



Ecología

**Diatomeas epifitas consumidas por adultos de abulón (*Haliotis* spp.)
en Baja California Sur, México***Epiphytic diatoms grazed by adult abalone (*Haliotis* spp.) in Baja California Sur, Mexico*David A. Siqueiros-Beltrones^{a,*} y Uri Argumedo-Hernández^b^a Departamento de Plancton y Ecología Marina, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), Av. IPN s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, 23096, 23091 La Paz, Baja California Sur, México^b Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), km 5.5. Carretera al Sur, 23091 La Paz, Baja California Sur, México

Recibido el 16 de junio de 2014; aceptado el 27 de octubre de 2014

Resumen

Con el objetivo de elaborar la lista florística de diatomeas que son consumidas por abulones adultos, se revisaron contenidos intestinales de especímenes silvestres de abulón azul (*Haliotis fulgens*) y amarillo (*H. corrugata*), con la hipótesis de que se encontrarían principalmente formas epifitas, sobre todo de *Macrocystis pyrifera*. Para ello, se hicieron 7 muestreos entre marzo y septiembre de 2012 en La Bocana, BCS, México. En cada muestreo se recolectaron de 4 a 10 especímenes adultos de *H. fulgens* y *H. corrugata*. Los organismos se disecaron para extraer sus contenidos intestinales, los cuales se oxidaron con ácido nítrico y alcohol. Las diatomeas montadas con Pleurax se observaron bajo un microscopio con contraste de fases y óptica planapocromática. Así, se elaboró la primera lista florística de diatomeas consumidas por abulones adultos que incluyó 151 taxa (especies y variedades) y 2 nuevos registros para la región: *Navicula johanrossi* y *Navicula cluthensis*. Entre los 61 géneros identificados, los mejor representados fueron: *Cocconeis* (17 especies), *Navicula* (15), *Amphora* (15) y *Nitzschia* (11); la mayoría fueron formas epifitas, aunque no particularmente de *M. pyrifera*. La alta riqueza de especies observada confirmó que los adultos de *Haliotis* spp. no son selectivos al consumir diatomeas.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

Palabras clave: Abulones adultos; Bacillariophyceae; Contenido intestinal; Florística; Macroalgas

Abstract

In order to construct the floristic list of diatoms that are grazed by adult abalone, we examined gut contents of wild specimens of green (*Haliotis fulgens*) and pink abalone (*H. corrugata*). The hypothesis that mostly epiphytic forms of diatoms, particularly those from *Macrocystis pyrifera* would be found in the gut contents was tested. To do that, 7 samplings were carried out between March and September (2012) at La Bocana, BCS, México. Four to ten specimens of *H. fulgens* and *H. corrugata* ranging from 96 to 173 mm were collected every month approximately. These were dissected and their gut contents extracted, part of which were oxidized in a mixture of commercial alcohol and nitric acid. The cleaned diatoms were mounted on permanent slides using Pleurax mounting media. Diatoms were observed and photographed under a compound microscope with phase contrast and planapochromatic optics. The first floristic list of diatoms that are grazed by adult abalone was thus constructed. This yielded 151 taxa including species and varieties, and 2 new records for the region: *Navicula johanrossi* and *Navicula cluthensis*. The best represented among the 61 identified genera were: *Cocconeis* with 17 species, *Navicula* (15), *Amphora* (15) and *Nitzschia* (11). These were mostly epiphytic forms, albeit not particularly of *M. pyrifera*. The high species richness observed confirms that adult *Haliotis* spp. are not selective when grazing on diatoms.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Keywords: Adult abalone; Bacillariophyceae; Gut contents; Floristics; Macroalgae

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: dsiquei@ipn.mx (D.A. Siqueiros-Beltrones).

Introducción

A finales de la década de 1990, algunas investigaciones científicas se enfocaron en determinar la dieta *in situ* de abulones (*Haliotis* spp.) de la costa occidental de la península de Baja California, México; esto, con la finalidad de generar información sobre sus hábitos alimentarios. La idea aceptada era que la dieta era a base de macroalgas, tanto para juveniles (Guzmán Del Prío, Serviere-Zaragoza y Siqueiros-Beltrones, 2003; Serviere-Zaragoza, García-Hernández y Siqueiros-Beltrones, 2003) como para adultos de abulón (Mazariegos-Villarreal, Casas-Valdez, Siqueiros-Beltrones, Piñón-Gimate y Serviere-Zaragoza, 2012).

No obstante, también se ha reconocido el papel de las diatomeas (Bacillariophyceae) en la dieta de abulones jóvenes y sus poslarvas (Siqueiros-Beltrones, 2000, 2002; Siqueiros-Beltrones y Voltolina, 2000). Así, se han elaborado inventarios sobre las diatomeas disponibles para el consumo de abulones silvestres, e inventarios de las consumidas de facto por juveniles (Siqueiros-Beltrones, Serviere-Zaragoza y Guzmán-Del Prío, 2005; Siqueiros-Beltrones y Valenzuela-Romero, 2001, 2004; Siqueiros-Beltrones, Valenzuela-Romero, Hernández-Almeida, Argumedo-Hernández y López-Fuerte, 2004). A la fecha se han registrado 300 taxa disponibles en los sustratos del ambiente natural del abulón, principalmente formas epifitas de macroalgas; de estas, 150 taxa han formado parte de los contenidos intestinales de juveniles de *Haliotis* spp. (Argumedo-Hernández y Siqueiros-Beltrones, 2010).

Algunos estudios demuestran que las macroalgas consumidas por el abulón en la región occidental de la península de Baja California, tales como *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh conforman un sustrato sobre el que proliferan diatomeas (Siqueiros-Beltrones y Argumedo-Hernández, 2005), las cuales podrían proporcionar elementos nutritivos complementarios e indispensables para los abulones adultos. De acuerdo con esto, surgió la hipótesis de que las diatomeas epifitas juegan un papel importante en la dieta de *Haliotis* spp. (Siqueiros-Beltrones et al., 2004).

Dada la importancia de este recurso, se requiere seguir ampliando la base científica para la adecuada administración de sus poblaciones naturales y en cultivo. Asimismo, acceder eventualmente al contraste de la hipótesis referida. Nuestro objetivo fue conocer cuáles especies de diatomeas son ingeridas por abulones adultos; para ello, se inició la elaboración de una lista representativa de las especies de diatomeas que conforman la dieta de abulones adultos en su ambiente natural.

En este estudio se contrastó la primera hipótesis de que las muestras de diatomeas en contenidos intestinales de adultos de *Haliotis fulgens* Philippi y *H. corrugata* Swainson (fig. 1) estarían conformadas principalmente por formas epifitas; muchas de las cuales serían formas que proliferan sobre láminas de *M. pyrifera*. Asimismo, con base en observaciones previas (Argumedo-Hernández y Siqueiros-Beltrones, 2010; Siqueiros-Beltrones y Argumedo-Hernández, 2012), se contrastó también la segunda hipótesis de que las diatomeas ingeridas *in situ* por abulones adultos representarían la taxocenosis de diatomeas disponibles en el medio natural, dado que estos moluscos no muestran selectividad en el consumo de diatomeas.

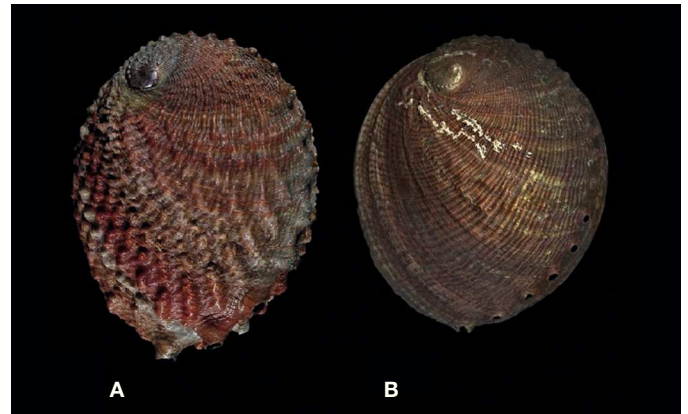


Figura 1. Ejemplares adultos de *Haliotis fulgens* (A) y *H. corrugata* (B) de la costa occidental de la península de Baja California.

Materiales y métodos

Se examinaron los contenidos intestinales de 107 especímenes silvestres de abulón: 57 de abulón azul (*H. fulgens*) y 50 de abulón amarillo (*H. corrugata*). Los especímenes fueron recolectados en la localidad La Bocana en la costa occidental de Baja California Sur (BCS), México (26°44' N, 113°36' O) (fig. 2), durante 7 muestreos realizados entre marzo y septiembre de 2012. En cada fecha, mediante buceo autónomo, se recolectaron a una profundidad de 4 a 12 m, de 4 a 10 especímenes de abulones adultos (azul y amarillo) con tallas de 96 a 173 mm, y un promedio general de 130 mm (tabla 1). Los especímenes de abulón fueron mantenidos 2 a 3 días en los tanques de cultivo de la Cooperativa Progreso de La Bocana, antes de ser transportados en hielo (cubiertos con láminas de *M. pyrifera*) a los laboratorios del CICIMAR-IPN en La Paz, BCS.

Una vez disecados los ejemplares, el intestino se separó y se abrió longitudinalmente con un bisturí; una parte del contenido intestinal se recuperó con una pipeta de plástico (5 ml) y se colocó en un frasco de plástico de 250 ml con alcohol al 80%. Los organismos de la misma especie recolectados en una misma fecha representaron una muestra base, esto es, una muestra compuesta de *H. fulgens* y otra de *H. corrugata* por muestreo.

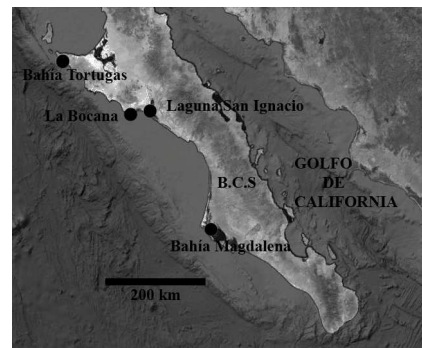


Figura 2. Localización del área de recolecta, La Bocana (recuadro) de especímenes de *Haliotis fulgens* y *H. corrugata* en la costa occidental de la península de Baja California.

Tabla 1
Cantidad de especímenes de *H. fulgens* y *H. corrugata* recolectados en La Bocana por fecha y tallas promedio

Fecha	<i>H. fulgens</i>	Talla (mm)	<i>H. corrugata</i>	Talla (mm)
29 marzo	10	125	10	127
1 mayo	10	114	10	114.5
27 mayo	5	128	5	137
4 julio	10	138	10	141
1 agosto	8	139	8	131
1 septiembre	10	141	3	148
28 septiembre	4	139	4	122

Para la identificación de las diatomeas, se tomaron 5 submuestras (réplicas) de cada muestra base y cada una de ellas se colocó en un tubo de ensayo. La materia orgánica de las frústulas fue oxidada, utilizando una mezcla de muestra, alcohol comercial y ácido nítrico en una proporción de 1:3:5 (Siqueiros-Beltrones y Voltolina, 2000), variando las proporciones de alcohol y ácido, de acuerdo con la cantidad de materia orgánica en cada muestra. Después de la oxidación se hicieron lavados repetidos con agua purificada hasta obtener un pH \geq 6. De cada submuestra se elaboró una laminilla permanente doble (con una repetición) usando la resina sintética Pleurax (IR= 1.7).

Las diatomeas fueron identificadas bajo un microscopio con contraste de fases y óptica planapocromática a 1000 \times y se fotografiaron especímenes representativos para la elaboración de una referencia iconográfica. La identificación se realizó con base en: Cleve-Euler (1968); Desikachary (1988); Foged (1984); Hendey (1964); Hustedt (1959; 1961-1966); López-Fuerte, Siqueiros-Beltrones y Navarro (2010); Peragallo y Peragallo (1908); Round, Crawford y Mann (1990); Schmidt et al. (1874-1959); Siqueiros-Beltrones (2002); Siqueiros-Beltrones y Hernández-Almeida (2006); Siqueiros-Beltrones y Valenzuela-Romero (2001); Siqueiros-Beltrones et al. (2004); Van Heurck (1986); Witkowski, Lange-Bertalot y Metzeltin (2000). Se hicieron actualizaciones nomenclaturales según Algaebase (<http://www.algaebase.org/>) cuando estuvieron disponibles; en caso contrario se incluyó la referencia utilizada.

Resultados

Se identificaron 151 taxa de diatomeas en contenidos intestinales de ambas especies de abulón, incluyendo especies y variedades (tabla 2); el número de taxa varió entre 28 y 61 por muestra. Estos valores son altos e indican una elevada riqueza de especies de diatomeas (S) disponibles en el ambiente, tanto a lo largo del periodo de muestreo como por cada fecha de muestreo. Asimismo, dicha riqueza coincide con los hábitos alimentarios no selectivos de abulones, lo que apoya nuestra segunda hipótesis.

Entre los taxa identificados se encuentran diatomeas formadoras de colonias (*sensu* Round et al., 1990), algunas de las cuales se conservaron formando grumos o cadenas en las preparaciones permanentes (figs. 3-5), habiendo resistido el paso por el tracto digestivo de los abulones y a la oxidación de las muestras con ácido nítrico.

Se identificaron 61 géneros, de los cuales los mejor representados fueron: *Cocconeis* con 17 especies, *Navicula* (15), *Amphora* (15) y *Nitzschia* (11), mismos que comprendieron cerca del 45% de la florística. Nueve taxa no pudieron ser identificados a nivel de especie, pero se sumaron a la riqueza específica. Por otra parte, se encontraron 2 nuevos registros para la región: *Navicula johanrossi* Giffen y *N. cluthensis* Gregory, las cuales fueron poco frecuentes. En la referencia iconográfica (figs. 4-115) se representan 64 taxa (42.38%). El resto de los taxa de diatomeas que aparecen en la lista han sido registradas como epifitas de macroalgas comunes en el ambiente rocoso en donde habitan *Haliotis* spp. del noroeste mexicano, lo que apoya nuestra primera hipótesis.

Discusión

Esta es la primera lista florística de diatomeas que son consumidas *in situ* por abulones adultos de cualquier especie, derivada de un estudio *ex profeso*. Las diatomeas en los contenidos intestinales de los abulones adultos representaron menos de la mitad del número de especies y variedades de diatomeas registradas (S= 322) como alimento potencial de *Haliotis* spp. en la región (Siqueiros-Beltrones et al., 2004). Sin embargo, independientemente de la riqueza de especies de diatomeas disponibles para consumo por abulones en su ambiente natural, el número de especies registradas (151) es muy similar al contabilizado previamente en contenidos intestinales de juveniles de *Haliotis* spp. (150) (Siqueiros-Beltrones et al., 2005; Siqueiros-Beltrones et al., 2004).

La riqueza de especies (S) ha sido frecuentemente utilizada como medida de diversidad (Magurran, 1988) y la registrada aquí refleja una alta diversidad. Asimismo, la (S) observada corresponde con valores altos de diversidad (H' promedio \geq 3.5, calculados para las mismas muestras (Siqueiros-Beltrones, datos no publicados). De acuerdo con los hábitos alimentarios no selectivos de los abulones (Argumedo-Hernández y Siqueiros-Beltrones, 2010; Siqueiros-Beltrones y Argumedo-Hernández, 2012), esta descripción se aplica a la taxocenosis de diatomeas que se hallan disponibles para consumo por abulones en el ambiente natural (rocoso) tanto en La Bocana como en otras localidades costeras de la península de Baja California.

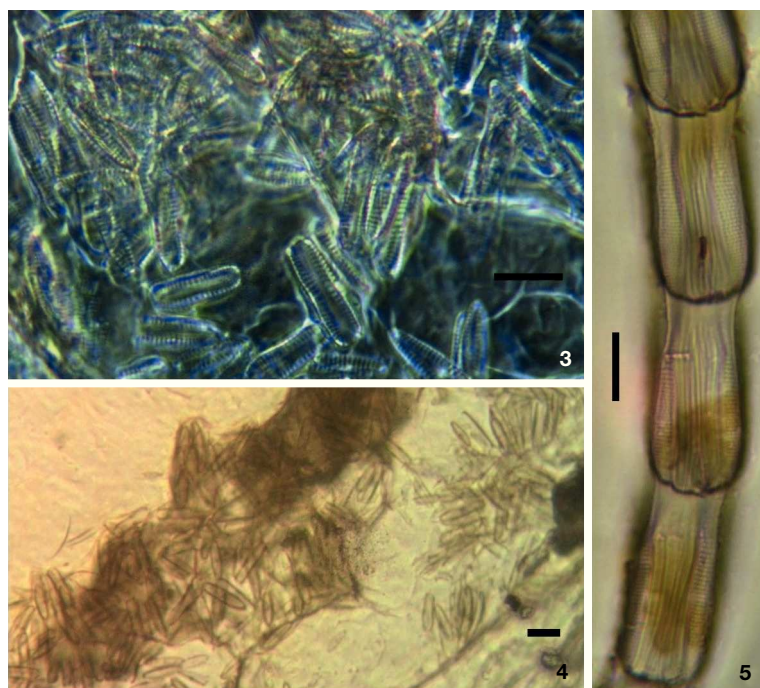
La diferencia entre la riqueza de especies en contenidos intestinales de abulón adulto y lo registrado como disponible en su ambiente (322 taxa) se explicaría porque la última cifra abarca estudios relacionados con la distribución de *Haliotis* spp., los cuales comprenden registros de 2 localidades (bahía Magdalena y bahía Tortugas). Entre estas se aprecian variaciones en la composición y riqueza de macroalgas (Serviere-Zaragoza et al., 2003), que al proporcionar mayor heterogeneidad de sustratos, garantizan una mayor riqueza de especies y diferente composición de especies de diatomeas epifitas (Hernández-Almeida y Siqueiros-Beltrones, 2012).

Por otra parte, en un estudio sobre diatomeas epifitas de *M. pyrifera* (considerado el alimento primordial de estas especies de abulón) se registraron 171 especies y variedades de dia-

Tabla 2
Taxa de diatomeas identificados entre los contenidos intestinales de *Haliotis fulgens* y *H. corrugata* recolectados en La Bocana, BCS de marzo a septiembre de 2012

Taxa	Taxa
1. <i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedium</i> (Kützing) Cleve 1895: 193	77. <i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow (fig. 18)
2. <i>Achnanthes curvirostrum</i> J. Brun	78. <i>Hyalosira delicatula</i> var. <i>gibbosa</i> (Østrup) Witkowski
3. <i>Achnanthes pseudogroenlandica</i> Hendey	79. <i>Hyalosira</i> sp. 1
4. <i>Actinocyclus curvatulus</i> Janisch (fig. 6)	80. <i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh (fig. 71)
5. <i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg (fig. 9)	81. <i>Licmophora communis</i> (Heibeg) Grunow (fig. 83)
6. <i>Actinocyclus adriaticus</i> Grunow (fig. 25)	e <i>Licmophora flabellata</i> (Greville) C. Agardh
7. <i>Actinocyclus aster</i> J. Brun	83. <i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow (fig. 84)
8. <i>Actinocyclus minutus</i> Greville (fig. 28)	84. <i>Licmophora remulus</i> Grunow
9. <i>Actinocyclus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg (fig. 8)	85. <i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann
10. <i>Amphicoconeis disculoides</i> (Hustedt) M. De Stefano et D. Marino	86. <i>Mastogloia acutiuscula</i> Grunow
11. <i>Amphora angusta</i> Gregory (fig. 114)	87. <i>Mastogloia crucicula</i> var. <i>alternans</i> Zanon (fig. 98)
12. <i>Amphora bigibba</i> Grunow	88. <i>Mastogloia pusilla</i> var. <i>subcapitata</i> Hustedt
13. <i>Amphora bigibba</i> var. <i>interrupta</i> (Grunow) Cleve (fig. 110)	89. <i>Melosira nummuloides</i> C. Agardh (fig. 14)
14. <i>Amphora holsaticoides</i> T. Naguma et H. Kobayasi	90. <i>Melosira polaris</i> Grunow (fig. 20). Schmidt, Schmidt, Fricke, Heiden, Muller y Hustedt. (1874-1959). Lam. 179, f. 8
15. <i>Amphora</i> sp. 1	91. <i>Navicula</i> cf. <i>agnita</i> Hustedt (fig. 93)
16. <i>Amphora laevis</i> Gregory	92. <i>Navicula</i> cf. <i>britannica</i> Hustedt. Hendey (1964), p. 195
17. <i>Amphora pediculus</i> (Kützing) A. Grunow ex A. Schmidt	93. <i>Navicula caribaea</i> Cleve. López-Fuerte, Siqueiros-Beltrones y Navarro (2010), p. 38
18. <i>Amphora pusio</i> var. <i>parvula</i> Floegel. Peragallo (1908), p. 199	94. <i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard (figs. 3 y 101)
19. <i>Amphora proteus</i> var. <i>contigua</i> Cleve (figs. 104, 109). Peragallo (1908), p. 201	95. <i>Navicula cluthensis</i> Gregory* (figs. 97 y 99)
20. <i>Amphora wisei</i> (M. M. Salah) R. Simonsen	96. <i>Navicula digito-radiata</i> (Gregory) Ralfs
21. <i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs	97. <i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard (figs. 94, 96)
22. <i>Aulacodiscus affinis</i> Grunow	98. <i>Navicula diversistriata</i> Hustedt (fig. 100). Hustedt (1955), p. 28
23. <i>Bacillaria socialis</i> (Gregory) Ralfs	99. <i>Navicula</i> cf. <i>diserta</i> Hustedt
24. <i>Berkeleya rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow	100. <i>Navicula johanrossii</i> Giffen* (fig. 105)
25. <i>Biddulphia biddulphiana</i> (J. E. Smith) Boyer	101. <i>Navicula longa</i> Gregory Ralfs ex Pritchard (fig. 95)
26. <i>Biddulphia tuomeyii</i> (Bailey) Roper	102. <i>Navicula</i> cf. <i>normalis</i> Hustedt
27. <i>Caloneis linearis</i> (Grunow) Boyer	103. <i>Navicula parva</i> (Ehrenberg) Ralfs (fig. 103)
28. <i>Campylodiscus simulans</i> Gregory (fig. 7)	104. <i>Navicula pavillardii</i> Hustedt
29. <i>Campylopyxis garkeana</i> (Grunow) L. Medlin (figs. 79-80 y 86)	105. <i>Navicula pennata</i> A. Schmidt (fig. 92)
30. <i>Catacombas gallionii</i> (Bory de Sait Vincent) D. M. Williams et Round (fig. 81)	106. <i>Navicula</i> aff. <i>phylleptosoma</i> Lange-Bertalot
31. <i>Cocconeopsis patrickae</i> (Hustedt) Witkowski. Witkowski, Lange-Bertalot y Metzeltin (2000), p. 174	107. <i>Navicula</i> cf. <i>rusticensis</i> Lobban
32. <i>Cocconeis</i> cf. <i>nitens</i> H. Edsbacke	108. <i>Navicula</i> sp. 1
33. <i>Cocconeis convexa</i> M. H. Giffen	109. <i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve
34. <i>Cocconeis costata</i> var. <i>hexagona</i> Grunow (fig. 54)	110. <i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt
35. <i>Cocconeis diminuta</i> Pantocsek	111. <i>Nitzschia constricta</i> W. Gregory (fig. 115). Peragallo (1908), p. 270
36. <i>Cocconeis dirupta</i> W. Gregory (figs. 49, 52, 57 y 65)	112. <i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>genuina</i> Kützing. Cleve-Euler (1952), p. 71
37. <i>Cocconeis dirupta</i> var. <i>flexella</i> (Janisch et Rabenhorst) Cleve	113. <i>Nitzschia distans</i> W. Gregory
38. <i>Cocconeis diruptoides</i> Hustedt	114. <i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow
39. <i>Cocconeis distans</i> W. Gregory	115. <i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>perminutum</i> Grunow
40. <i>Cocconeis guttata</i> Hustedt et Aleem (figs. 53 y 55)	116. <i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch
41. <i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	117. <i>Nitzschia laevis</i> Hustedt. Hustedt (1955), p. 46
42. <i>Cocconeis peltoides</i> Hustedt	118. <i>Nitzschia lanceola</i> Grunow
43. <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow (fig. 48)	119. <i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>subtilis</i> Grunow
44. <i>Cocconeis pseudomarginata</i> Gregory	120. <i>Nitzschia scalpelliformis</i> (Grunow) Grunow. Foged (1984), p. 79
45. <i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg (figs. 44-45, 51, 56, 61-62 y 64)	121. <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh
46. <i>Cocconeis speciosa</i> Gregory (figs. 46-47)	122. <i>Opephora pacifica</i> (Grunow) Petit (fig. 76)
47. <i>Cocconeis sublittoralis</i> Hendey (figs. 59 y 69)	123. <i>Paralia sulcata</i> f. <i>radiata</i> Grunow (figs. 10 y 15)
48. <i>Cocconeis vetusta</i> A. W. F. Schmidt (fig. 58)	124. <i>Parlibellus cruciculoides</i> (C. Brockman) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin
49. <i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	125. <i>Parlibellus hamulifer</i> (Grunow) E. J. Cox (figs. 5 y 106)
50. <i>Cyclotella litoralis</i> Lange et Syvertsen (fig. 11)	126. <i>Planothidium hauckianum</i> (Grunow) Round et Bukhtyarova
51. <i>Cymbellonitzschia</i> sp.	127. <i>Pleurosigma</i> sp. 1
52. <i>Delphineis surirella</i> var. <i>australis</i> (P. Petit) P. M. Tsarenko	128. <i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith
53. <i>Diplomenora cocconeiformis</i> (A. Schmidt) K. L. Blazé	129. <i>Pleurosigma intermedium</i> W. Smith
54. <i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	130. <i>Podosira stelliger</i> (Bailey) D. G. Mann (fig. 19)
55. <i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	131. <i>Proschkinia complanata</i> (Grunow) A. D. G. Mann
56. <i>Diploneis papula</i> (A. W. F. Schmidt) Cleve (fig. 63)	132. <i>Psammodyction</i> sp. 1
57. <i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve	133. <i>Psammodyction nitidus</i> (W. Gregory) Round et D. G. Mann (fig. 12 y 22)
58. <i>Diploneis vacillans</i> var. <i>renitens</i> (A. Schmidt) Cleve	134. <i>Pseudo-nitzschia sicula</i> (Castracane) H. Peragallo
59. <i>Ehrenbergia granulosa</i> (Grunow) Witkowski (figs. 16-17 y 26-27)	135. <i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing
60. <i>Eunotogramma</i> sp. 1	136. <i>Rhaphoneis surirella</i> var. <i>ceylanica</i> (Cleve) Foged (fig. 24)
61. <i>Fallacia litoricola</i> (Hustedt) D. G. Mann	137. <i>Rhoicosphenia adolphii</i> M. Schmidt, Schmidt, Fricke, Heiden, Muller y Hustedt (fig. 77-78)
62. <i>Fogedia finmarchica</i> (Cleve et Grunow) Witkowski, D. Metzeltin et Lange-Bertalot	138. <i>Rhoicosphenia genuiflexa</i> (Kützing) L. K. Medlin (figs. 68 y 69-70)
63. <i>Fragilariopsis pseudonana</i> (Hasle) Hasle	139. <i>Rhoikoneis</i> sp. 1
64. <i>Gephyria media</i> Arnott in C. Johnston	140. <i>Rhopalodia pacifica</i> Krammer
65. <i>Gomphonemopsis pseudoexigua</i> (R. Simonsen) L. K. Medlin (figs. 85 y 88)	141. <i>Seminavis strigosa</i> (Hustedt) Danieleleis et Economou-Amilli
66. <i>Gomphoseptatum aestuarii</i> (Cleve) L. K. Medlin (figs. 72-75)	142. <i>Stauronella</i> sp. 1
67. <i>Grammatophora hamulifera</i> Kützing (figs. 33 y 40)	143. <i>Stephanodiscus</i> cf. <i>niagarae</i> Ehrenberg (fig. 13)
68. <i>Grammatophora gibberula</i> Kützing (figs. 31, 32, 35, 39 y 41-43)	144. <i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh (figs. 82 y 91)
69. <i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing (figs. 30 y 36-37)	145. <i>Tabularia investiens</i> (W. Smith) D. M. Williams et Round (fig. 90)
70. <i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg (figs. 29, 34 y 38)	146. <i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams et Round (figs. 87 y 89)
71. <i>Gyrosigma tenuissimum</i> var. <i>genuinum</i> A. Cleve. Cleve (1968), p. 14.	147. <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky
72. <i>Halamphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov	148. <i>Toxarium undulatum</i> Bailey
73. <i>Halamphora coffeaeformis</i> (C. Agardh) Levkov (figs. 102, 107 y 108)	149. <i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve
74. <i>Halamphora costata</i> (W. Smith) Levkov	150. <i>Trigonium alternans</i> (Bailey) A. Mann (fig. 21)
75. <i>Halamphora hybrida</i> (Grunow) Levkov (fig. 113)	151. <i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli
76. <i>Hantzschia virgata</i> (Roper) Grunow (figs. 111-112)	

* Nuevos registros para el Pacífico mexicano.



Figuras 3-5. Diatomeas en contenidos intestinales de *Haliotis* spp. en la costa oeste de la península de Baja California. 3: cúmulo de *Navicula cincta* entre los contenidos intestinales de *Haliotis* spp., después de la oxidación con ácido nítrico (1000x); 4: misma, pero a 400x; 5: fragmento de una cadena de *Parlibellus hamulifer*. Barra= 10 µm.

tomeas epifitas (Siqueiros-Beltrones y Argumedo-Hernández, 2005), cifra mayor que la encontrada en contenidos intestinales de *Haliotis* spp.; algunos de estos taxa se conservaron formando cúmulos mono-específicos semejantes a grumos registrados en estudios previos (Siqueiros-Beltrones et al., 2005). La presencia de grumos de diatomeas (de una o varias especies) en contenidos intestinales de abulones parece una característica frecuente; es ocasionada quizá por el raspado de la rádula de los abulones sobre las macroalgas. Su permanencia, a pesar de los procesos digestivos de los herbívoros y de la oxidación de las muestras, sugiere que no son aprovechados adecuadamente por abulones.

Por otra parte, estaría implícito en la primera hipótesis que taxa conspicuos registrados previamente en láminas de *M. pyrifera*, como *Climacosphenia monilifera* Ehrenberg y *Cocconeis costata* var. *pacifica* (Grunow) Grunow (Siqueiros-Beltrones, Serviere-Zaragoza y Argumedo-Hernández, 2001, 2002; Siqueiros-Beltrones et al., 2004) aparecerían entre las muestras examinadas. El primer taxón alcanza los 1000 micrómetros de longitud y forma colonias asociadas a otras colonias tubulares de *Navicula* sp.; mientras que el segundo cubría áreas extensas de las láminas. No obstante, ninguno de estos taxa se observó entre los contenidos intestinales. Así, aunque ciertos taxa podrían presentarse solo temporalmente y de manera conspicua sobre *M. pyrifera*, la segunda parte de nuestra primera hipótesis queda refutada por ahora.

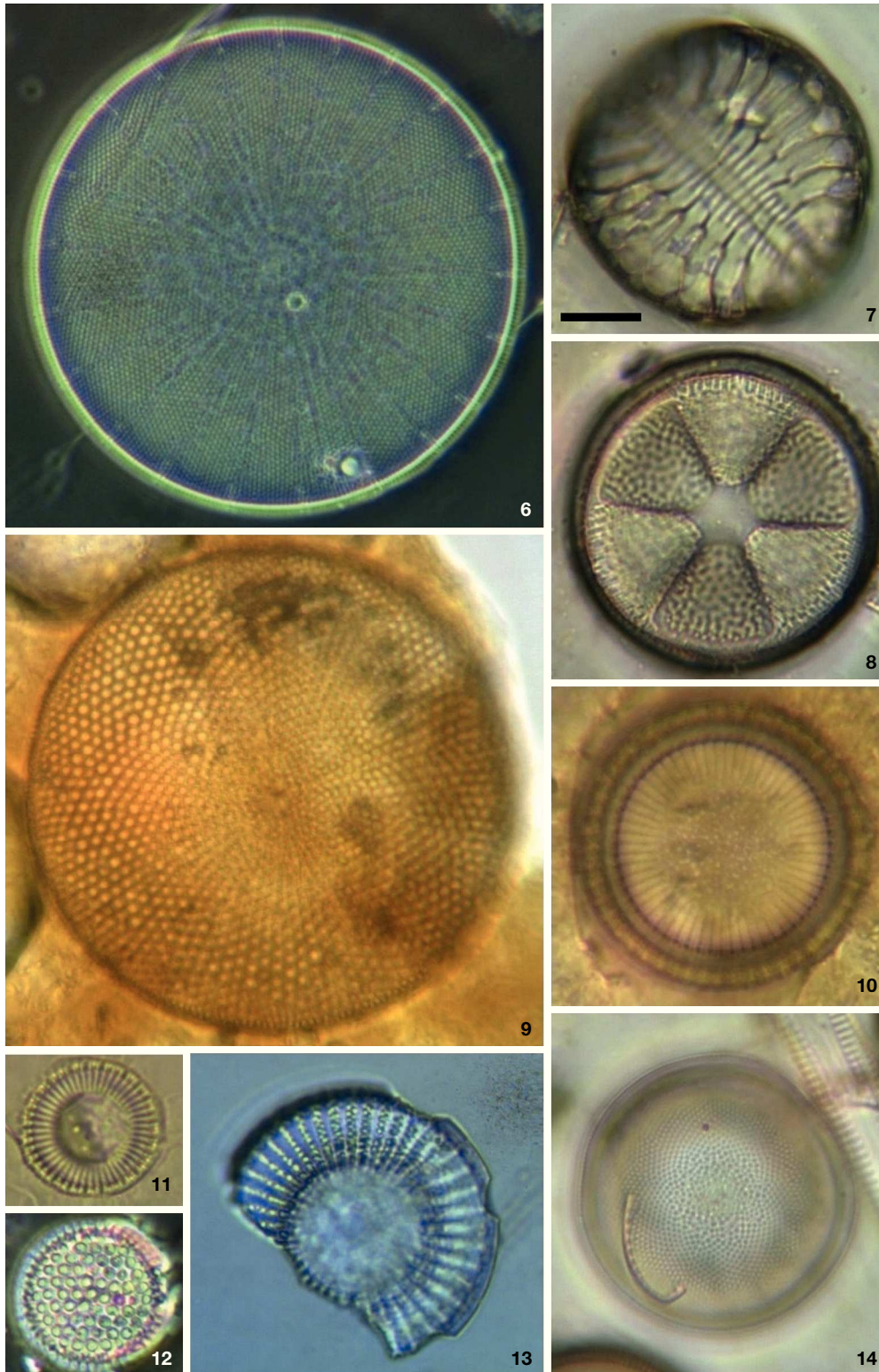
El tiempo que permanecieron los especímenes de abulón en tanques de cultivo antes de ser transportados y disecados pudo alterar la dieta natural; sin embargo, dada la escases del recurso en la región NO de México y las restricciones para su captura comercial o para su investigación, el haber procesado el contenido intestinal proveniente de más de 100 ejemplares propor-

ciona una base inductiva confiable que confirma estas observaciones sobre ecología trófica de abulones y refuerzan la hipótesis acerca de la importancia de las diatomeas en la dieta de los abulones adultos.

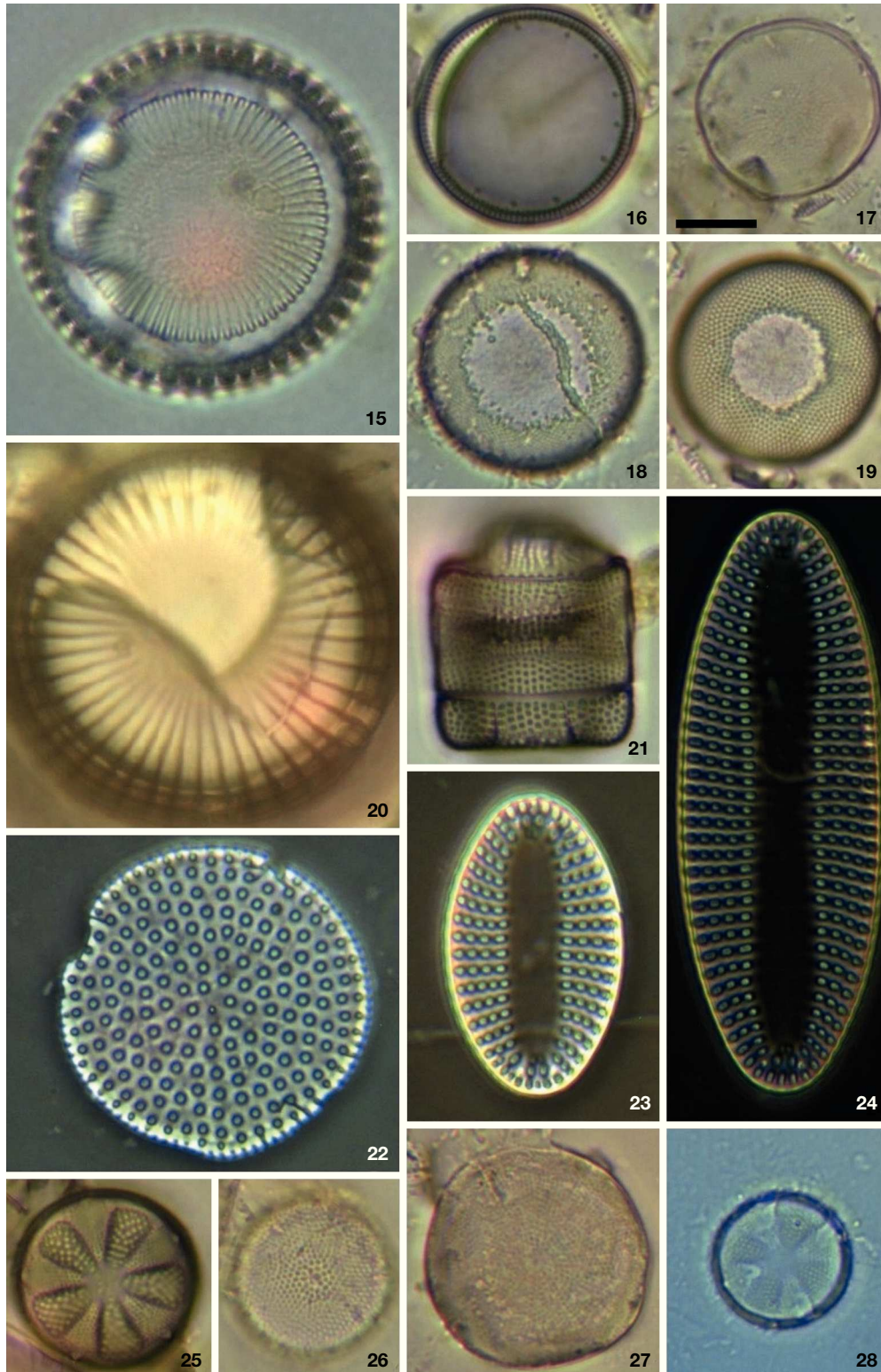
Consecuentemente, se enfatiza que la dieta de abulones adultos (*Haliotis* spp.) no debe estar minimizada al consumo de una o varias especies de macrofitas, sino que implica una amplia riqueza de especies, principalmente de diatomeas y otros taxa que las utilizan como sustrato. De esta manera, los resultados de nuestro estudio constituyen una primera referencia florística *ex profeso* que puede ser utilizada de manera confiable en el manejo del recurso abulón en cuanto a las estrategias para su cultivo.

Agradecimientos

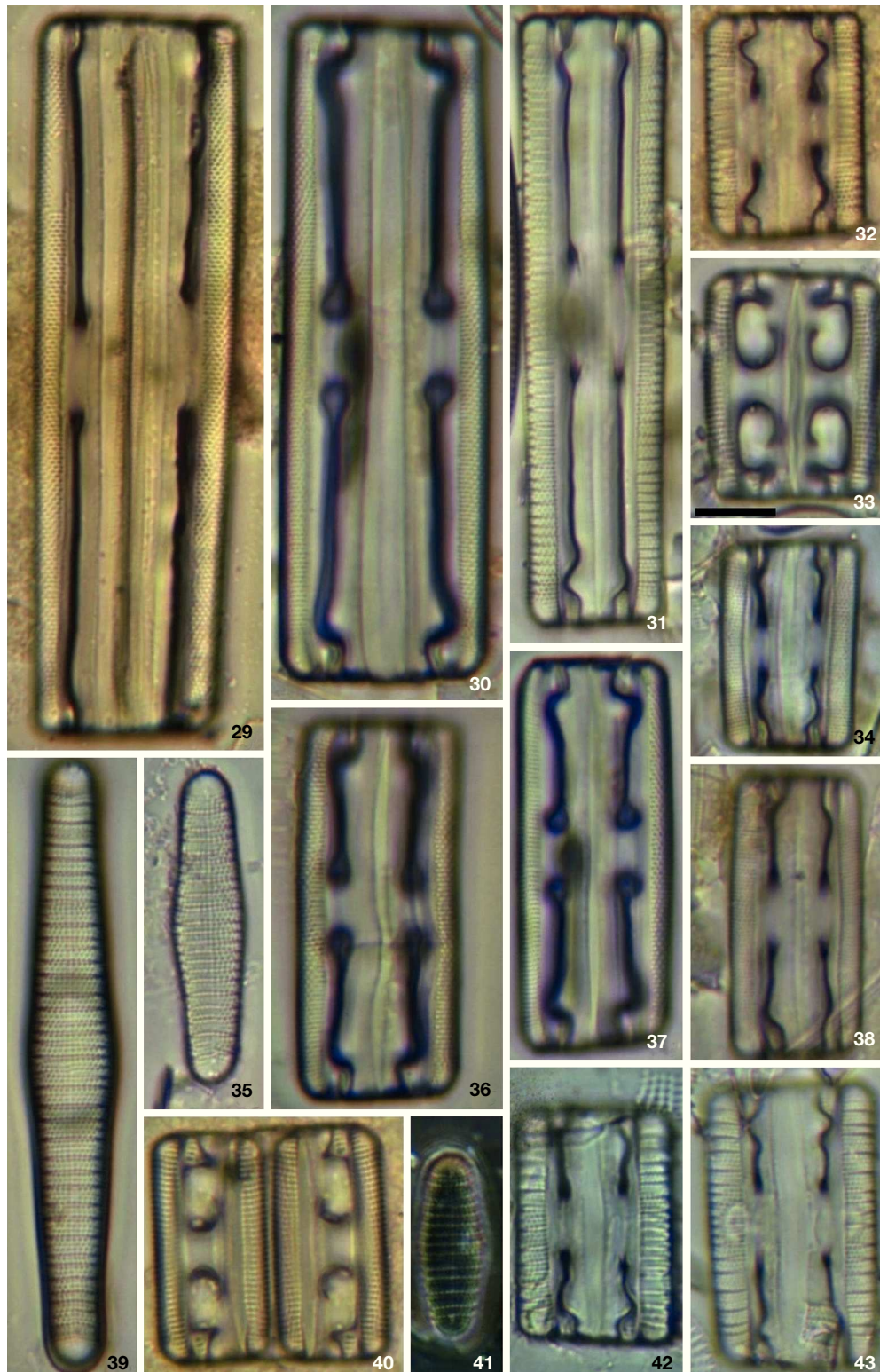
Agradecemos a la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN el apoyo otorgado mediante el proyecto: SIP-20130868. Nurenskaya Vélez y Federico García fungieron como enlace (proyectos SIP 20121218; SIP 20130751) en la adquisición de los abulones de parte de la Cooperativa Progreso en La Bocana, BCS, a través del proyecto del CRIP, Unidad La Paz: "Diagnóstico sobre la disminución de las poblaciones de abulón en la costa occidental de la Península de Baja California y estrategias para atenuar los impactos negativos" financiado por SAGARPA-Conacyt. Agradecemos la revisión de 2 árbitros anónimos a un manuscrito anterior, así como a los 2 revisores de esta versión por sus minuciosas observaciones. El primer autor es becario de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas y Estímulos al Desempeño de los Investigadores del Instituto Politécnico Nacional.



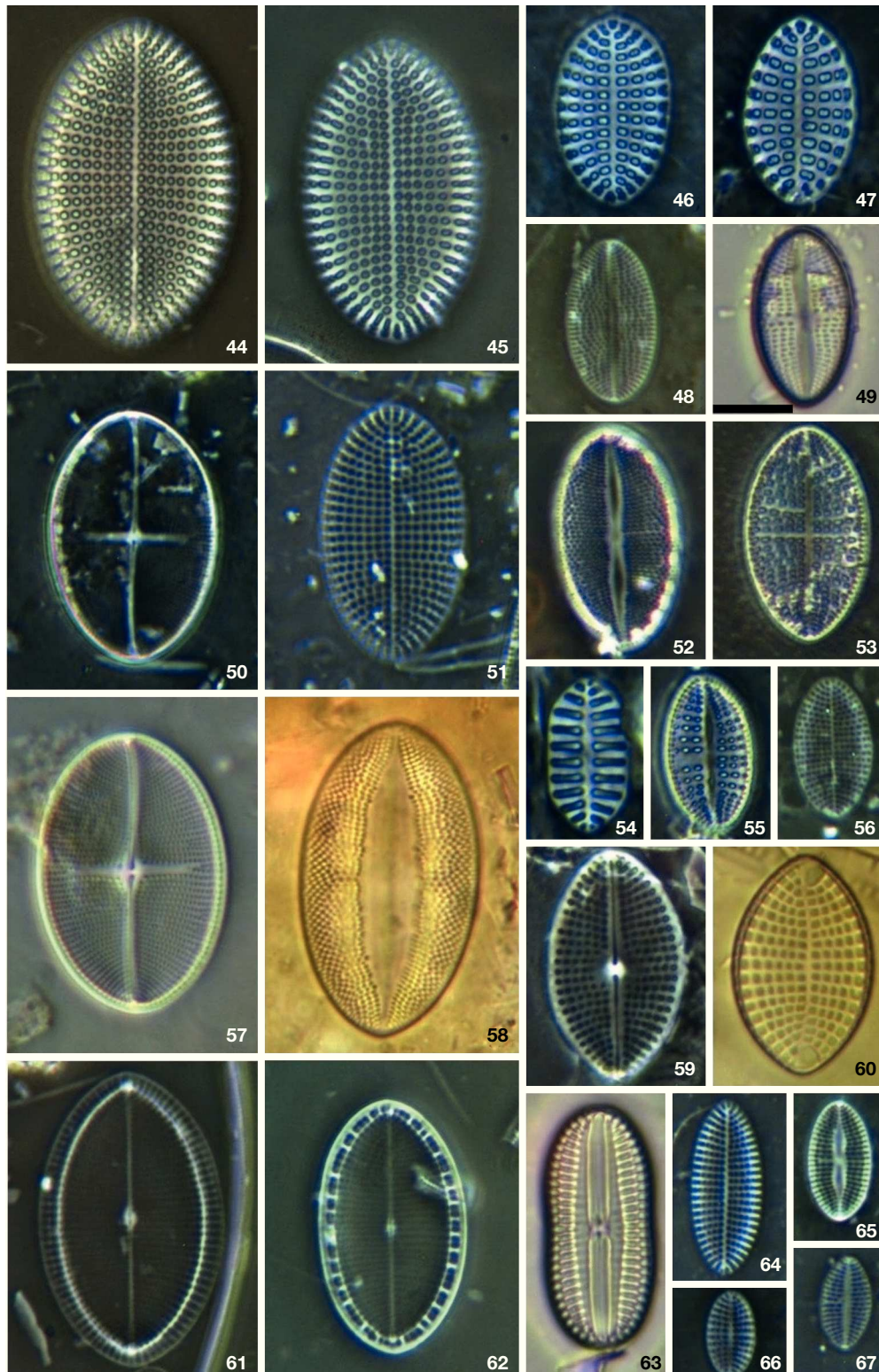
Figuras 6-14. Diatomeas en contenidos intestinales de *Haliotis* spp. en la costa oeste de la península de Baja California. 6: *Actinocyclus curvatulus*; 7: *Campylodiscus simulans*; 8: *Actinoptychus senarius*; 9: *Actinocyclus octonarius*; 10: *Paralia sulcata* f. *radiata*; 11: *Cyclotella litoralis*; 12: *Psammodiscus nitidus*; 13: *Stephanodiscus* cf. *niagarae*; 14: *Melosira numuloides*. Barra= 10 µm.



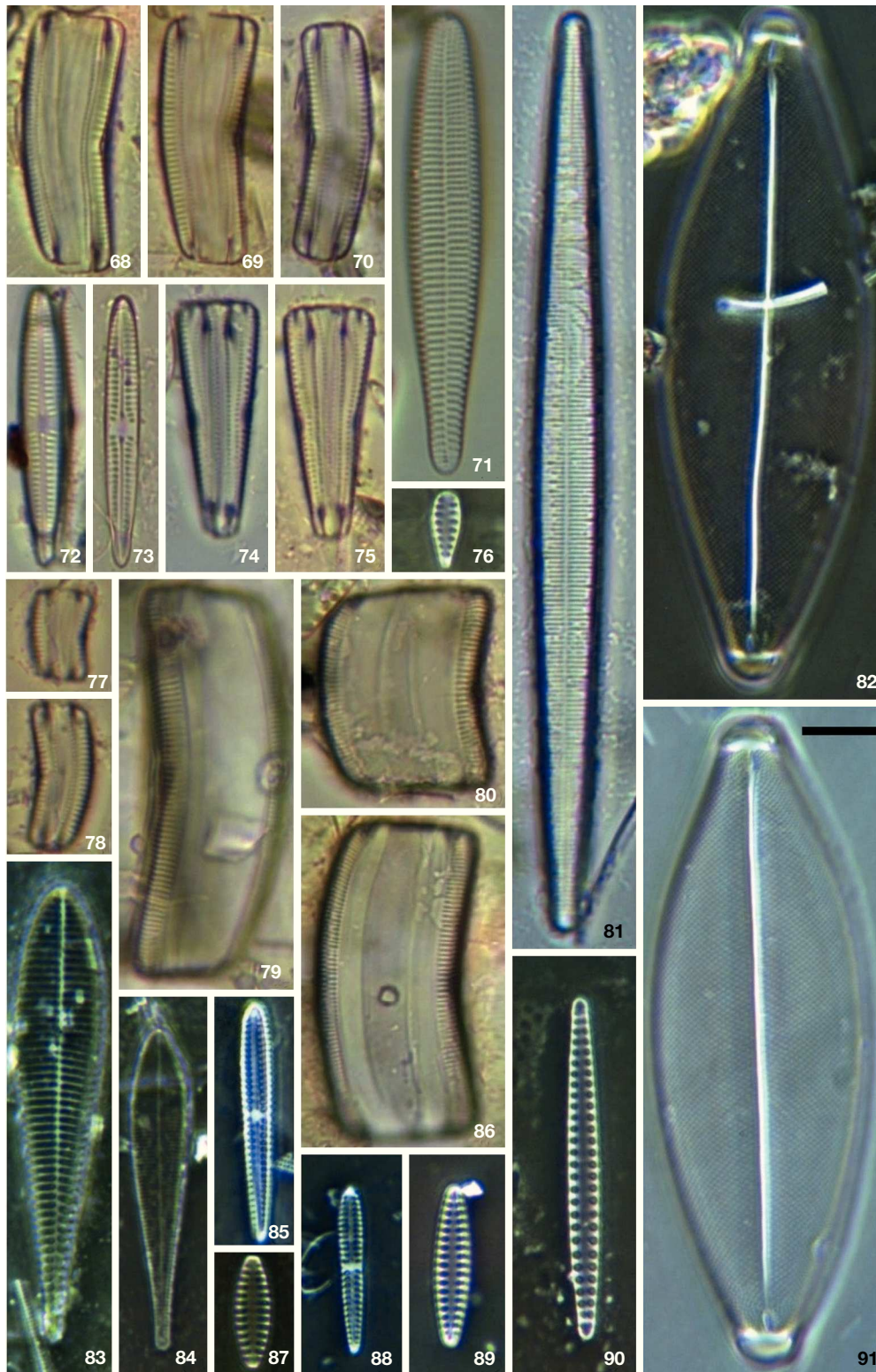
Figuras 15-28. Diatomeas en contenidos intestinales de *Haliotis* spp. en la costa oeste de la península de Baja California. 15: *Paralia sulcata* f. *radiata*; 16, 17, 26, 27: *Ehrenbergia granulosa*; 18: *Hyalodiscus scoticus*; 19: *Podosira stelliger*; 20: *Melosira polaris*; 21: *Trigonium alternans*; 22: *Psammodiscus nitidus*; 23: *Delphineis surirella* var. *australis*; 24: *Raphoneis surirella* var. *ceylanica*; 25: *Actinoptychus adriaticus*; 28: *Actinoptychus minutus*. Barra= 10 μ m.



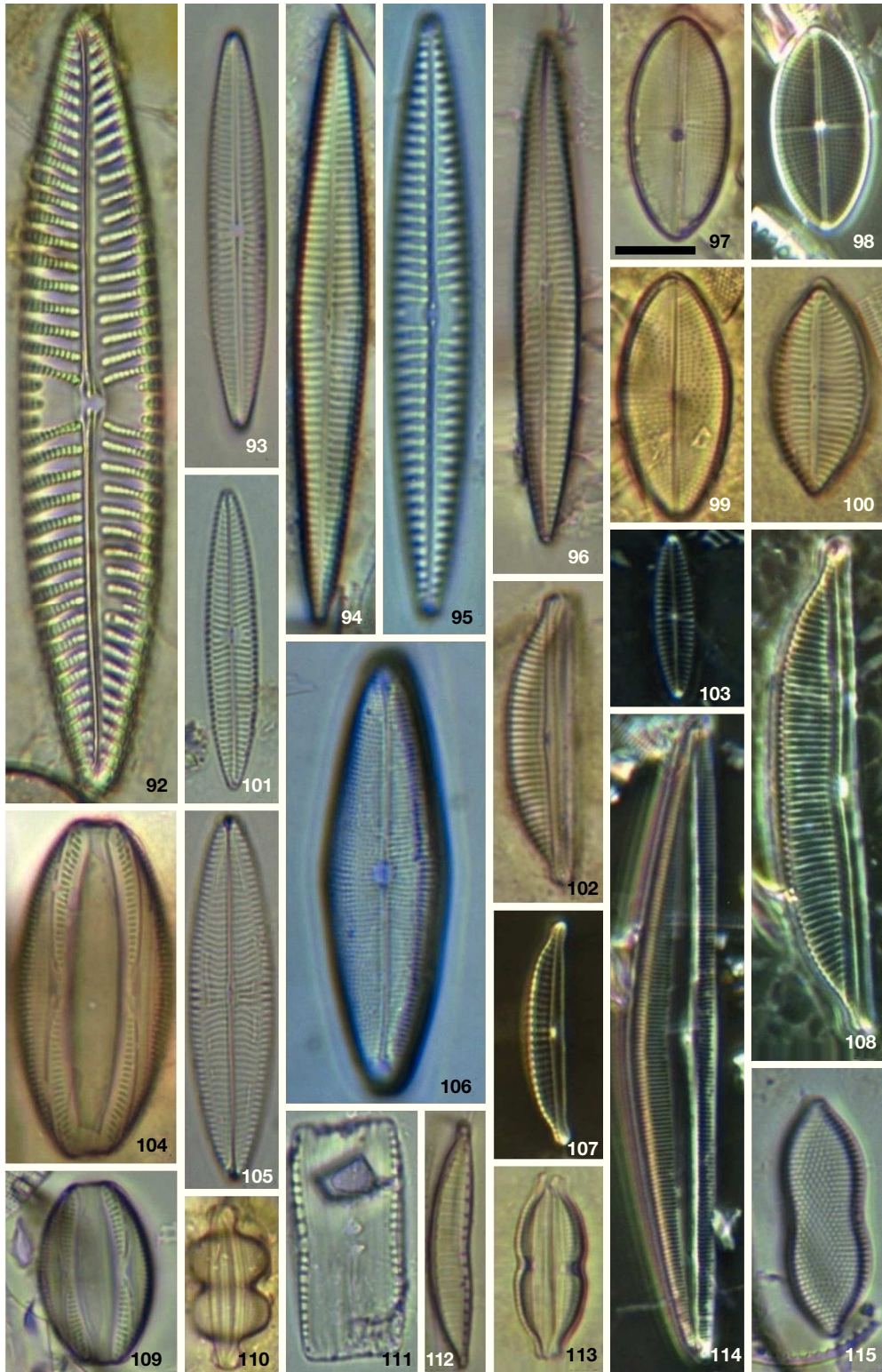
Figuras 29-43. Diatomeas en contenidos intestinales de *Haliotis* spp. en la costa oeste de la península de Baja California. 29, 34, 38: *Grammatophora oceanica*; 30, 36-37: *Grammatophora marina*; 31-32, 35, 39, 41-43: *Grammatophora gibberula*; 33, 40: *Grammatophora hamulifera*. Barra= 10 μ m.



Figuras 44-67. Diatomeas en contenidos intestinales de *Haliotis* spp. en la costa oeste de la península de Baja California. 44-45, 51, 56, 61-62, 64: *Cocconeis scutellum*; 46-47: *Cocconeis speciosa*; 48: *Cocconeis placentula* var. *euglypta*; 49, 52, 57, 65: *Cocconeis dirupta*; 53, 55: *Cocconeis guttata*; 54: *Cocconeis costata* var. *hexagona*; 58: *Cocconeis vetusta*; 59-60: *Cocconeis sublitoralis*; 63: *Diploneis papula*. Barra= 10 μ m.



Figuras 68-91. Diatomeas en contenidos intestinales de *Haliotis* spp. en la costa oeste de la península de Baja California. 68-70: *Rhoicosphenia genuflexa*; 71: *Licmophora abbreviata*; 72-75: *Gomphoseptatum aestuarii*; 76: *Opephora pacifica*; 77, 78: *Rhoicosphenia adolphii*; 79-80, 86: *Campylopyxis garkeana*; 81: *Catacombas gaillioni*; 82, 91: *Striatella unipunctata*; 83: *Licmophora communis*; 84: *Licmophora gracilis*; 85, 88: *Gomphonemopsis pseudexigua*; 87, 89: *Tabularia tabulata* var. *fasciculata*; 90: *T. investiens*. Barra= 10 μ m.



Figuras 92-115. Diatomeas en contenidos intestinales de *Haliotis* spp. en la costa oeste de la península de Baja California. 92: *Navicula pennata*; 93: *Navicula* cf. *agnita*; 94, 96: *Navicula directa*; 95: *Navicula longa*; 97, 99: *Navicula cluthensis*; 98: *Mastogloia crucicula* var. *alternans*; 100: *Navicula diversistriata*; 101: *Navicula cincta*; 102, 107-108: *Halamphora coffeaeformis*; 103: *Navicula parva*; 104, 109: *Amphora proteus* var. *contigua*; 105: *Navicula johanssoni*; 106: *Parlibellus hammulifer*; 110: *Amphora bigibba* var. *interrupta*; 111-112: *Hantzschia virgata*; 113: *Halamphora hybrida*; 114: *Amphora angusta*; 115: *Nitzschia constricta*. Barra= 10 μ m.

Referencias

- Argumedo-Hernández, U. y Siqueiros-Beltrones, D. A. (2010). Non selective *in situ* grazing of diatoms by juvenile green abalone (*Haliotis fulgens* Philippi, 1945). *Hidrobiológica*, 20, 13–19.
- Cleve-Euler, A. (1968). *Die diatomeen von schweeden un finnland*. En Verlag von Kramer (Ed.), *Bibliotheca Phycologica, Band 5* (963 p.). New York: Wheldon y Wesley (Capítulos I-V).
- Desikachary, T. V. (1988). *Atlas of diatoms. Fasc. IV*. Madrás (Chennai), India: Science Foundation.
- Foged, N. (1984). *Freshwater and littoral diatoms from Cuba*. Vaduz: J. Cramer.
- Guzmán Del Prío, S. A., Serviere-Zaragoza, E. y Siqueiros-Beltrones, D. (2003). Natural diets in young abalone, *Haliotis fulgens* and *H. corrugata* (Mollusca: Gastropoda) in Bahía Tortugas, B. C. S., México. *Pacific Science*, 57, 319–324.
- Hendey, I. N. (1964). *An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms)*. *Fishery Investigation. Series IV*. Londres: HMSO.
- Hernández-Almeida, O. U. y Siqueiros-Beltrones, D. A. (2012). Substrate dependent differences in the structure of epiphytic vs. epilithic diatom assemblages from the southwestern coast of the Gulf of California. *Botanica Marina*, 55, 149–159.
- Hustedt, F. (1959). Die kieselalgen Deutschlands, Osterreichs and der Schweiz. En L. Rabenhorts (Ed.), *Kryptogammen-Flora. VII Band, II Teil* (845 p.). Leipzig: Koeltz Scientific Book (reimp. 1991).
- Hustedt, F. (1961-1966). Die kieselalgen Deutschlands, Osterreichs and der Schweiz. En L. Rabenhorts (Ed.), *Kryptogammen-Flora. VII Band, III Teil*. (916 p.). Leipzig: Koeltz Scientific Book.
- López-Fuerte, F. O., Siqueiros-Beltrones, D. A. y Navarro, N. (2010). *Benthic diatoms associated with mangrove environments in the northwest region of Mexico*. La Paz: Conabio-UABCS-IPN.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurements*. Londres: Princeton University.
- Mazariegos-Villarreal, A., Casas-Valdez, M., Siqueiros-Beltrones, D. A., Piñón-Gimate, A. y Serviere-Zaragoza, E. (2012). Changes in the natural diet of green abalone (*Haliotis fulgens* Philippi 1845), during the 1997-1998 ENSO, in Baja California Sur, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 31, 795–800.
- Peragallo, H. y Peragallo, M. (1908). *Diatomees marines de France et des districts marines voisins*. M. J. Tempère. France: Grez-sur-Loing.
- Round, F. E., Crawford, R. M. y Mann, D. G. (1990). *The Diatoms*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schmidt, A., Schmidt, M., Fricke, F., Heiden, H., Muller, O. y Hustedt, F. (1874-1959). *Atlas der diatomaceenkunde*. Heft 1-120, Tafeln 1-460. Reiland, Leipzig, 208 p.
- Serviere-Zaragoza, E., García-Hernández, V. y Siqueiros-Beltrones, D. A. (2003). Distribution of macroalgae associated to abalone (*Haliotis* spp.) habitats in Baja California Sur, México. *Bulletin of Marine Science*, 73, 725–740.
- Siqueiros-Beltrones, D. (2000). Benthic diatoms associated to abalone (*Haliotis* spp.) on a rocky substratum from Isla Magdalena, Baja California Sur, México. *Oceánides*, 15, 35–46.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. (2002). *Diatomeas bentónicas de la Península de Baja California; diversidad y potencial ecológico*. *Oceánides/ CICIMAR-IPN/UABCS*. 102 p. ISBN 970-18-7595-8.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y Argumedo-Hernández, U. (2005). Florística de diatomeas epifitas en láminas apicales de *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. *CICIMAR-Oceánides*, 20, 37–63.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y Argumedo-Hernández, U. (2012). Diversidad de diatomeas en la dieta *in situ* de *Chiton virgulatus* Sowerby, 1840 (Mollusca: Polyplacophora) de Baja California Sur. *Hidrobiológica*, 22, 267–281.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y Hernández-Almeida, O. U. (2006). Florística de diatomeas epifitas en macroalgas de un manchón subtropical. *CICIMAR-Oceánides* 21, 11–61.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., Serviere-Zaragoza, E. y Argumedo-Hernández, U. (2001). First record of the diatom *Cocconeis notata* Petit living inside the hydrotheca of a hydrozoan epiphyte of *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. *Oceánides*, 16, 135–138.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., Serviere-Zaragoza, E. y Argumedo-Hernández, U. (2002). Epiphytic diatoms of *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. from the Baja California peninsula. *Oceánides*, 17, 3–39.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., Serviere-Zaragoza, E. y Guzmán-Del Prío, S. (2005). Main diatom taxa in the natural diet of juvenile *Haliotisfulgens* and *H. corrugata* (Mollusca: Gastropoda) from Bahía Tortugas and Bahía Asunción, B. C. S., México. *Pacific Science*, 59, 581–592.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y Valenzuela-Romero, G. (2001). New records of benthic diatoms from natural grazing surfaces of abalone (*Haliotis* spp.) in the Baja California Peninsula. *Oceánides*, 16, 107–126.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y Valenzuela-Romero, G. (2004). Benthic diatom assemblages in an Abalone (*Haliotis* spp.) Habitat in the Baja California Peninsula. *Pacific Science*, 58, 435–446.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., Valenzuela-Romero, G., Hernández-Almeida, O., Argumedo-Hernández, U. y López-Fuerte, F. O. (2004). Catálogo iconográfico de diatomeas de hábitat rocosos y su incidencia en la dieta de abulones (*Haliotis* spp.) jóvenes de Baja California Sur, México. *CICIMAR-Oceánides*, 19, 1–79.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y Voltolina, D. (2000). Grazing selectivity of red abalone *Haliotis rufescens* poslarvae on benthic diatom films under culture conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31, 239–246.
- Van Heurck. (1986). *A treatise on the diatomaceae*. Londres: Wheldon y Wesley Hd. y Verlag Kramer.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. y Metzeltin, D. (2000). *Diatom flora of Marine coast I*. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G.