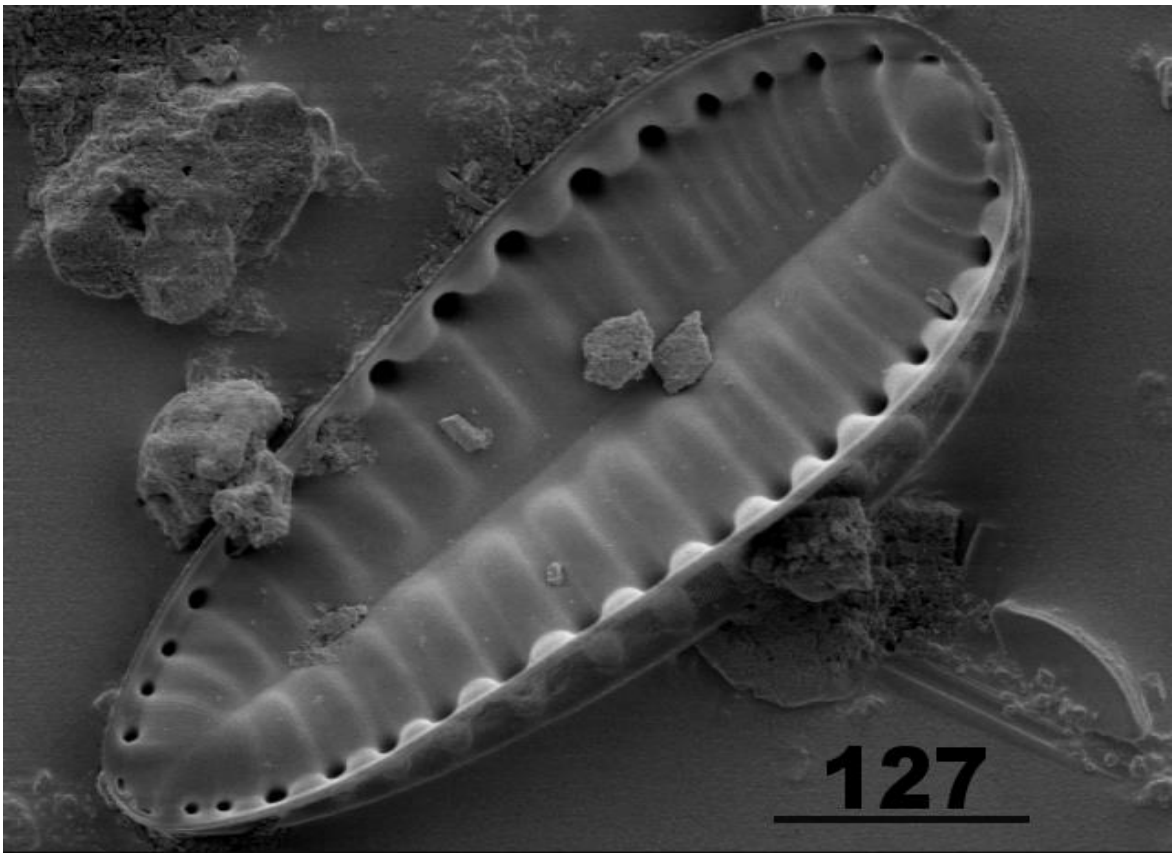

122

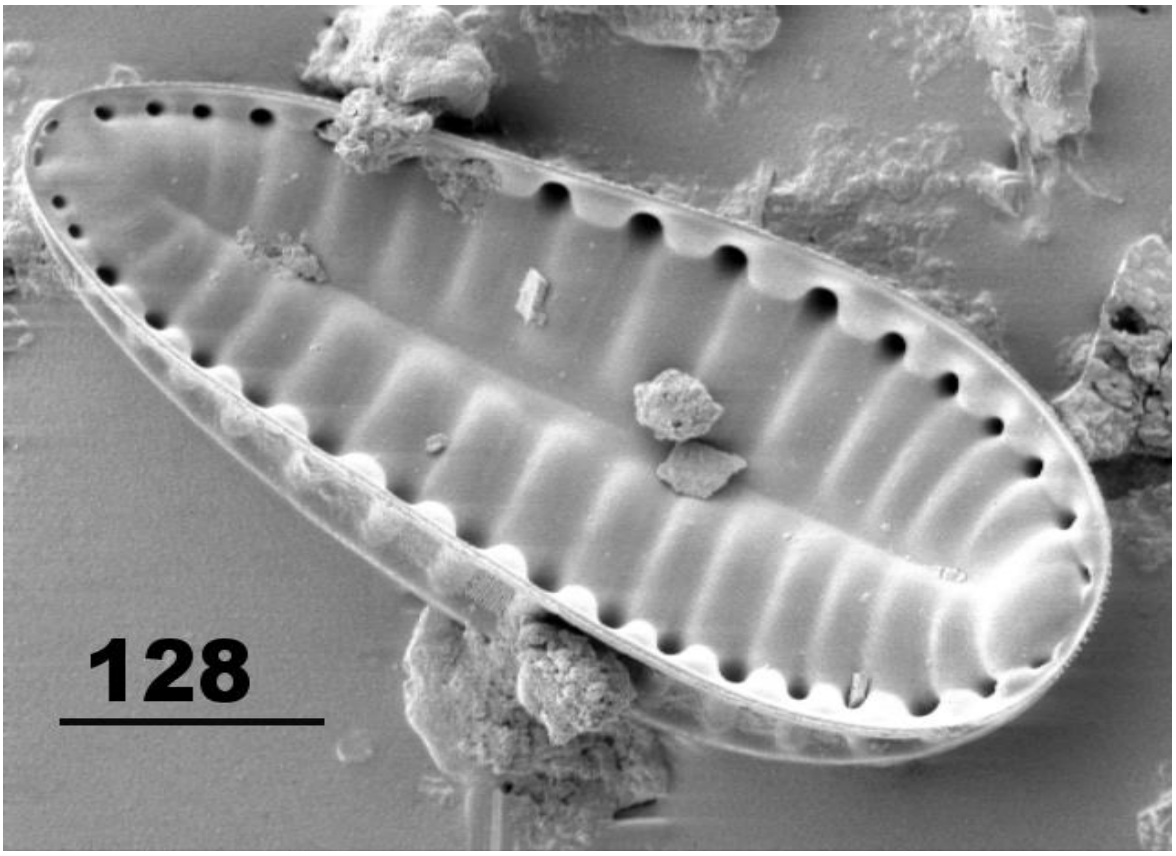

123

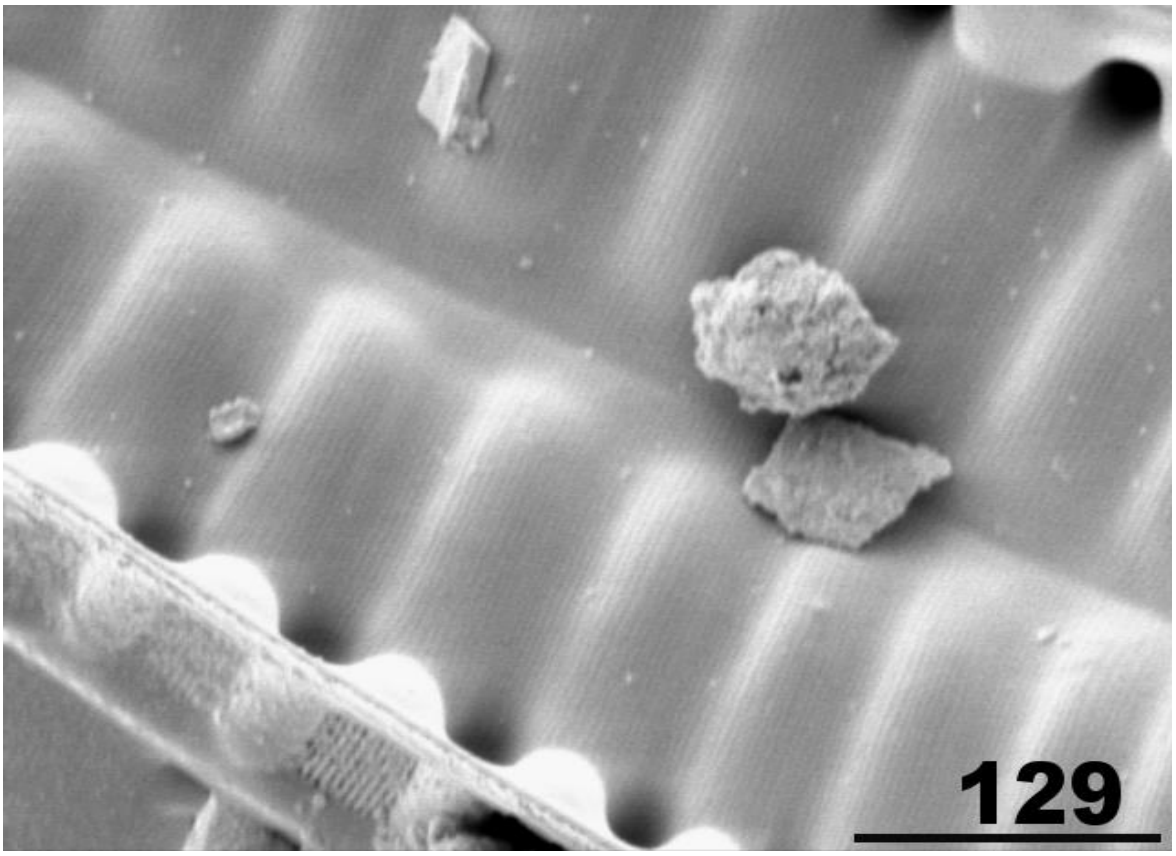

124

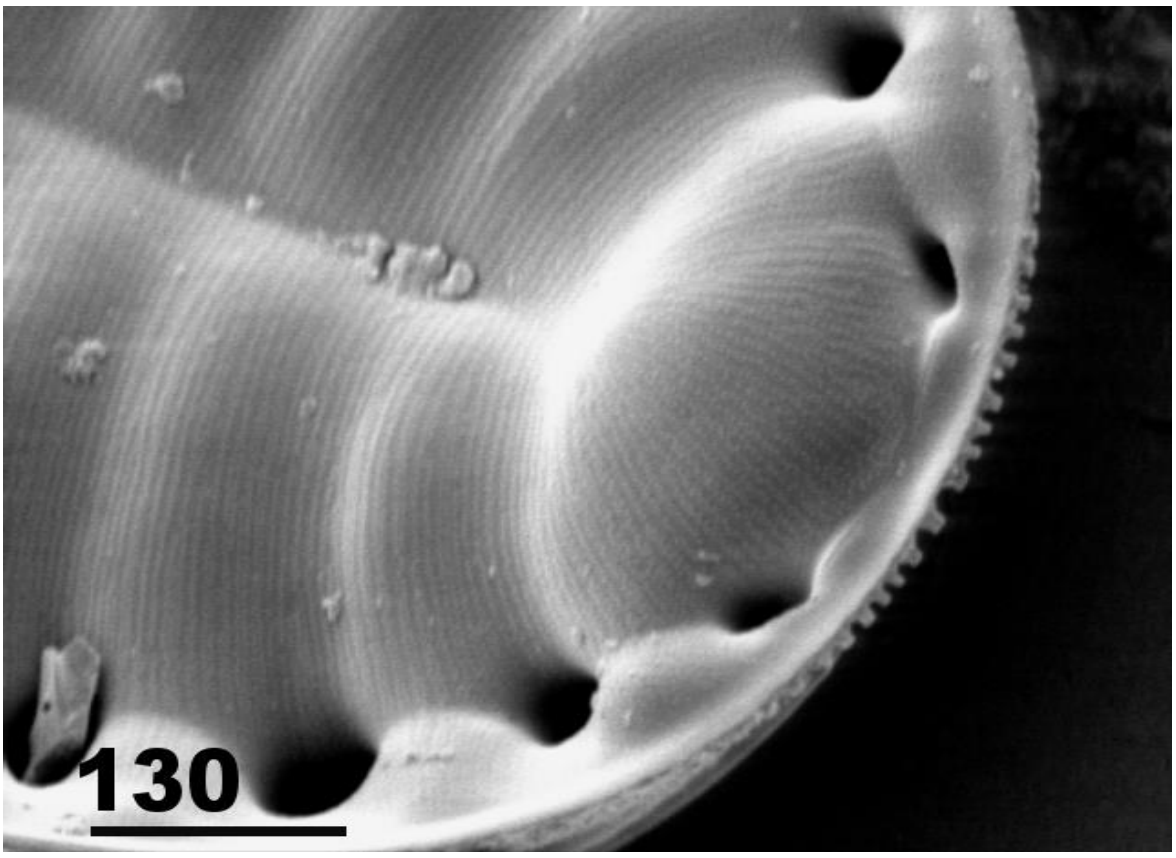

125

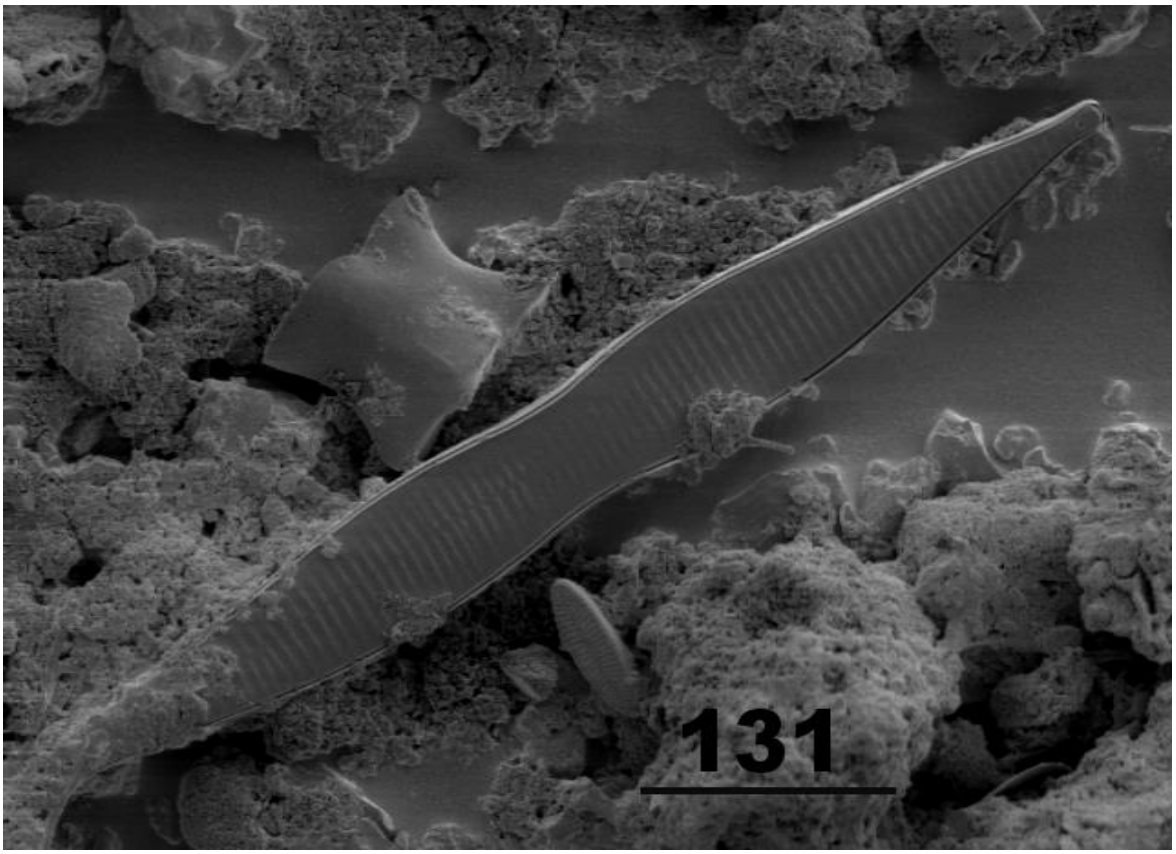

126

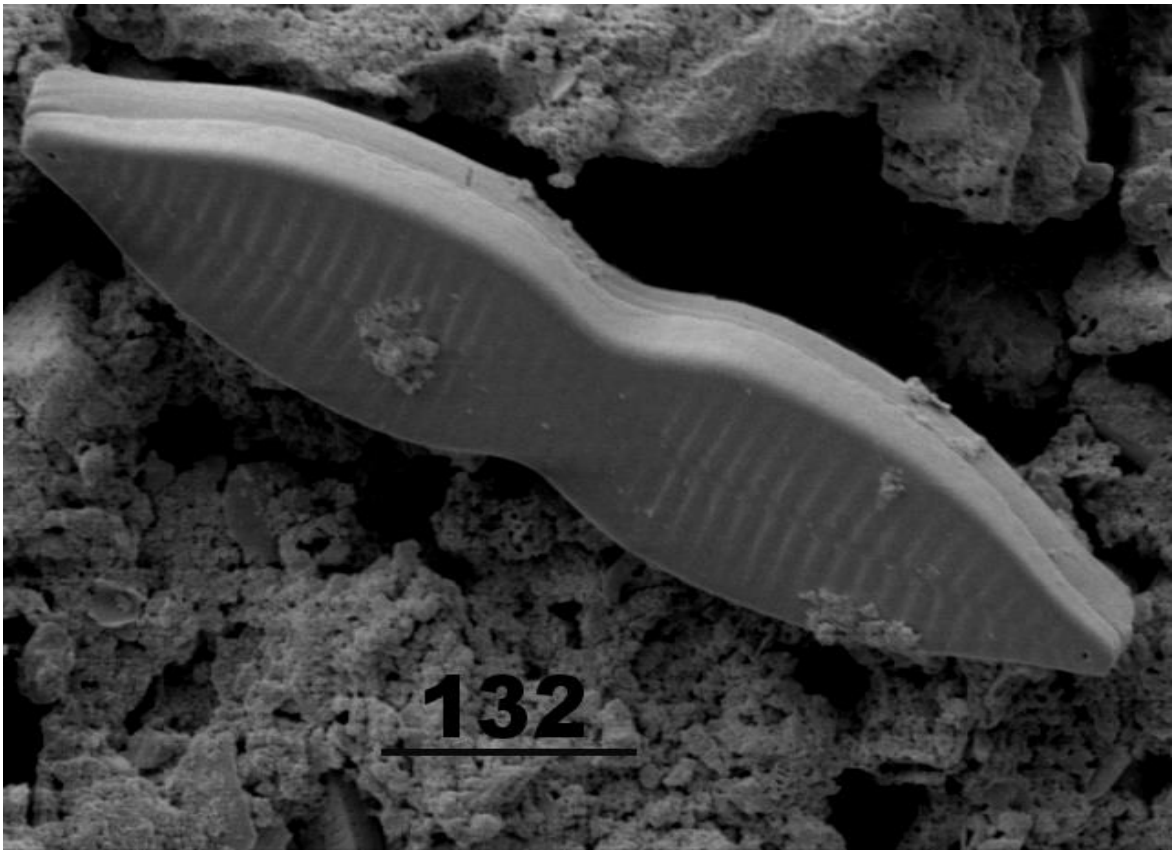

127

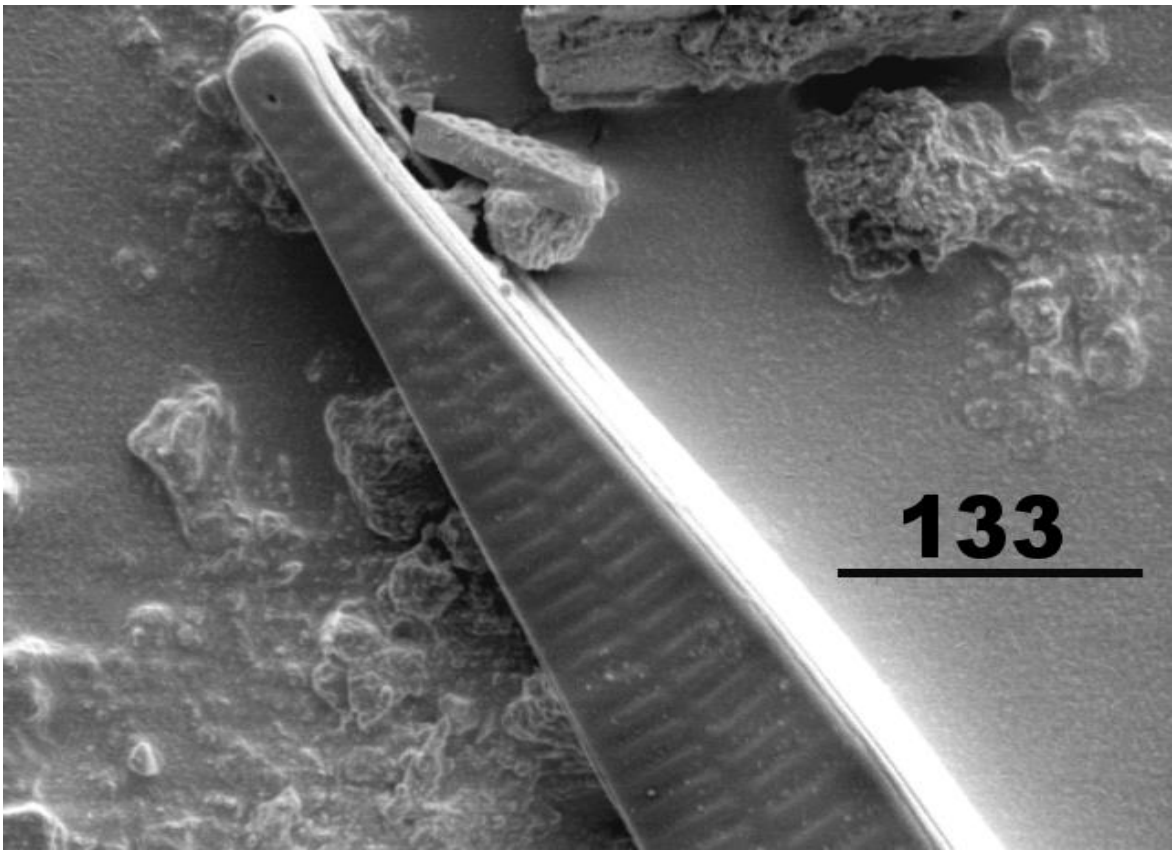

128

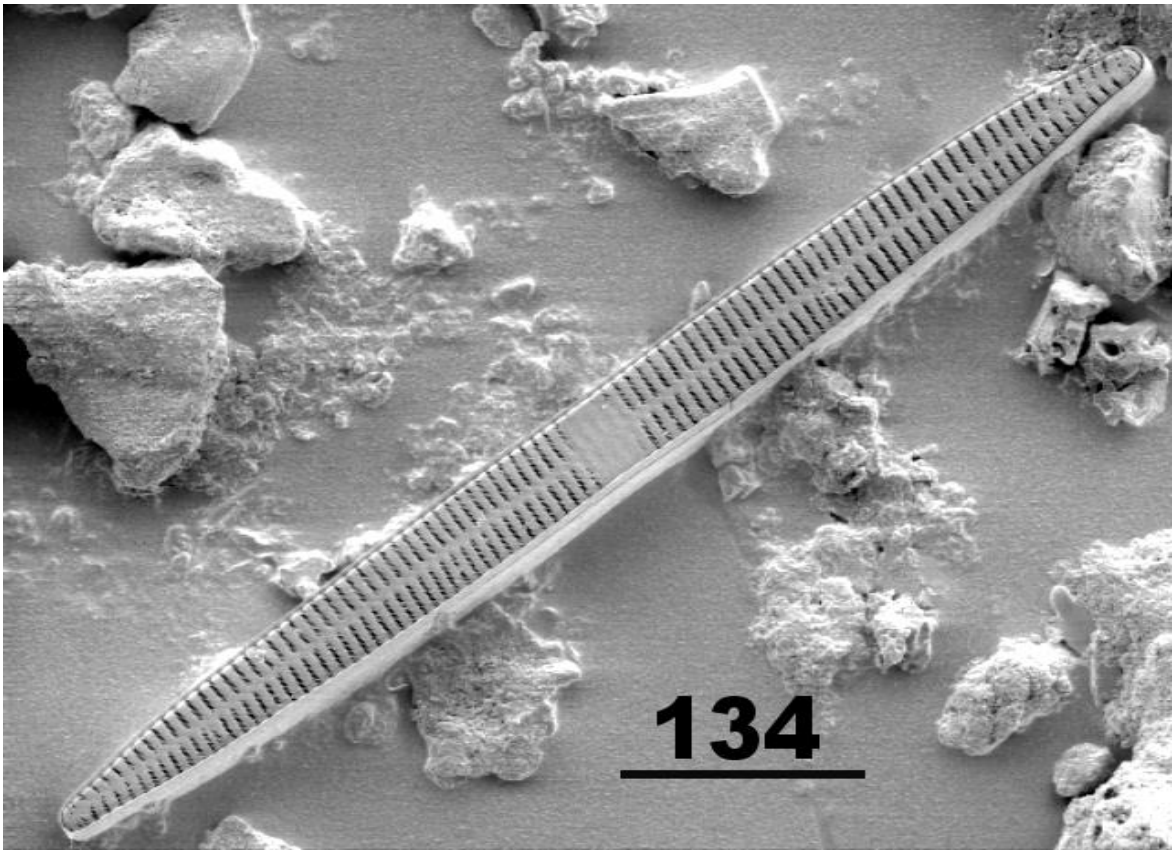

129

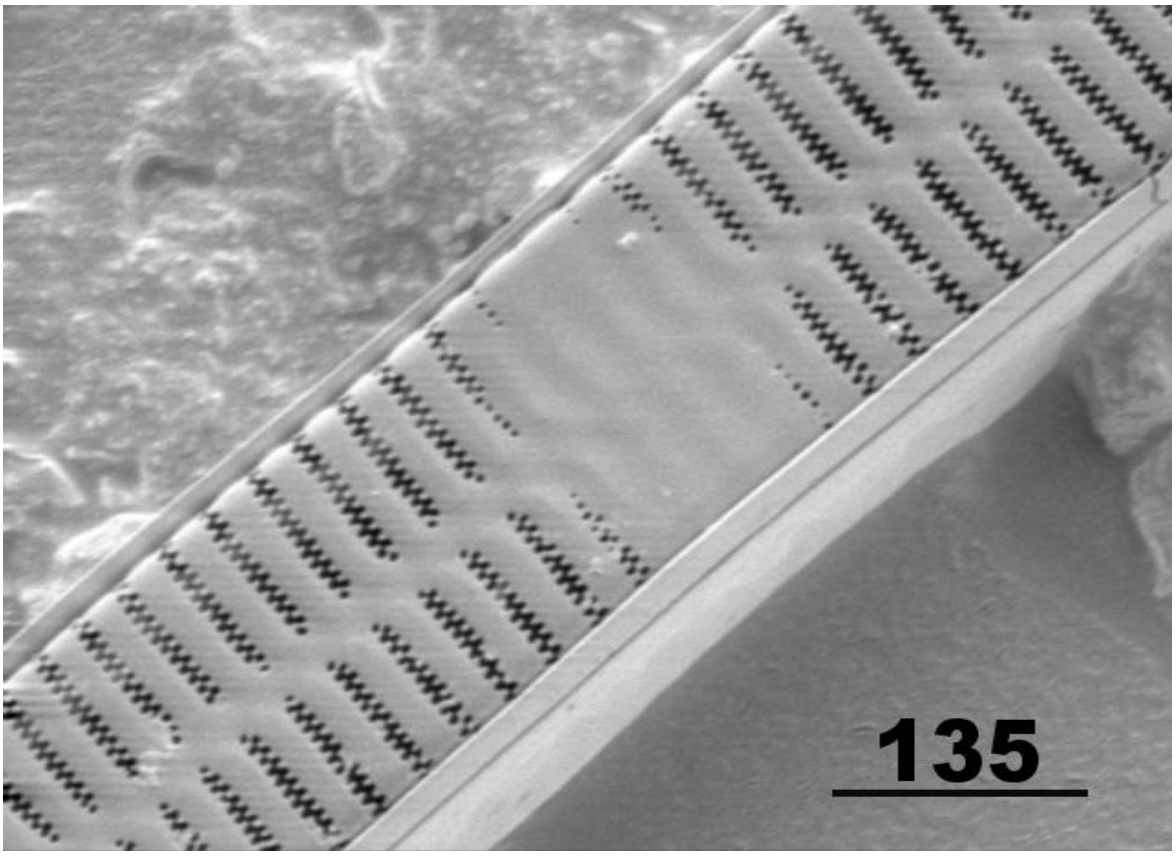

130

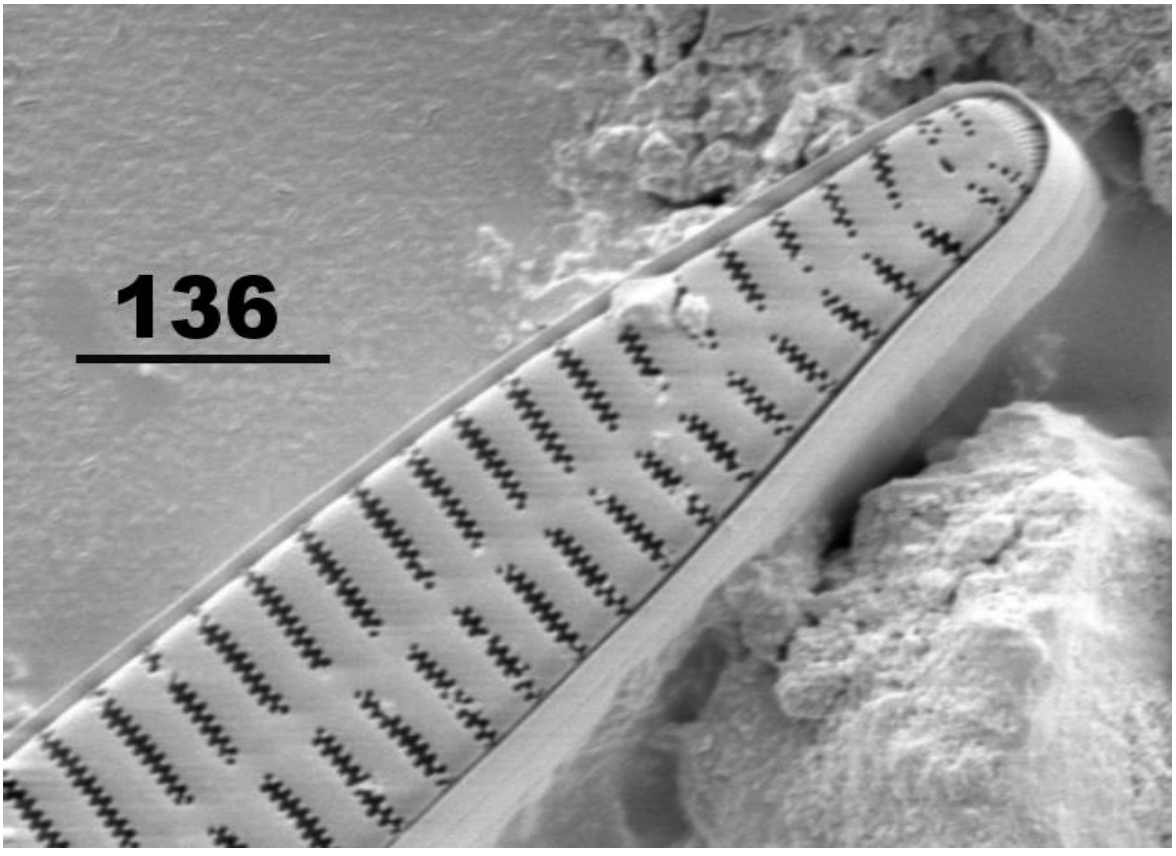

131

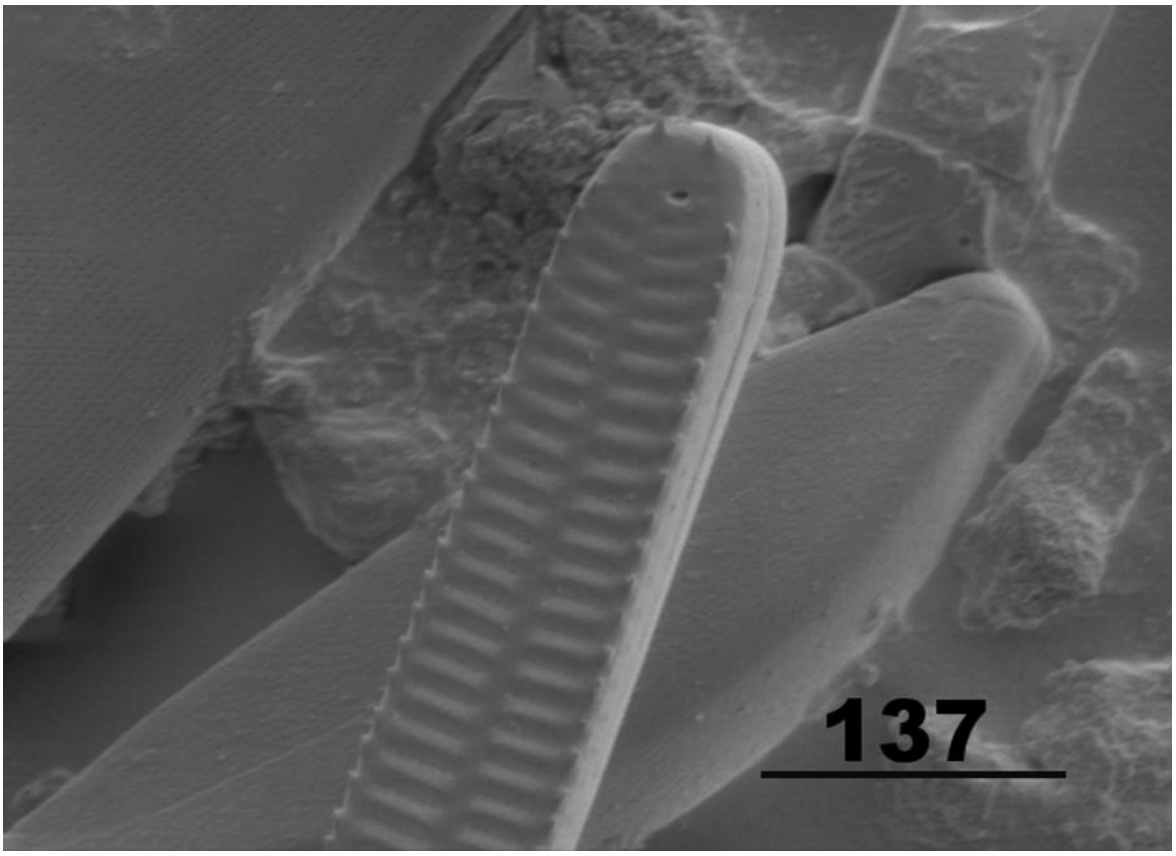

132

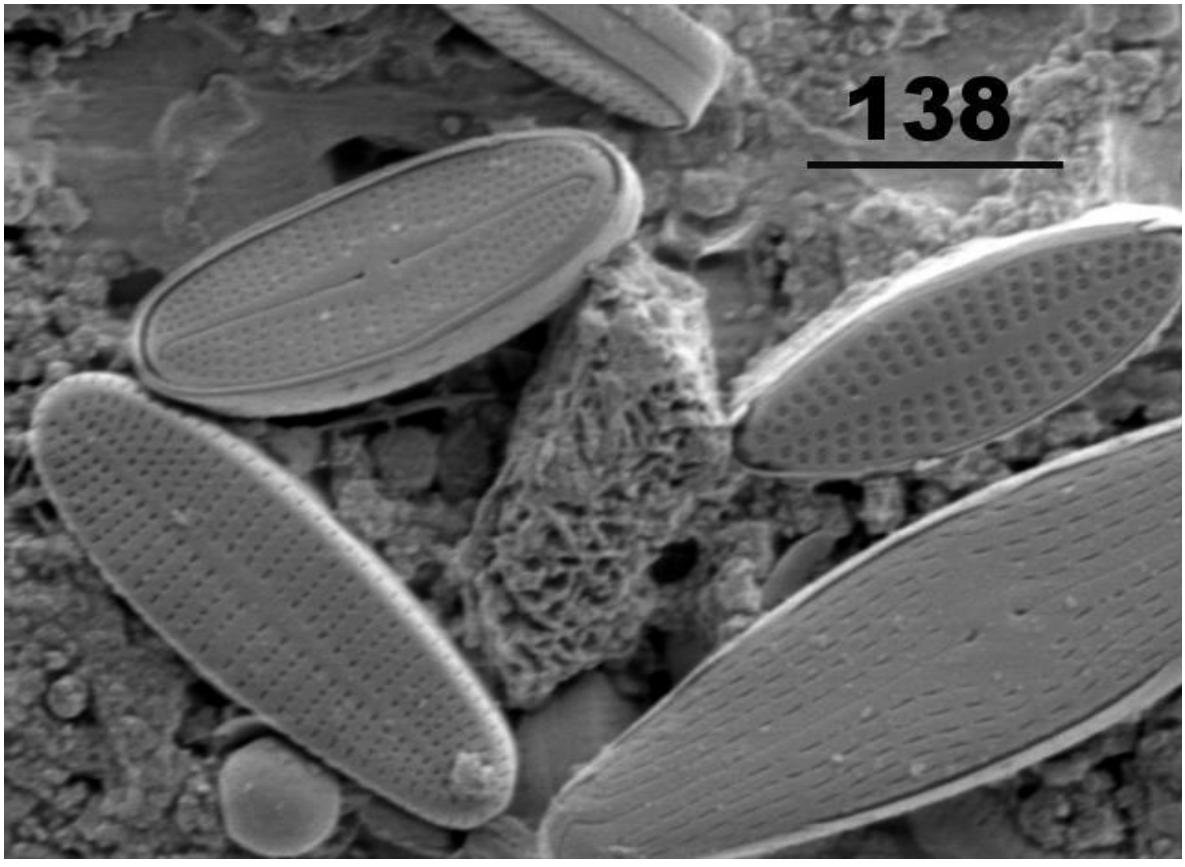

133


134


135


136


137


138