

**ULTRAESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN DE LA DIATOMEA  
RHOPALODIA ACUMINATA KRAMMER, EN LOS HUMEDALES DE  
VENTANILLA, CALLAO, PERÚ**  
**ULTRASTRUCTURE AND DISTRIBUTION OF THE DIATOM  
RHOPALODIA ACUMINATA KRAMMER, IN THE WETLANDS OF  
VENTANILLA, CALLAO, PERU**

Hugo A. Yucra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Federico Villarreal, Laboratorio de Ecofisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Lima.  
Correo electrónico: hugo\_hay1@hotmail.com

**ABSTRACT**

The frustule and girdle ultrastructure of the diatom *Rhopalodia acuminata* Krammer, were studied using light and electron microscopy and its distribution and abundance was assessed at eight sampling sites chosen in the Wetlands of Ventanilla from January to August 2004 and January to August 2005, collecting a series sediment samples. *R. acuminata* presented wide distribution in the all the sampling sites; showed to be adapted to alkaline, brackish and salt waters, and wide variation of oxygen, temperature and conductivity caused by the water regime. The main morphological variability was found in the valve outline and raphe shape of some specimens that differed from the typical diatom shape.

**Key words:** distribution, frustule, ultrastructure, wetlands.

**RESUMEN**

Se da a conocer la ultraestructura del frústulo y del cingulum mediante microscopía de luz transmitida y electrónica de la diatomea *Rhopalodia acuminata* Krammer, así como su distribución y abundancia en 8 estaciones de muestreo pertenecientes a los humedales de Ventanilla durante el período de enero-agosto 2004 y enero-agosto 2005, colectándose muestras cualitativas de sedimento superficial. La diatomea *R. acuminata* presentó una amplia distribución en los 8 espejos de agua monitoreados en los humedales de Ventanilla y se encuentra adaptada a sus aguas alcalinas, salobres a salinas, así como a las fuertes variaciones de oxígeno, temperatura y conductividad eléctrica ocasionadas por las variaciones del régimen hídrico. La variabilidad morfológica observada en el material de Ventanilla se presentó fundamentalmente en el contorno valvar y la forma del rafe observada en algunos ejemplares que difieren de forma típica.

**Palabras claves:** distribución, frústulo, ultraestructura, humedales.

## INTRODUCCION

O. Müller (1897) fue el primero en introducir el nombre de género *Rhopalodia*, la cual fue descrita por Krammer in Krammer & Lange-Bertalot (1997 a, b). Esta diatomea pertenece a la familia Rhopalodiaceae y se caracteriza por presentar valvas semilanceoladas con costas marginales transapicales y cingulum complejo con bandas no engranadas. El presente estudio tiene por finalidad dar a conocer la ultraestructura de la valva y el cingulum de *Rhopalodia acuminata* así como su distribución y abundancia en los humedales de Ventanilla, Callao, Perú.

## MATERIALES Y MÉTODO

El material de estudio fue colectado en los Humedales de Ventanilla situado en el distrito del mismo nombre, Provincia Constitucional del Callao, departamento de Lima, Perú. Se realizó un total de 13 colectas durante el período de enero-agosto 2004 y enero-agosto 2005 en 8 estaciones de muestreo a los cuales se les denominó estación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 con una frecuencia mensual a irregular (Fig. 1).

Se colectaron en total 104 muestras de sedimento superficial con un succionador de plástico. La materia orgánica de los frústulos fue eliminada con Lanosterim (100 vol) y ácido muriático comercial siguiendo las recomendaciones propuestas por Hasle & Fryxell (1970) y las preparaciones se fijaron con Z-rax (IR = 1,74) según Hasle (1978) para su observación al microscopio compuesto de luz transmitida y electrónico de barrido. El microscopio de luz transmitida empleado fue un Carl Zeiss modelo Axiostar plus con objetivo de 100X (AN= 1,25) del laboratorio de Ecofisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Las observaciones al microscopio electrónico de barrido fueron realizadas en el microscopio electrónico digital de barrido SEM xl 30TMP

New Look de Phillips® equipado con detector de electrones retrodispersador y microanalizador EDAX DH-41 de la E.A.P de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de San Marcos. La terminología empleada es la propuesta por Anonymous (1975) y Ross et al. (1979). El material diatomológico preparado está depositado en la colección diatomológica personal del autor identificado con las siglas DIAT-YUCRA.

La temperatura del agua se registró *in situ* en cada estación de muestreo con un termómetro de mercurio con escala de 0° a 100° C. El pH y conductividad se midieron en el laboratorio con un pH-metro y conductímetro marca HANNA®, respectivamente. El oxígeno disuelto se midió por el método de Winkler (Jimeno 1998).

Para describir la distribución espacio temporal se siguió el concepto de distribución de Braun-Blanquet (1979). La abundancia relativa se realizó siguiendo la escala establecida por Whitehead & Bohaty (2003) a 1000X de aumento. R = Raro: 3 valvas por travesera longitudinal y menor a 1 valva por 10 campos de vista; P= Poco: menor igual a 1 valva por 10 campos de vista y menor 1 valva por campo de vista; C = Común: 1 a 10 valvas por campo de vista; A = Abundante: mayor a 10 valvas por campo de vista.

## RESULTADOS

### Descripción de la especie

DIVISIÓN BACILLARIOPHYTA  
Clase Bacillariophycidae  
Sub clase Bacillariophycidae  
Orden Rhopalodiales  
Familia Rhopalodiaceae (karsten)  
Topachevs'kyj & Oksiyuk, 1960  
Género *Rhopalodia* O. Müller, 1897  
*Rhopalodia acuminata* Krammer in Lange-Bertalot & krammer 1987  
Fig.2-10.

Krammer & Lange-Bertalot (1997 a, b):  
pág.162, lám.111A, fig. 8; lám.112, fig. 7-10,  
Lám. 113, fig. 1-3.

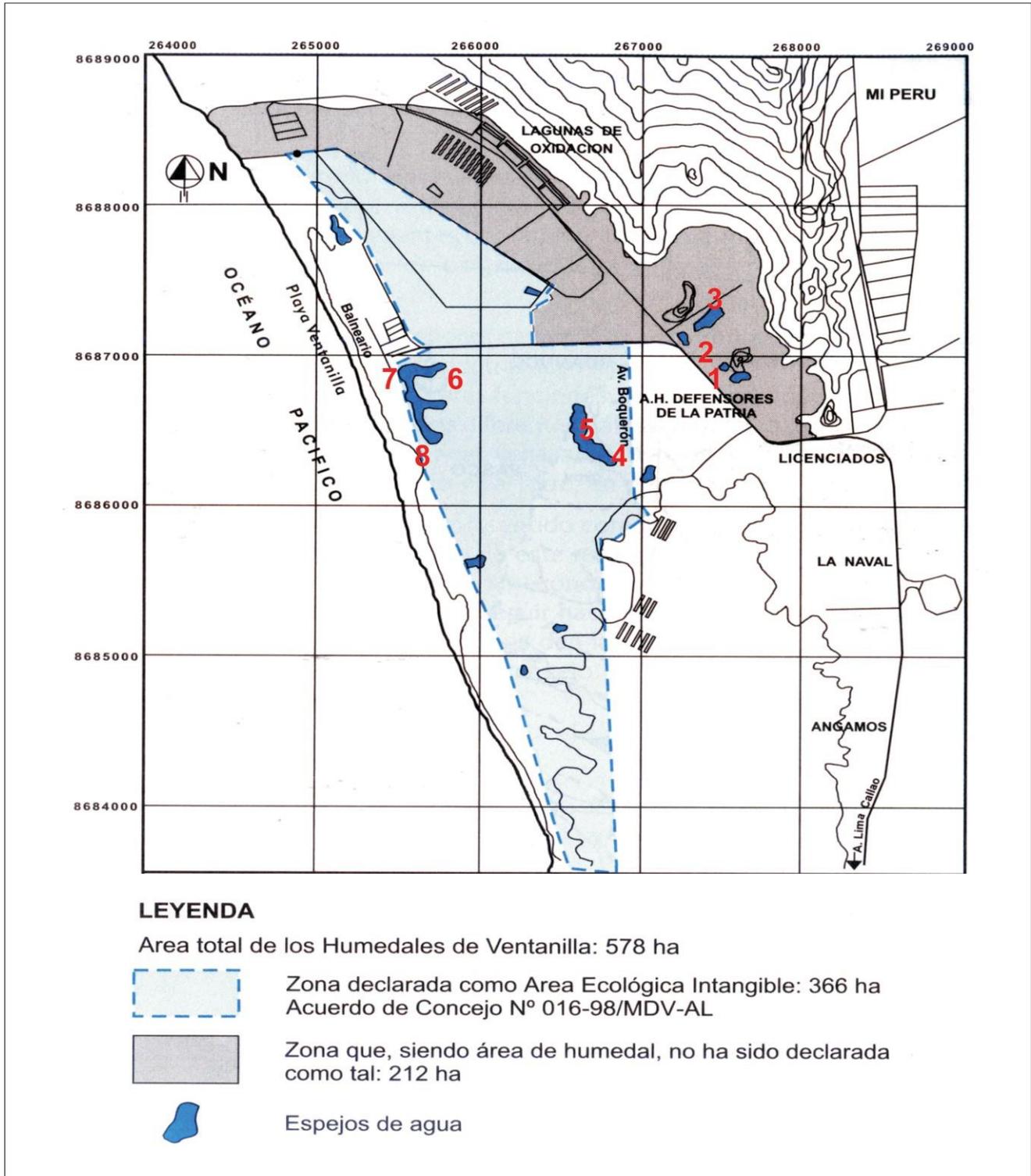
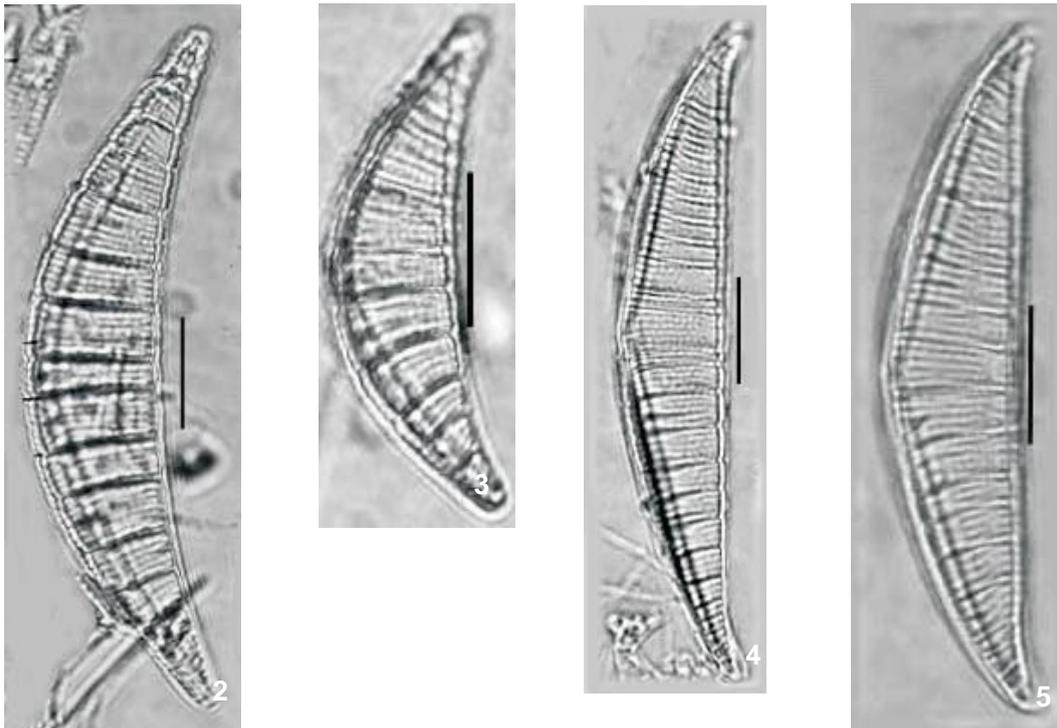
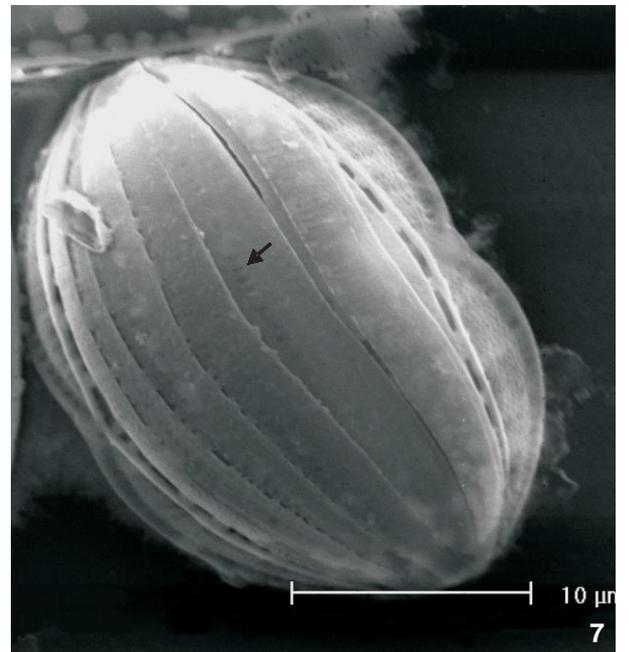
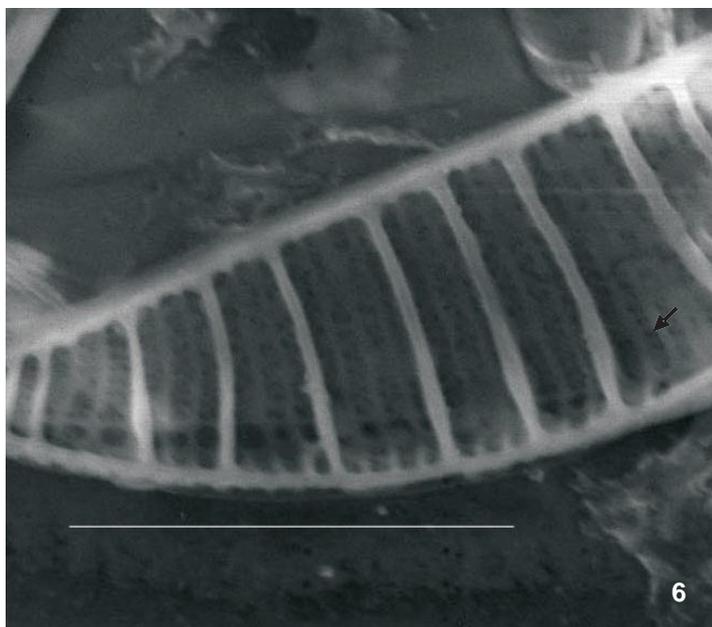


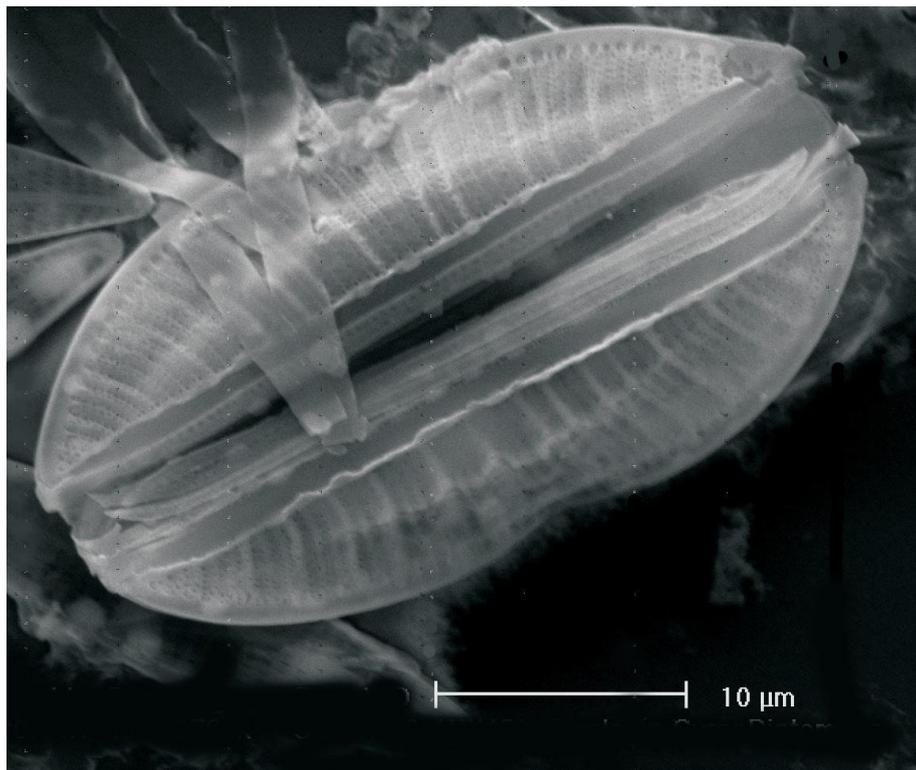
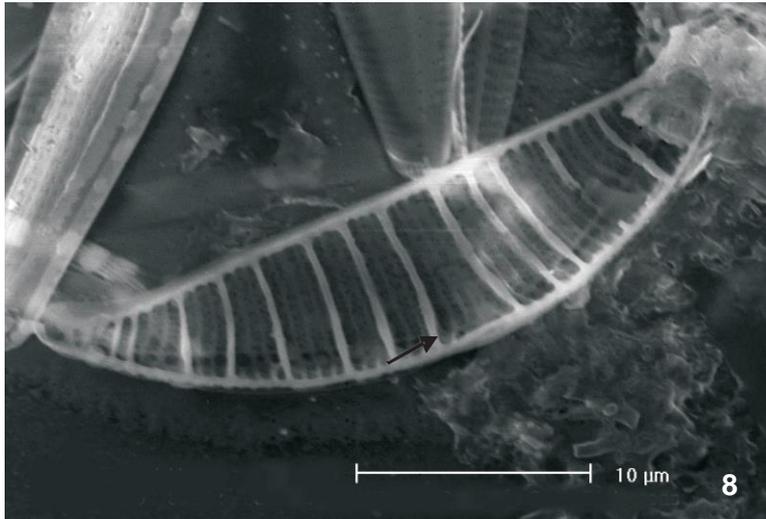
Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo en los Humedales de Ventanilla.



**Figuras 2-3.** *Rhopalodia acuminata*. **Figura 4-5.** *Rhopalodia aff. acuminata* Microscopía de luz transmitida. Escala: 10  $\mu$ m.



**Figuras 6-7.** *Rhopalodia acuminata*. **Figura 6.** Vista valvar interna mostrando las estrías uniseriadas conteniendo poroides ocluidas por un velo tipo volae (flecha). **Figura 7.** Frústulo en vista dorsal mostrando las bandas cingulares con poros (flecha).



**Figuras 8-10.** *Rhopalodia acuminata*. **Figura 8.** Vista valvar interna mostrando las costas (flecha). Escala: 10  $\mu\text{m}$ . **Figura 9.** Frústulo en vista ventral mostrando las costas transapicales. Microscopía electrónica de barrido. Escala 5  $\mu\text{m}$ . **Figuras 10.** Frústulo en vista ventral mostrando las bandas cingulares.

Valva semilanceolada convexa en el margen dorsal, recto a cóncava en el ventral, con terminaciones ligeramente capitadas. Costas transapicales robustas algo radiadas, que van del margen dorsal al ventral, actuando como fíbulas bajo el rafe. Con 2 a 5 filas de areolas entre cada costa. Estrías uniseriadas conteniendo poroides ocluidas por un velo tipo volae. Rafe desarrollado, ubicado sobre el margen dorsal. Algunos individuos presentaron el rafe en forma de “v” y el margen ventral recto. Cingulum amplio dorsoventralmente complejo formado de una banda abierta y una cerrada las cuales se

presentan ornamentadas con poros. No engranadas en contraste con *Epithemia*.

Dimensiones celulares: eje apical: 27-61  $\mu\text{m}$ ; eje transapical: 9-11  $\mu\text{m}$ . Costillas: 4-6 en 10  $\mu\text{m}$ . (n = 10)

Material estudiado: Estación 7: 9.V.04 (DIAT-YUCRA 023), Estación 3: 13.III.04 (DIAT-YUCRA 011), 24.VII.05 (DIAT-YUCRA 091), Estación 5: 15.V.05 (DIAT-YUCRA 077). Hábitat: Especie epipélica encontrada en aguas con pH de 7,12-8,84 conductividad de 12,36-110,25  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , oxígeno disuelto de 0,40 - 16,96 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y temperatura de 17-39°C. Ecología: Agua salobre.

**Tabla 1.** Comparación de los caracteres morfológicos de *Rhopalodia acuminata* Krammer en el material estudiado con lo reportado para la descripción original.

| Autores                         | Poros en la copula<br>(5 $\mu\text{m}$ ) | Eje transapical<br>(10 $\mu\text{m}$ ) | Fibulas<br>(10 $\mu\text{m}$ ) | Estrías<br>(10 $\mu\text{m}$ ) |
|---------------------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Yucra (presente estudio)        | 9  | 9-11                                   | 4-6                            | 16-17                          |
| Lange Bertalot & Krammer,(1997) | -  | 7,5-11                                 | 4-6                            | 16-19                          |

**Tabla 2.** Ubicación de las estaciones de muestreo y variación mensual del pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto del agua durante el período enero 2004- agosto 2005.

|            | Coordenadas                    | pH        | T°C   | Conductividad | Oxígeno    |
|------------|--------------------------------|-----------|-------|---------------|------------|
| ESTACION 1 | 11° 52' 24.0" S 77° 08' 09.4"O | 6,91-8,35 | 18-34 | 12,36-16,30   | 1,21-9,70  |
| ESTACION 2 | 11° 52' 22.1" S 77° 08' 12.2"O | 7,15-8,34 | 18-39 | 12,88-17,76   | 2,46-12,12 |
| ESTACION 3 | 11° 52' 17.9" S 77° 08' 19.7"O | 7,12-8,45 | 18-34 | 12,45-18,40   | 2,42-8,12  |
| ESTACION 4 | 11° 52'30.2" S 77° 08' 31.8"O  | 7,31-8,46 | 18-35 | 15,53-18,89   | 5,65-12,56 |
| ESTACION 5 | 11° 52'30.8 S 77° 08' 32.9"O   | 7,32-8,84 | 18-34 | 16,11-18,90   | 4,40-17,31 |
| ESTACION 6 | 11° 52' 28.0" S 77° 09' 08.7"O | 8,05-8,55 | 17-37 | 26,49-105,47  | 0,40-3,42  |
| ESTACION 7 | 11° 52' 28.8" S 77° 09' 10.2"O | 7,81-8,64 | 18-35 | 27,24-108,46  | 0,40-2,12  |
| ESTACION 8 | 11° 52' 33.5" S 77° 09' 14.5"O | 8,15-8,58 | 17-32 | 29,89-110,25  | 0,40-3,60  |

### Variación temporal y abundancia relativa

*R. acuminata* fue una especie constante en casi todas las estaciones con una frecuencia superior a 69% excepto en las estaciones 4 y 5 en la cual fue esporádica con una frecuencia de 46%. En cuanto a su abundancia relativa aumentaron a C= común en junio 2004 y marzo 2005 en la estación 2, en marzo y julio 2004 en la estación 3 (Tabla 3).

### Variables fisicoquímicas

La temperatura presentó una variación similar en todas las estaciones oscilando entre 17-39 °C. La temperatura fue mayor en los meses de enero, marzo y mayo, mientras que en los meses de junio, julio y agosto del 2004 y 2005 presentó sus menores valores.

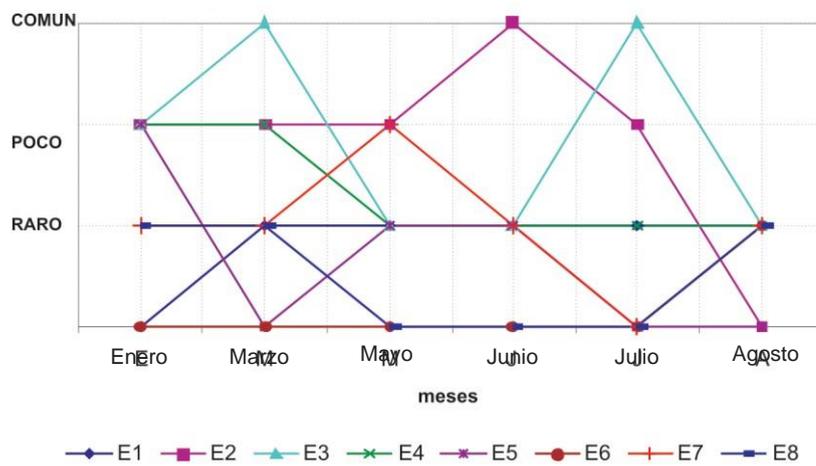
La conductividad eléctrica en las 8 estaciones de muestreo osciló entre valores

**Tabla 3.** Distribución mensual, abundancia y frecuencia relativa de *Rhopalodia acuminata* durante el período enero 2004 - agosto 2005.

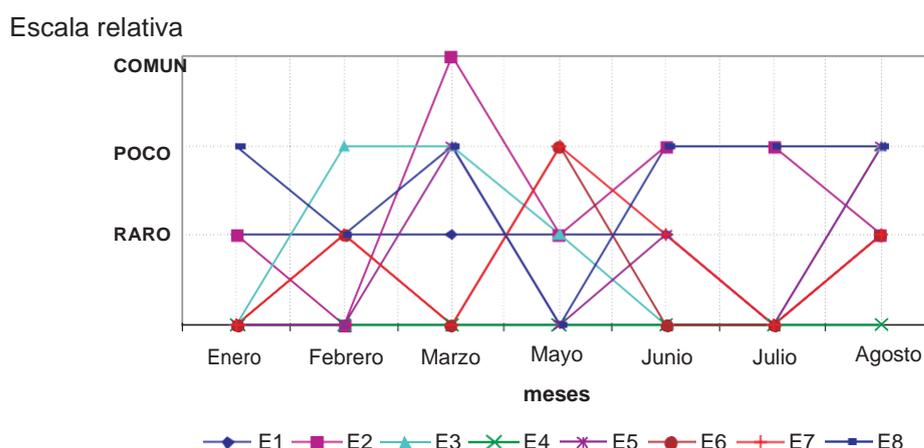
| ESTACIONES | MESES |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Frecuencia % |    |
|------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|----|
|            | E     | M | M | J | J | A | E | F | M | M | J | J |              | A  |
| 1          |       | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R            | 85 |
| 2          | P     | P | P | C | P |   | R |   | C | R | P | P | R            | 85 |
| 3          | P     | C | R | R | C | R |   | P | P | R |   |   | P            | 77 |
| 4          | P     | P | R | R | R | R |   |   |   |   |   |   |              | 46 |
| 5          | P     |   | R | R |   |   |   |   | P |   | R |   | P            | 46 |
| 6          |       |   |   |   |   | R |   | R |   | P |   |   | R            | 31 |
| 7          | R     | R | P | R |   | R |   | R |   | P | R |   | R            | 69 |
| 8          | R     | R |   |   |   | R | P | R | P |   | P | P | P            | 69 |

Escala relativa de abundancia: R = Raro, P = Poco, C = Común, A = Abundante.

Escala relativa



**Figura 11.** Variación temporal y abundancia relativa de *Rhopalodia acuminata* en los humedales de Ventanilla durante el período enero - agosto 2004. E=Estación.



**Figura 12.** Variación temporal y abundancia relativa de *Rhopalodia acuminata* en los humedales de Ventanilla durante el período enero - agosto 2005. E=Estación.

12,36-110,25 mS.cm<sup>-1</sup>. En las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5 presentaron valores medios fluctuando entre 12,36-18,9 mS.cm<sup>-1</sup>, mientras que en las estaciones 6, 7 y 8 variaron entre 26,49-110,25 mS.cm<sup>-1</sup>. Presentándose las mayores variaciones y los valores más altos durante el verano y otoño 2004-2005 en las estaciones 6, 7 y 8.

Por su parte el pH fue la variable con menor variación, presentando la menor variación en las estaciones 6, 7 y 8. Los cuales nos indican un pH neutral a alcalino (Tabla 2).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La variabilidad morfológica observada en el material de Ventanilla se presentó fundamentalmente en el contorno valvar y la forma del rafe observada en algunos ejemplares que difieren de la forma típica (Round *et al.* 1990)(Fig. 4 y 5). La variación temporo-espacial en los dos semestres monitoreados nos revela que la distribución de *R. acuminata* en todas las estaciones de muestreo presenta ligeros cambios en su abundancia relativa (Fig. 11 y 12). Según Strebel & Krauter (1985) las microalgas responden rápidamente ante cambios fisicoquímicos originados en el ambiente, probablemente ocasionado por las

fluctuaciones del sistema hidrológico de estos humedales. En la Tabla 1 se presenta la información de los caracteres morfológicos para la descripción original sobre la especie.

Lo cual revela claramente que nuestros caracteres están dentro del rango reportado por estos autores sin presentar mucha variación con respecto al eje apical. La diatomea *R. acuminata* presenta una amplia distribución en los 8 espejos de agua de los humedales de Ventanilla y se encuentra adaptada a sus aguas alcalinas, salobre a salinas.

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su sincero reconocimiento a los profesores Nelson Navarro y Patricio Rivera por darnos las facilidades de tomar las microfotografías en el microscopio electrónico de barrido del laboratorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de San Marcos durante el curso de post grado: "Morfolología, taxonomía y ecología de diatomeas marinas".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anonymous. 1975. Proposals for standardization of diatom terminology and

- diagnoses. *Nova Hedwigia*, Beih., 53: 323-354
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1997a. *Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae*. In Ettl, H., J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds), *Susswasser flora von Mitteleuropa*, Band 2/1. Gustav Fisher Verlag, Jena, 876 pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1997b. *Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. In Ettl, H., J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds), *Susswasser flora von Mitteleuropa*, Band 2/2. Gustav Fisher Verlag, Jena, 596 pp.
- Hasle, G. R. & Frixell, G. A. 1970. Diatoms: Cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Trans. Micr. Soc.*, 89:469-474.
- Hasle, G.R. 1978. *Some specific preparations: diatoms*. In: A. Sournia, ( Ed.), *Phytoplankton Manual*, UNESCO, París. 136-142.
- Jimeno, E. 1998. *Análisis de Aguas y Desagüe*. Segunda Ed. Ed. Banco de Libros. Dirección de Bienestar Universitario. UNI. 245 pp.
- Strebel, H. & Krauter, D. 1985. *Atlas de los organismos de agua dulce. La vida en una gota*. Ed. Omega. Barcelona .357pp.
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. *The Diatoms: Biology and morphology of the genera*. Cambridge: Cambridge University Press.747 pp.
- Ross, R.; Cox, E. J.; Karayeva N. I.; Mann D. G.; Paddock, T. B. B.; Simonsen R. & Sims, P. A. 1979 . An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia*, 64: 513-533.
- Whitehead, J.M. & Bohaty, S.M. 2003. *Data report: Quaternary–Pliocene diatom biostratigraphy of ODP Sites 1165 and 1166, Cooperation Sea and Prydz Bay*. In Cooper, A.K., O'Brien, P.E., & Richter, C. (Eds.), *Proc. ODP, Sci. Results*, 188: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1-25pp.
- Fecha de recepción: 01 de diciembre del 2008.  
Fecha de aceptación: 29 de diciembre del 2008.