



# DENSIDAD Y BIOMASA BACTERIANA EN LOS SEDIMENTOS PROFUNDOS DEL LAGO ALCHICHICA, PUEBLA

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias  
( L i m n o l o g í a )

p r e s e n t a

LEÓN FELIPE ÁLVAREZ SÁNCHEZ

Directora de Tesis: DRA. ELVA G. ESCOBAR BRIONES

Comité Tutorial: DR. ALFONSO LUGO VÁZQUEZ

DR. LUIS A. MALDONADO MANJARREZ

DR. MIROSLAV MACEK

DR. ANATOLY FILONOV

Ciudad Universitaria, México, D.F., 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Índice

1. Resumen	1
2. Abstract	1
3. Introducción	2
4. Antecedentes	5
5. Área de Estudio	8
6. Hipótesis	11
7. Objetivos	11
8. Metodología	12
9. Resultados	17
10. Discusión	34
11. Conclusiones	42
12. Referencias	43
13. Anexo I	50
14. Anexo II	56

## Agradecimientos

- Al CONACyT proyecto 103332 por su apoyo económico.
- Al Proyecto de Investigación en Limnología Tropical (PILT) por su apoyo logístico.
- A la Dra. Elva Escobar Briones por su dirección, tutoría, apoyo y gran paciencia en el desarrollo de esta tesis.
- Al comité tutorial por su participación, correcciones y sugerencias que formaron, estructuraron y dieron solidez a este escrito.
- A los Drs. Alfonso Lugo y Rosario Sánchez por su apoyo e instrucción en el uso del microscopio. Así como en la enseñanza de las técnicas de microscopía y fluorescencia.
- Al Dr. Miroslav Macek por sus valiosos invaluable consejos y correcciones a este estudio.
- Al Dr. Javier Alcocer Durand por sus sugerencias y apoyo logístico en el desarrollo de este estudio.
- Al Dr. Luis Oseguera por su apoyo en campo y en la obtención de los parámetros ambientales.
- Al Laboratorio de Biodiversidad y Macroecología del ICML-UNAM por el espacio brindado en el procesamiento de muestras.

*A mi querido país, México.*

## 1. Resumen

Se describe la dinámica temporal (agosto de 2008 a octubre de 2009) de la densidad y biomasa bacteriana en la superficie de los sedimentos provenientes de la región más profunda y central del lago Alchichica. La densidad se calculó mensualmente por microscopía óptica de epifluorescencia empleando la tinción DAPI. La biomasa se estimó por biovolumen celular a partir de imágenes digitales obtenidas directamente del microscopio. La densidad bacteriana varió entre  $5.32 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$  y  $16.71 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$  de sedimento. En tanto que la biomasa bacteriana varió de  $56.88 \pm 2.99$  a  $186.85 \pm 7.53$   $\mu\text{g C cm}^{-3}$  de sedimento. La mayor densidad y biomasa se presentaron durante la circulación del lago disminuyendo a lo largo de la época de estratificación. De los factores ambientales analizados, la disponibilidad de oxígeno disuelto (O.D.) en el fondo del lago se asoció positivamente con las variaciones en densidad y biomasa bacteriana del sedimento superficial. De la misma manera, el ambiente reductor se relacionó con la densidad y biomasa bacteriana. También se observó una influencia positiva del flujo de carbono particulado hacia el fondo del lago en la biomasa bacteriana. Estos resultados indicaron la existencia de una variabilidad en la densidad y biomasa bacteriana asociada a la dinámica anual del lago.

## 2. Abstract

In this study was analyzed the bacterial density and biomass temporal dynamic (august 2008 – october 2009) from Alchichica lake superficial sediments. The bacterial density was calculated by direct count using DAPI staining technique, and biomass was estimated by the density and bacterial biovolume using digital images taken during bacterial counting. The bacterial density ranged from  $5.32 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$  to  $16.71 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$  showing a positive relationship with dissolved oxygen availability, and with REDOX potential. The bacterial biomass ranged from  $56.88 \pm 2.99$  to  $186.85 \pm 7.53$   $\mu\text{g C cm}^{-3}$  showing, as the bacterial density, positive relationships with dissolved oxygen

availability and with potential REDOX, in addition with particulate organic matter flux. This results demonstrated a temporal variability in the bacterial density and biomass on the superficial sediments of the Alchichica lake bottom. Also this study demonstrated the relationship between bacterial density and biomass with ambience factors (dissolved oxygen availability, REDOX potential and particulate organic matter flux).

## **2. Introducción**

Las asociaciones bacterianas presentes en los sedimentos de los cuerpos acuáticos, tanto marinos como epicontinentales, se caracterizan por su intervención directa en los ciclos biogeoquímicos del carbono (Goedkoop y Johnson, 1996), nitrógeno (Joye y Lee, 2004), azufre y fósforo (Gächter *et al.*, 1988; Golterman, 2001). Estas asociaciones microbianas son responsables de la remineralización o fijación de estos nutrientes a través de rutas metabólicas propias de cada linaje (Edmonds *et al.*, 2008; Rosselló-Mora *et al.*, 1999).

Los sistemas acuáticos epicontinentales varían entre sí en recursos y condiciones disponibles para el crecimiento microbiano (Nealson, 1997). Tanto organismos productores como consumidores de oxígeno se encuentran presentes en estos ambientes. Y es el balance entre fotosíntesis oxigénica y respiración lo que controla los ciclos del carbono y oxígeno en los estratos más superficiales del lago hasta donde penetra la luz solar. Esta zona con iluminación solar es conocida como capa fótica de los sistemas acuáticos. Por debajo de la capa fótica no se realiza la fotosíntesis; consecuentemente, sólo la respiración dirige los ciclos del oxígeno y carbono a esas profundidades (Margalef, 1983).

La fuente orgánica que sostiene a las bacterias en el sedimento proviene de la materia orgánica. Gran parte de esta materia orgánica es producida en la columna de agua que al hundirse junto con otros materiales se deposita en la superficie del sedimento (Nealson, 1997). Durante su hundimiento comienza la remineralización de la materia orgánica hacia dióxido de carbono. Al depositarse en la superficie del sedimento la materia orgánica es degradada por diversos microorganismos. Solo una

pequeña porción del carbono orgánico queda secuestrado en el interior del sedimento, y éste en consecuencia entra al ciclo geológico del carbono (Nealson, 1997).

El carbono orgánico que llega al bentos en los sistemas acuáticos proviene de diversas fuentes:

- Organismos bénticos y sus desechos.
- Carbono orgánico exportado y depositado de la producción primaria de la superficie, agregado y no consumido.
- Carbono orgánico alóctono, transportado por el viento, escurrimientos y por aporte subterráneo.

La preservación del carbono orgánico en los sedimentos depende de factores ambientales diversos como son: la tasa de sedimentación, el tamaño de grano, la actividad de la infauna y la eficiencia en las rutas de remineralización (Canfield *et al.*, 2005).

La eficiencia y la tasa de degradación del carbono orgánico dependen, entre otros factores, de la calidad de la materia orgánica (Balogh *et al.*, 2003). La calidad de la materia orgánica está en función de su disponibilidad, su consumo y que tipo de consumidores participan. La materia orgánica lábil es remineralizada fácilmente; en contraste, la remineralización ocurre lentamente al ser la materia orgánica refractaria. La degradación del carbono orgánico altamente reactivo representa una ganancia energética alta para las bacterias; y por lo tanto, estos componentes son preferencialmente degradados y dejan a un lado las estructuras más complejas. Por esta razón, en perfiles de composición de carbono orgánico se observa que éste es más refractario hacia capas más profundas en el sedimento (Middelburg, 1989). La disminución de la labilidad y concentración de la materia orgánica con la profundidad se atribuyen a la disminución en la tasa de degradación en las capas profundas del sedimento (Dauwe *et al.*, 1999).

La tasa de sedimentación representa un 10% de la producción primaria y el oxígeno puede mineralizar todo el carbono orgánico lábil si los flujos de carbono hacia el sedimento son bajos (Balogh *et al.*, 2003). En contraste si los flujos de materia orgánica son altos, el oxígeno es consumido volviéndose más importantes todos los procesos anaeróbicos. Estos procesos comienzan con la desnitrificación. El flujo de carbono al incrementarse ocasiona un cambio en los procesos de degradación hasta que la reducción de sulfatos se vuelve la ruta dominante (Soetaert *et al.*, 1998; Wijsman *et al.*, 2001).



La degradación aeróbica del carbono orgánico utiliza al oxígeno como su aceptor final de electrones, siendo la ruta con la mayor ganancia energética. La difusión del oxígeno dentro del sedimento es usualmente limitada y aún grandes concentraciones de oxígeno son consumidas en los primeros 2 cm de profundidad en el sedimento (Revsbech *et al.*, 1980).

Una vez que el oxígeno es consumido en los sistemas acuáticos epicontinentales, los estratos más profundos de la columna de agua se vuelven anóxicos. Estrictamente, los organismos aerobios como plantas vasculares y animales superiores no pueden vivir durante todo su ciclo de vida en aguas anóxicas. Los eucariontes, de manera general, se encuentran limitados por las fuentes de energía que puedan convertir a glucosa o derivados de la misma como el piruvato y solamente pueden emplear el oxígeno como su único aceptor de electrones. En contraste, los procariontes utilizan una variedad de donadores de electrones, tanto orgánicos como inorgánicos, así como diversas alternativas del oxígeno como aceptor de electrones (Nealson, 1997). Por esta diversidad metabólica, el fondo de los lagos donde se llega a presentar la anoxia es habitado por procariontes y algunos eucariontes “anaerobios”, en particular, ciertos protistas que dependen de sus simbioses procariontes.

La presencia o ausencia de oxígeno en un cuerpo de agua se considera de suma importancia en muchos procesos que ocurren dentro de un sistema acuático. De acuerdo con Nürnberg (1995), el oxígeno gobierna la composición química del agua por procesos de óxido-reducción. Esto influye en la diversidad biológica y densidad de los organismos dentro de un sistema acuático debido a que crean diferentes microhábitats dentro del mismo. Hutchinson (1957) menciona que para entender el funcionamiento de un lago es necesario conocer el régimen que presenta el oxígeno en espacio y tiempo. De acuerdo con la Ecological Society of America (ESA, 2002), el término “hipoxia” significa “escaso oxígeno”. En ecosistemas acuáticos este término se utiliza para condiciones donde el oxígeno disuelto es de  $2 \text{ mg L}^{-1}$  a  $1 \text{ mg L}^{-1}$ . En tanto que a concentraciones entre  $1$  a  $0.1 \text{ mg L}^{-1}$  se utiliza el término de disoxia (Rhoads y Morse, 1971). A la ausencia total de oxígeno disuelto ( $0 \text{ mg L}^{-1}$ ) se le denomina “anoxia” (ESA, 2002; Rabalais *et al.*, 2002). Carnigan y Lean (1991) mencionan que actualmente se considera que las interacciones entre el sedimento y el agua tienen influencia en la dinámica de sustancias disueltas en los lagos. Adicionalmente, la hidrografía de una determinada zona es causante de la presencia de niveles bajos de oxígeno, ya que genera un estancamiento del agua y genera condiciones de hipoxia o anoxia (Jørgensen, 1982).

Mallin *et al.*, (2006) encontraron que los principales factores que inducen la presencia de condiciones hipóxicas en cuerpos de agua son: la degradación de la biomasa fitoplanctónica y la entrada de materia orgánica suspendida alóctona. Así mismo, estos autores mencionan la importancia de los crecimientos de comunidades bacterianas y fungales que estimulan el ingreso y disponibilidad de nutrientes a los sistemas.

## 2. Antecedentes

La densidad de bacterias varía de  $10^5$  a  $10^{10}$  células en el primer centímetro superficial del sedimento (Gough y Stahl, 2003). Estas variaciones en la densidad se han observado al variar la profundidad en el sedimento, disminuyendo la densidad conforme aumenta la profundidad (Altmann *et al.*, 2003; Böttcher *et al.*, 2000; Zepp Falz *et al.*, 1999). Otros estudios atribuyen la variabilidad de la densidad a la heterogeneidad del sedimento en textura (DeFlaun y Meyer, 1983; Frischer *et al.*, 2000; Saitz-Ceballos *et al.*, 1985). Así mismo, se ha observado variabilidad en su densidad en función a la disponibilidad de materia orgánica en el sedimento (Boetius *et al.*, 2000; Ferrara Guerrero *et al.*, 1987). Igualmente se ha registrado que la concentración de oxígeno disuelto modifica la estructura del ensamble bacteriano (Lüdemann *et al.*, 2000); aunque, se aprecia cierta tolerancia de las bacterias estrictamente anaerobias a concentraciones bajas de oxígeno (Sass *et al.*, 1998).

También se han explicado las diferencias en densidad bacteriana presentes en las capas superficiales de sedimentos lacustres con base en la presencia de metales pesados, encontrándose una relación directa entre la densidad bacteriana y la cantidad de contaminantes presentes (Gough y Stahl, 2003).

Diversos estudios se han publicado en relación a la densidad (Tabla1) y biomasa bacteriana (Tabla 2) en sedimentos marinos y en sedimentos lacustres. Sin embargo, no siempre es posible la comparación entre los resultados. Las dificultades se presentan por la diversidad de metodologías empleadas para colectar, enumerar y calcular biomasa. Así mismo, las unidades en las que se han publicado los resultados varían (peso seco, peso húmedo, volumen húmedo y flujo de agua intersticial)

y frecuentemente no se publican datos adicionales para realizar la conversión de unidades (Schmidt *et al.*, 1998).

**Tabla 1. Estudios publicados sobre densidad bacteriana en la capa superficial de sedimentos lacustres y marinos**

Localidad	Ubicación		Altitud (m)	Profundidad (m)	Densidad promedio			Referencia
	Latitud	Longitud			mínima	máxima	unidades	
Lago Wastmaster	54°26' N	3°17' O	61	76	8.5	10.3	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Ennerdale	54°31' N	3°22' O	113	42	9	12	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Buttermere	54°32' N	3°16' O	100	28.5	4.5	6	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Crummock	54°33' N	3°18' O	96	44	6.8	12	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Coniston	54°21' N	3°04' O	44	56	12	20	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Thirlmere	54°32' N	3°04' O	178	46	12.6	15.3	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Windermere	54°21' N	2°56' O	39	64	14.5	18	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Ullswater	54°57' N	2°50' O	145	62.5	9.1	18.3	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Derwentwater	54°35' N	3°09' O	75	22	9.2	10	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Bassenthwaite	54°39' N	3°13' O	68	19	7.3	8	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Loweswater	54°34' N	3°20' O	74	16	12.3	12.9	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Rydal Water	54°26' N	2°59' O	54	19	15.5	16	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Grasmere	54°44' N	3°01' O	81	21.5	8.5	14	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago Esthwaite Water	54°21' N	2°59' O	63	15.5	13.9	21.2	x 10 <sup>10</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Jones <i>et al.</i> , 1979
Lago DePue	41°19' N	89°18' O	157	2	0.03	8.64	x 10 <sup>9</sup> cél g <sup>-1</sup> s.s.	Gough y Stahl, 2003
Bahía Jade	53°28' N	8°12' E	0	---	1	5	x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> s.h.	Böttcher <i>et al.</i> , 2000
Lowes Cove, Walpole	43°56' N	69°34' O	0	30	0.5	1.2	x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> s.h.	Findlay <i>et al.</i> , 1989
Marina salobre	31°59' N	81°01' O	0	< 1	3.2	11.7	x 10 <sup>7</sup> cél g <sup>-1</sup> s.h.	Frischer <i>et al.</i> , 2000
Lago Dagow	53°09' N	13°03' E	60	9.5	0.3		x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> f.i.	Furtado y Casper, 2000
Puerto Blakely	---	---	0	15.5	2.5		x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> f.i.	Schmidt <i>et al.</i> , 1998
Bahía de Puget	---	---	0	10	3.5		x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> f.i.	Schmidt <i>et al.</i> , 1998
Bahía de Santa Catalina	---	---	0	1300	1.7		x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> f.i.	Schmidt <i>et al.</i> , 1998
Costa Occidental Africana	---	---	0	1650	0.64		x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> f.i.	Schmidt <i>et al.</i> , 1998
Mar de Groenlandia	67°00' N	2°00' O	0	3700	0.28		x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> f.i.	Schmidt <i>et al.</i> , 1998
Mar de Noruega	75°00' N	3°00' O	0	3700	0.33		x 10 <sup>9</sup> cél mL <sup>-1</sup> f.i.	Schmidt <i>et al.</i> , 1998

Las unidades varían dependiendo de la metodología de cada estudio, siendo: sedimento seco (s.s.); sedimento húmedo (s.h.) y fluido intersticial (f.i.).

En México son escasos los estudios de bacterias en sedimento. Uno de los estudios publicados se realizó en el Golfo de California, donde Ferrara Guerrero *et al.* (1987) registraron variaciones en la densidad bacteriana de 10<sup>5</sup> a 10<sup>6</sup> cél g<sup>-1</sup> de sedimento húmedo. Las variaciones encontradas estuvieron relacionadas con el tamaño de grano del sedimento. Los valores más elevados de densidad bacteriana

fueron encontrados en las estaciones con el tamaño grano mayor; en tanto que los valores más bajos de densidad correspondieron a los sitios con el tamaño de grano menor.

**Tabla 2. Estudios publicados sobre biomasa bacteriana en la capa superficial de sedimentos lacustres y marinos**

Localidad	Ubicación		Altitud (m)	Profundidad (m)	Biomasa			Referencia
	Latitud	Longitud			mínimo	máximo	unidades	
Lago D'Argent	45°18' N	72°18' O	248	15.5	0.54	1.62	mg cm <sup>-3</sup> s.h.	Schallenberg y Kalff, 1993
Lago Magog	45°18' N	72°02' O	190	19.2	0.44	0.92	mg cm <sup>-3</sup> s.h.	Schallenberg y Kalff, 1993
Lago Brome	45°15' N	72°30' O	212	12.8	0.68	1.10	mg cm <sup>-3</sup> s.h.	Schallenberg y Kalff, 1993
Lago Long	49°4' N	64°39' O	304	9	0.20	0.49	mg cm <sup>-3</sup> s.h.	Schallenberg y Kalff, 1993
Lago Loucks	47°50' N	76°34' O	366	8.2	0.32	0.68	mg cm <sup>-3</sup> s.h.	Schallenberg y Kalff, 1993
Cuenca de Nares	23°00' N	64°00' O	---	5840		1.60	mg cm <sup>-3</sup> s.s.	Deming y Yager, 1992
Bahía de Biscay	47°00' N	9°00' O	---	4100		8.20	mg cm <sup>-3</sup> s.s.	Rowe y Deming, 1985
Cuenca de Demerara	10°00' N	46°00' O	---	4850		11.60	mg cm <sup>-3</sup> s.s.	Rowe y Deming, 1985
Cuenca de Demerara	8°00' N	48°00' O	---	4450		21.00	mg cm <sup>-3</sup> s.s.	Rowe y Deming, 1985
Mar de Noruega	67°00' N	02°00' O	---	3700		22.40	mg cm <sup>-3</sup> s.s.	Deming y Yager, 1992
Mar de Groenlandia	75°00' N	03°00' O	---	3700		44.90	mg cm <sup>-3</sup> s.s.	Deming y Yager, 1992

**Las unidades varían dependiendo de la metodología de cada estudio, siendo: sedimento seco (s.s.) y sedimento húmedo (s.h.).**

En el caso específico del lago Alchichica se han realizado estudios de su bacterioplancton. En dichos estudios encontraron que la densidad bacteriana en la columna de agua varía de 0.62 a 9.7 x 10<sup>6</sup> cél ml<sup>-1</sup> (Hernández-Avilés *et al.*, 2010). La variabilidad en densidad bacteriana estuvo relacionada con el ciclo anual del lago. Las mayores densidades se presentaron en toda la columna de agua durante la mezcla del lago y al principio de su estratificación en la capa de mezcla. En contraste, las densidades más bajas fueron registradas a finales de la estratificación y en el hipolimnion del lago. Los resultados en densidad bacteriana estuvieron relacionados con la disponibilidad de nutrientes y la concentración de oxígeno disuelto.

### 3. Área de estudio

El lago cráter Alchichica (punto medio del lago: 19°24'48" N, 97°24'10" W a 2,370 m.s.n.l. Figura 1) se encuentra ubicado en la región de los Llanos de San Juan en el estado de Puebla, México. El lago tiene un área superficial de 2.3 km<sup>2</sup> con una geometría periférica semejante a un círculo con diámetro de 1.7 km y una profundidad máxima de 62 m (Alcocer y Filonov, 2007). El lago se originó por explosiones volcánicas entre el Terciario Medio y el Cuaternario Superior (Gasca, 1981).

En el invierno boreal, cuando el clima es frío y seco, la temperatura del lago en un perfil vertical es homogénea, esto facilita la mezcla de la columna de agua. Esta temporada comienza a finales de diciembre y perdura hasta principios de marzo (Alcocer *et al.*, 2000).

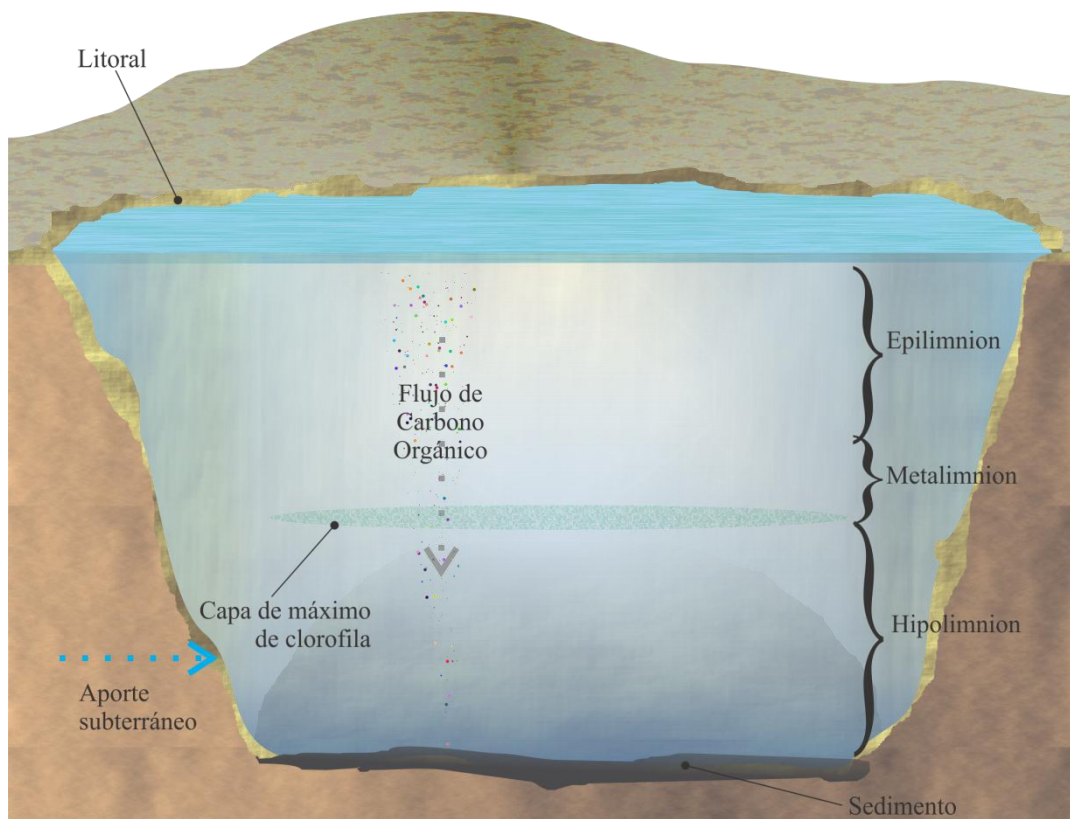
En marzo, al disminuir el viento e incrementarse la intensidad y exposición a la radiación solar, la temperatura superficial del lago aumenta. Al aumentar la temperatura superficial, la densidad disminuye originando dos masas de agua. La masa de agua superficial es más cálida y menos densa (epilimnion ~ 16.5 °C) y la masa de agua profunda es más fría y densa (hipolimnion ~14.5 °C). La diferencia de temperatura del agua en un perfil vertical se le conoce como termoclina. Al inicio de la estratificación la termoclina es de 10 m de espesor y comienza a los 10 m de profundidad. La termoclina define la capa del metalimnion, la cual divide al epilimnion que va de la superficie hasta los 10 m de profundidad; y el hipolimnion que va de los 20 m de profundidad hacia el fondo del lago. A esta condición se le conoce como estratificación del lago (Wetzel, 2001). El lago se estratifica paulatinamente hasta establecerse por completo al inicio de la temporada de lluvias en el mes de junio (Alcocer *et al.*, 2000; Figura 2).

La termoclina perdura hasta finales de septiembre permaneciendo el lago completamente estratificado. Al descender la temperatura en el otoño boreal la termoclina se debilita, reduciendo su espesor lentamente hasta unos 5 m para desaparecer por completo a finales de diciembre (Alcocer *et al.*, 2000). Al no existir termoclina, no hay estratificación del lago debido a que la densidad en toda la columna de agua es la misma. Esto propicia condiciones para que nuevamente se mezcle el lago por acción del viento.



**Figura 1. Ubicación geográfica de lago Alchichica. (  $\Delta$  estación central permanente del lago).**

El aporte de agua proviene principalmente del manto acuífero (Figura 2), teniendo una disolución total de sólidos que varía de  $8.5 \pm 0.2 \text{ g L}^{-1}$ , con una composición alcalina de  $\text{pH} = 9.0 \pm 0.1$  y conductividad de  $13 \pm 0.5 \text{ mS cm}^{-1}$  (Vilaclara *et al.* 1993).



**Figura 2. Diagrama del corte transversal del lago.**

El fitoplancton se caracteriza por presentar dos florecimientos, el primero de diatomeas que ocurre durante la mezcla invernal de la columna de agua. El segundo es de cianobacterias durante el comienzo de la primavera boreal, particularmente de *Nodularia spumigena* al comienzo de la estratificación (Oliva *et al.*, 2001). Este florecimiento se le ha relacionado con disponibilidad de nitrógeno en el lago (Oliva *et al.*, 2009). Sin embargo, no se ha encontrado alguna relación en el incremento de la biomasa fitoplanctónica durante los florecimientos y la cantidad de carbono particulado que se exporta hacia el bentos (Alcocer *et al.*, 2007).

## 4. Hipótesis

H<sub>0</sub>: A lo largo del ciclo anual se registrarán cambios en la densidad y biomasa bacteriana en la capa superficial del sedimento de Alchichica asociados a los eventos de estratificación y mezcla.

H<sub>1</sub>: La asociación bacteriana presente en la capa superficial de los sedimentos de Alchichica no presentará variaciones en densidad y biomasa en el transcurso de un ciclo anual.

H<sub>2</sub>: La variación de los factores ambientales (carbono orgánico particulado, materia orgánica, potencial REDOX, concentración de clorofila-*a* en el sedimento y concentración de oxígeno disuelto) explicarán la variabilidad de la densidad y biomasa bacteriana en la capa superficial del sedimento de Alchichica.

H<sub>3</sub>: Las variaciones en la densidad y biomasa bacteriana en los sedimentos superficiales de Alchichica no estarán directamente relacionadas a los factores abióticos (carbono orgánico particulado, materia orgánica, potencial REDOX, concentración de clorofila-*a* en el sedimento y concentración de oxígeno disuelto).

## 5. Objetivos

- Determinar los cambios en la densidad y biomasa de las bacterias que habitan el sedimento superficial de la estación profunda permanente del lago Alchichica durante un ciclo anual.
- Detectar y evaluar la relación entre la densidad y biomasa bacteriana y los factores ambientales que caracterizan su hábitat (materia orgánica y concentración de clorofila-*a*) y factores ambientales que afectan su entorno (carbono orgánico particulado, potencial REDOX y concentración de oxígeno disuelto).



## **6. Metodología**

### 6.1. Trabajo de campo

Las muestras de sedimento se colectaron mensualmente en el área más profunda del lago (62 m de profundidad) por medio de una draga tipo Ekman de 15 x 15 x 10 cm (largo x ancho x altura). Del sedimento dragado se tomaron seis réplicas por medio de jeringas truncas con diámetro de 1.6 cm a 1 cm de profundidad (2 cm<sup>3</sup> de sedimento superficial).

Las cuatro réplicas para conteos bacterianos se fijaron inmediatamente con 18 mL (disolución 1:10) de formaldehído diluido al 4% con agua de fondo del lago previamente filtrada a través de un filtro de membrana de celulosa de la marca Millipore de 0.22 µm. Las muestras se mantuvieron a 4 °C y en oscuridad hasta su proceso en el laboratorio.

Los datos de potencial REDOX, y oxígeno disuelto se obtuvieron mediante una sonda multiparamétrica de la marca Hydrolab modelo SVR4. El carbono particulado se colectó utilizando una trampa de sedimento (45 cm de altura y 7.5 cm de diámetro) colocada a 60 m de profundidad. Las muestras de materia orgánica y clorofila-*a* (clor-*a*) en sedimento se colectaron directamente de la draga utilizando una jeringa trunca con diámetro de 1.9 cm. La muestra se tomó exclusivamente del primer centímetro superficial del sedimento. Las muestras se congelaron posteriormente en tubos de centrifuga y se mantuvieron en oscuridad hasta procesarlas en el laboratorio.

### 6.2. Trabajo de laboratorio

#### **6.2.1. Muestras biológicas**

La muestra, una vez colectada, se procedió a disgregarla con un baño sonicador marca Branson Modelo 3510 a 60 kHz durante un minuto con la finalidad de desprender las bacterias del sedimento para facilitar su conteo (Velji y Albright, 1985). Posteriormente, en un ambiente estéril creado por una campana de flujo laminar, se diluyó la muestra hasta una dilución total de 1:2500 con agua del lago previamente filtrada (modificado de Gough y Stahl, 2003).

En una columna de filtrado, con una área de filtración de  $2.5 \text{ cm}^2$ , se vertieron  $2 \text{ cm}^3$  de la dilución final. La columna de filtrado se preparó con un filtro de membrana de  $0.45 \text{ }\mu\text{m}$  como base cubierta por un filtro negro de policarbonato de  $0.22 \text{ }\mu\text{m}$ . A la muestra en la columna de filtración se le añadieron  $200 \text{ }\mu\text{L}$  de solución DAPI ( $5 \text{ mg L}^{-1}$ ) preparada con agua destilada y se le dejó incubar durante 20 minutos en oscuridad (modificado según Epstein *et al.*, 1997).

Una vez transcurrido el tiempo de incubación se procedió a filtrar la muestra a una presión aproximada de  $-20 \text{ kPa}$ . El filtro negro se recuperó en oscuridad y se colocó en un portaobjetos añadiendo una gota de aceite de inmersión de alta resolución de la marca Zeiss modelo *Immersionsoel* ( $n_e = 1,518$ ,  $23^\circ\text{C}$ ). Finalmente la preparación se cubrió con un cubreobjetos (Fry, 1988). Por cada réplica colectada se realizaron tres preparaciones que se mantuvieron en oscuridad y refrigeración hasta su observación al microscopio.

El conteo directo de células bacterianas se realizó mediante un fotomicroscopio III Zeiss con iluminación vertical ultravioleta para epifluorescencia, filtros G 365, FT 395 y LP 420, campo plano y objetivo de 100 para aceite de inmersión, oculares de 10X y optovar de 1.25X, que permite un total de 1250 aumentos. Para excitar las células teñidas con DAPI se empleó una lámpara HBO 100 W de vapor de mercurio (espectro de irradiación de 350-700 nm). Las bacterias se contaron en un mínimo de 40 campos ó 400 bacterias con lo cual se logra un intervalo de confianza para la media de  $\pm 10\%$  (Wetzel y Likens, 2000) haciendo distinción entre los morfotipos bacterianos de cocos, bacilos y filamentos de acuerdo a los parámetros propuestos por Fry (1988).

El cálculo de la densidad bacteriana se realizó por medio de la ecuación 1 (Modificada de Keppner y Pratt, 1994).

$$Cél \text{ cm}^{-3} = \frac{N(A_t)d}{(A_g)V_f} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$N$  = número de células promedio contadas por cada campo de la retícula de Whipple

$A_t$  = área efectiva del filtro en  $\text{cm}^2$

$d$  = factor de dilución

$A_g$  = área de cada campo de la retícula de Whipple en  $\text{cm}^2$

$V_f$  = volumen filtrado de la réplica.

Para comprobar la similitud entre los muestreos se realizaron análisis de agrupamiento por jerarquías. Para ello se realizaron matrices de distancias con los datos de factores ambientales, densidad y biomasa por morfotipo y por muestreo. La matriz inicial de factores se obtuvo transformando las mediciones al dividir cada valor por el máximo de cada factor; esto permitió comparar los valores entre sí. Las matrices de distancias se realizaron a partir del coeficiente de relación de Pearson (1 – coeficiente de Pearson) uniendo en su totalidad los casos (Borg y Groenen, 1997). Una vez obtenidas las matrices de distancias se produjeron los dendrogramas agrupando los muestreos similares.

La proporción de ocurrencia de cada morfotipo bacteriano se realizó promediando los valores de densidad de cada morfotipo agrupando los meses correspondientes a cada periodo en el ciclo anual del lago de acuerdo a Adame *et al.* (2008) (mezcla, estratificación temprana, estratificación establecida y estratificación tardía). Con los promedios por periodo se calculó la proporción bacteriana en una escala de 0 a 100 para cada morfotipo.

Para calcular la biomasa bacteriana se utilizó el biovolumen celular para lo cual se fotografiaron digitalmente campos del microscopio obteniendo como mínimo 20 mediciones (perímetro, área, diámetro Feret y esfericidad) por morfotipo bacteriano de cada preparación. Las mediciones se efectuaron con el programa de cómputo SigmaScan Pro 5.0 y se empleó el valor de esfericidad para determinar el morfotipo bacteriano (cocos  $\geq 0.8$  < bacilos  $> 0.3$   $\leq$  filamentos). El cálculo del volumen para cada morfotipo en particular se realizó de acuerdo a la tabla 3.

Tabla 3. Fórmulas para el cálculo del biovolumen por morfotipo bacteriano según Fry (1988).

Morfotipo	Eje menor ( $E_e$ )	Eje mayor ( $E_a$ )	Volumen ( $V$ )
Cocos		$E_a = D_f(0.97)$	$V = \pi \frac{E_a^3}{6}$
Bacilos y filamentos	$E_e = \frac{P - \sqrt{P^2 - (4\pi A)}}{\pi}$	$E_a = D_f(0.97)$	$V = \left(E_e^2 \frac{\pi}{4}\right) (E_a - E_e) + \frac{\pi E_e^3}{6}$

Donde:

$P$  = perímetro

$A$  = área

$D_f$  = Diámetro Feret

El cálculo de la biomasa se efectuó empleando la Ecuación 2 propuesta por Loferer-Kröbber *et al.* (1998).

$$Biomasa = 218(Densidad)(Biovolumen)^{0.86} \quad \text{Ecuación 2}$$

### 6.2.2. Muestras ambientales

El contenido de la materia orgánica en el sedimento se obtuvo por análisis elemental. Éste análisis determinó el contenido porcentual del carbono orgánico total (COT) y nitrógeno (N) en la muestra (Pella, 1990). Para realizar el análisis, primero se eliminó el carbono inorgánico presente en forma de carbonatos, acidulando las muestras con HCl 0.2 M hasta obtener un pH de 2. Después de acidular las muestras se enjuagaron con agua bidestilada hasta llegar a un pH = 7. Posteriormente se ingresaron a una estufa de temperatura constante a 40 °C para secar las muestras. A continuación, las muestras ya secas, fueron pulverizadas en un mortero de ágata para evitar contaminación con carbono. Finalmente las muestras pulverizadas fueron guardadas en viales de cristal. La determinación analítica se llevó a cabo por duplicado en un Analizador Perkin Elmer PE2400. De cada muestra se tomaron aproximadamente 2 mg para introducir las al analizador elemental por 360 s, a una temperatura en la columna cromatográfica de 82.2 °C y una presión de 15.49 kPa. La temperatura del reactor de combustión fue de 975°C y la temperatura del reactor de reducción de 500 °C. A partir de los contenidos porcentuales de COT y N, se calculó el cociente C/N.

La concentración de *clor-a* en el sedimento se calculó por medio de fluorometría con base en el método descrito por Arar y Collins (1997). A cada muestra, previamente medida volumétricamente, se le adicionó 10 mL de acetona al 90 %, dejándose en frío y obscuridad durante 24 horas con la finalidad de extraer la clorofila del sedimento. Al concluir el lapso, se centrifugó la muestra por 15 minutos a ~1,100 g para separar el sedimento. El sobrenadante se recuperó por decantación midiendo su volumen. En seguida cada muestra fue diluida por triplicado para ajustarse a la escala del fluorómetro (0 a 5 µg *clor-a* L<sup>-1</sup>) marca Turner Designs modelo 10-AU donde se evaluó su concentración.

El carbono particulado se calculó por gravimetría (Callieri, 1997). Para ello se filtraron un total de 3 muestras procedentes de trampas de sedimento situadas hacia el fondo del lago en la estación central. Para retener partículas mayores a 0.7  $\mu\text{m}$ , con una eficiencia del 98%, se emplearon filtros Whatman GF/F de 47 mm de diámetro. Estos filtros fueron previamente precombustionados a 500 °C por 4 h. Una vez filtrada la muestra los filtros fueron analizados por el método de pérdida en combustión a 550 °C durante 4 h. (ASTM, 1999).

Los datos de potencial REDOX obtenidos *in situ* mediante la sonda multiparamétrica fueron estandarizados como lecturas de electrodo estándar de Hidrógeno (SHE). Para ello se adicionó a la lectura directa de la sonda el valor del potencial de referencia de su electrodo a 14°C (214.3 mV). La estandarización se efectuó para tener valores comparables con los de la literatura citada.

Para determinar la relación de la densidad, biovolumen y biomasa bacteriana con los factores ambientales se correlacionaron mediante el coeficiente de Spearman ( $\rho$ ) (Maritz, 1995). Así mismo se hicieron análisis de varianza de una vía de la densidad, biovolumen y la biomasa bacteriana para determinar si las variaciones en el transcurso del ciclo anual fueron significativas.

El análisis de redundancia sobre la varianza estadística de la densidad, biovolumen y biomasa bacteriana con respecto a los factores abióticos se realizó con la biblioteca VEGAN 1.17-2 (Oksanen *et al.*, 2010) para compilar en el lenguaje estadístico R (R Development Core Team, 2009). Este análisis permitió probar la varianza de los factores ambientales una vez estandarizados (escalando la media a 0 y la varianza a 1) en relación a la densidad de las bacterias en el sedimento. La confiabilidad de los resultados se determinó por análisis de permutaciones con 999 iteraciones, tomando como resultados significativos los mayores o iguales al 95% de confiabilidad. El resultado son triplots de proyección ordenada para las abundancias de los morfotipos bacterianos. Los triplots fueron interpretados a partir de los factores ambientales expresándose como puntos en el espacio y los factores ambientales como vectores. Éste análisis permitió relacionar la densidad y la biomasa bacteriana con las variables de su entorno físico.

Los datos de densidad, biovolumen y biomasa bacteriana fueron calculados para cada colecta y expresados por sus medias estadísticas con un intervalo del 95 % de confiabilidad de los datos. El 95 % de confianza se calculó de acuerdo a la ecuación 3.

$$\text{Intervalo de confianza} = \bar{x} \pm 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Ecuación 3

Donde:

$\bar{x}$  = media de los datos

$\sigma$  = desviación estándar de los datos

$n$  = tamaño de la muestra

## 7. Resultados

### 7.1. Factores ambientales

El sedimento se caracterizó por ser de color negro el cual en ocasiones presentó de forma aleatoria tapetes bacterianos blanquecinos en su superficie (Figura 3). Durante los meses de estratificación (agosto 2008 - diciembre 2008 y junio 2009 - octubre 2009) se percibió el olor a sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ). En cambio, durante los meses donde el lago mantuvo una concentración de oxígeno mayor a  $1.8 \text{ mg L}^{-1}$  (enero 2009 - mayo 2009) no se percibió el aroma del  $\text{H}_2\text{S}$ .

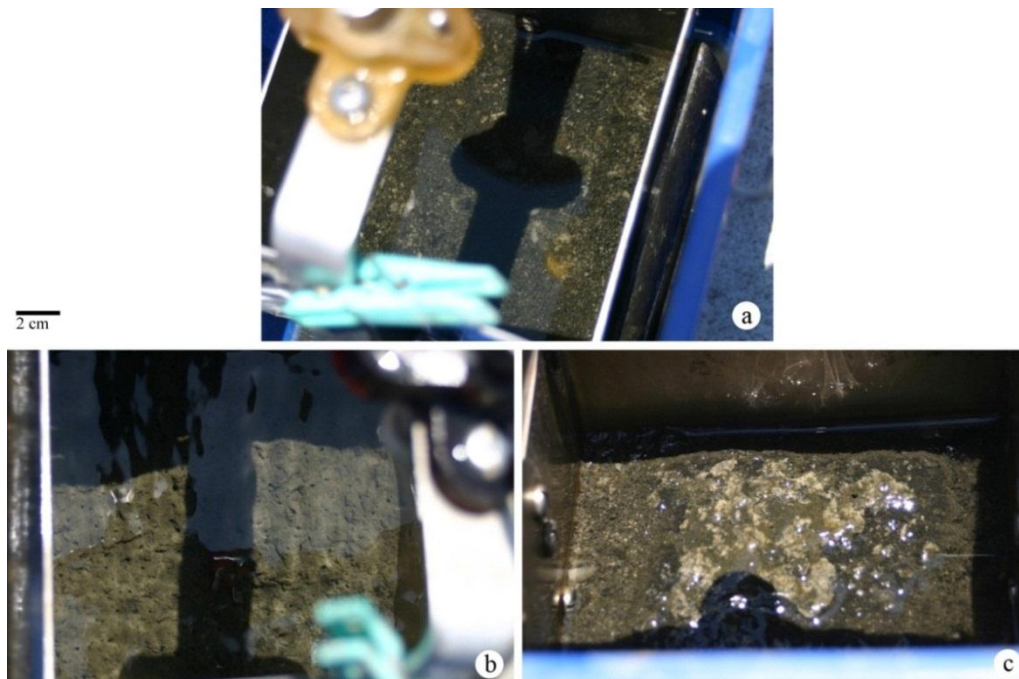


Figura 3. Fotos del sedimento obtenido con una draga tipo Ekman a) representativo del fondo del lago durante todo el ciclo anual, b) con galerías formadas por las larvas de quironómidos, característico de los meses de abril-mayo c) con carpeta bacteriana encontrados en forma aleatoria durante todo el ciclo anual.

De acuerdo a la dinámica del lago y correspondiente a un monomítico cálido, la columna de agua se mantuvo estratificada durante los meses de agosto a diciembre de 2008 y de abril a octubre de 2009 con un epilimnion oxigenado y con temperaturas que oscilaron entre los 16 a 20°C. En contraste en el hipolimnion se registraron concentraciones de oxígeno disuelto de disoxia y anoxia (0 a 0.73 mg L<sup>-1</sup>) con una temperatura de 14.5 °C. A finales de diciembre de 2008 y principio de enero de 2009 la termoclina cedió al descender la temperatura y por efecto del viento el lago se mezcló. Esto se reflejó en la concentración de oxígeno disuelto hacia el fondo del lago, donde aumentó hasta 5.65 mg L<sup>-1</sup>. A finales de marzo y comienzos de abril de 2009 el lago comenzó a estratificarse nuevamente al cesar la temporada de secas y aumentar la temperatura, lo cual condujo nuevamente al agotamiento del oxígeno disuelto hacia el fondo del lago (Tabla 4, Figura 4B).

**Tabla 4. Relación de los factores ambientales obtenidos en las colectas mensuales**

Muestreo	O.D. (mg L <sup>-1</sup> )	REDOX (mV)	N (%)	C (%)	C/N	clor- <i>a</i> (µg cm <sup>-3</sup> )	CTP (g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	COP (g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )
ago-08	0.02	238.30	----	----	----	----	0.20	0.17
sep-08	0.03	226.30	----	----	----	----	0.27	0.21
oct-08	0.03	214.30	0.69	6.42	9.25	----	0.26	0.21
nov-08	0.03	179.30	0.76	7.26	9.53	3.71	0.14	0.14
dic-08	0.05	252.30	0.66	6.38	9.64	21.90	0.16	0.15
ene-09	4.42	506.30	0.21	1.08	5.12	3.20	0.54	0.47
feb-09	5.65	481.30	0.72	6.12	8.55	21.38	0.54	0.52
mar-09	4.71	487.30	0.83	6.37	7.67	6.38	0.40	0.35
abr-09	3.90	467.30	0.78	6.20	7.94	7.85	0.31	0.29
may-09	1.90	455.30	0.69	5.57	8.07	11.23	0.17	0.15
jun-09	1.63	509.30	0.64	5.24	8.18	4.11	0.32	0.32
jul-09	1.63	491.30	0.68	5.59	8.28	2.61	----	----
ago-09	0.73	234.30	0.82	6.07	7.44	21.18	----	----
sep-09	0.13	-23.70	1.04	7.40	7.14	5.28	----	----
oct-09	0.14	-113.70	1.16	8.01	6.91	5.79	----	----

Donde: O.D.: Oxígeno disuelto en la columna de agua a 62 m de profundidad. REDOX: Potencial REDOX en la columna de agua a 62 m de profundidad. N: Contenido porcentual de nitrógeno en el sedimento superficial. C: Contenido porcentual de carbono en el sedimento superficial. C/N: Proporción carbono/nitrógeno en el sedimento superficial. clor-*a*: clorofila-*a* presente en el sedimento superficial. CTP: Flujo de carbono total particulado hacia el fondo del lago. COP: Flujo de carbono orgánico particulado hacia el fondo del lago. ■ Estratificación bien establecida jul-sep; ■ Estratificación tardía oct-dic; ■ Mezcla ene-mar; ■ Estratificación temprana abr-jun.

Por su parte, las lecturas del potencial REDOX obtenidas en la columna de agua adyacente al sedimento registraron valores de -113.70 a 252.30 mV durante los meses de estratificación. En contraste, en los meses cuando el lago estuvo mezclado se obtuvieron lecturas de hasta 509.30 mV (Tabla 4, Figura 4B).

La materia orgánica en el sedimento tuvo un contenido porcentual de carbono orgánico total (COT) que varió de 1.08% a 8.01%, en tanto que el contenido de nitrógeno (N) registró un intervalo de 0.21% a 1.16%. Ambos componentes del sedimento presentaron sus máximos en el mes de octubre de 2009 correspondiente a la estratificación tardía y los mínimos en el mes de enero de 2009, mes que corresponde a la época de mezcla del lago (Tabla 4, Figura 4A). La proporción de C/N se presentó en un intervalo de 5.12 a 9.64, ocurriendo su valor inferior en el mes de enero de 2009 y su máximo en diciembre de 2008 (Tabla 4).

Por su parte, el contenido de clorofila-*a* (clor-*a*) presentó variaciones en el transcurso del ciclo anual (Tabla 4, Figura 4A); observándose cuatro máximos (diciembre 2008 = 21.90  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ; febrero 2009 = 21.38  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ; mayo 2009 = 11.23  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ; agosto 2009 = 21.18  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ). Los máximos de clor-*a* de febrero y mayo del 2009 corresponden a los florecimientos de diatomeas y cianobacterias respectivamente. También se observaron cuatro mínimos (noviembre 2008 = 3.71  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ; enero 2009 = 3.20  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ; julio 2009 = 2.61  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ; septiembre 2009 = 5.28  $\mu\text{g cm}^{-3}$ ).

El flujo de carbono total particulado (CTP) hacia el fondo del lago presentó variaciones de 0.54 a 0.14  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ; siendo el mayor flujo en el mes de enero de 2009, al comienzo de la estratificación y el menor correspondió al mes de noviembre de 2008, en la estratificación tardía (Tabla 4, Figura 4). En tanto que el carbono orgánico particulado (COP) mostró flujos en un patrón similar al CTP, siendo mayor en febrero de 2009 (0.54  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) y menor en el mes de noviembre de 2009 (0.14  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) (Tabla 4, Figura 4C).



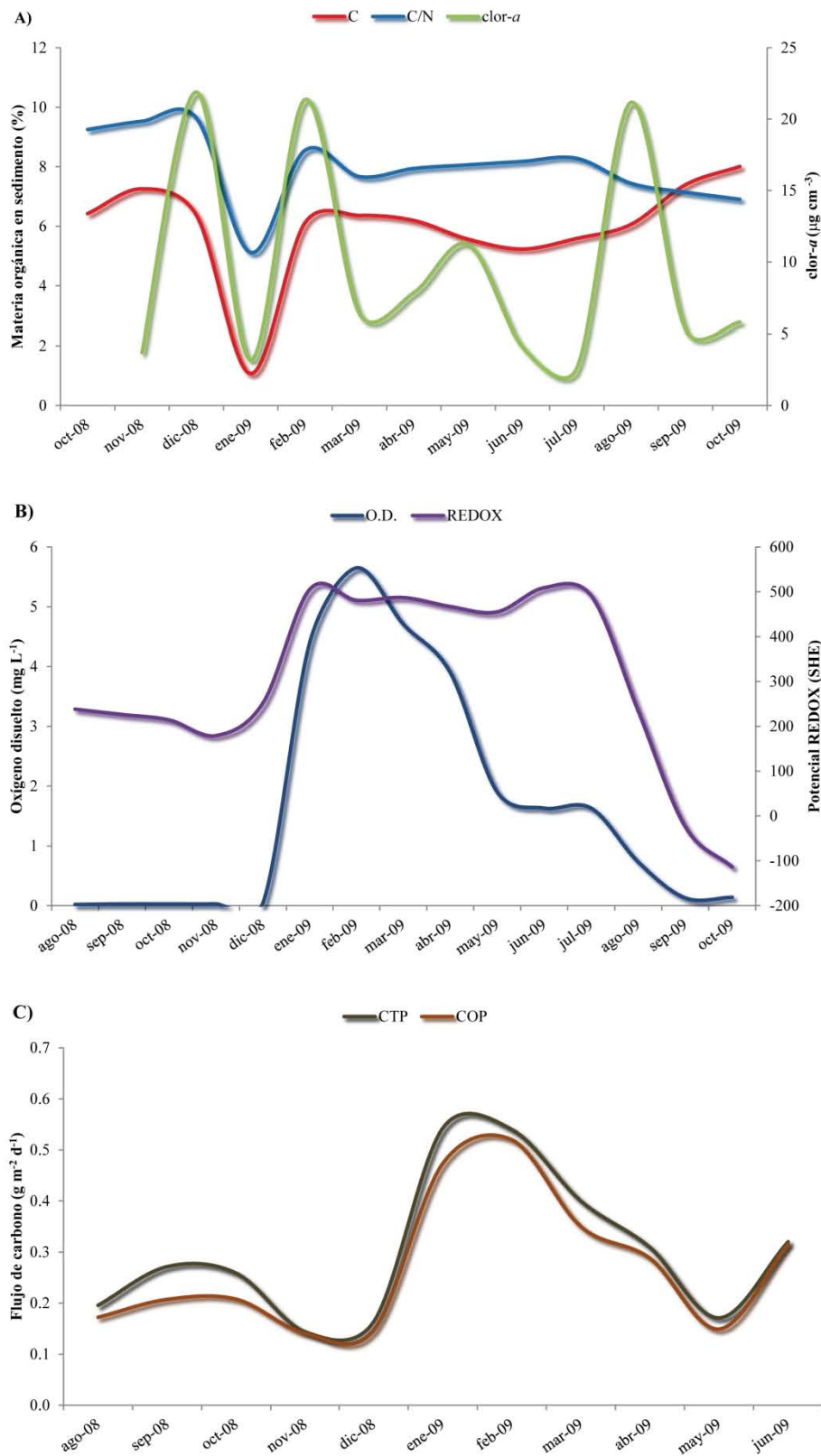


Figura 4. Gráficas de los factores ambientales por muestreo. A) Contenido porcentual de carbono, relación carbono/nitrógeno y clorofila-*a* en el sedimento B) Oxígeno disuelto y potencial REDOX C) Flujo de carbono total particulado y carbono orgánico particulado.

El análisis de jerarquías sobre los factores ambientales medidos en el ciclo anual del lago mostró dos grupos principales (Figura 5). Un grupo estuvo constituido por los muestreos de agosto a diciembre de 2008 y de agosto a octubre de 2009. Estos meses pertenecieron al periodo de estratificación bien establecida y tardía del año 2008, a excepción del mes de mayo de 2009 el cual pertenece aún a la estratificación temprana del lago. El otro grupo estuvo conformado por los meses de enero a julio de 2009. Estos meses comprenden a los periodos de mezcla y estratificación temprana del lago.

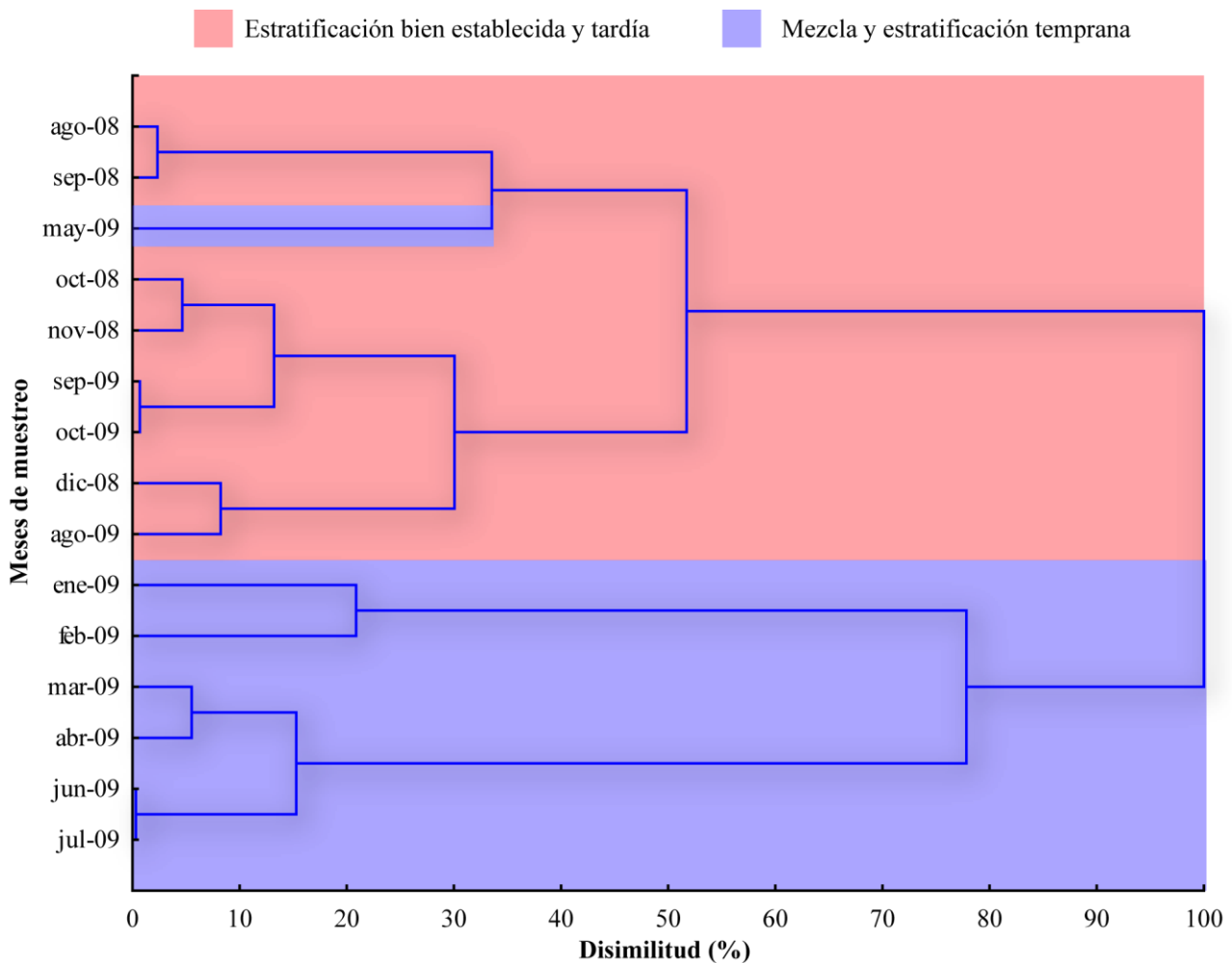


Figura 5. Dendrograma del análisis de agrupamiento por jerarquías efectuado a los factores ambientales en relación a los meses de muestreo.

## 7.2. Densidad

El conteo total de células bacterianas se realizó en 2,034 campos de microscopio (Anexo I), donde se reconoció, sin hacer distinción entre morfotipos, una densidad que varió de  $5.32 \pm 0.25$  a  $16.71 \pm 0.95 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$  de sedimento durante el ciclo anual del lago. La densidad específica de los cocos varió de  $3.02 \pm 0.19$  a  $7.03 \pm 0.33 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$ , la de bacilos varió de  $1.58 \pm 0.28$  a  $10.80 \pm 0.67 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$ , en tanto que la de los filamentos varió de  $0.10 \pm 0.02$  a  $0.55 \pm 0.09 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$ .

La densidad bacteriana, agrupando los tres morfotipos, registró diferencias significativas entre las colectas mensuales (ANDEVA,  $F_{14,2019} = 144.69$ ,  $p < 0.01$ ; Figura 6, Tabla 5). Estas diferencias fueron significativas en los meses caracterizados por la estratificación establecida (agosto y septiembre de 2008) y tardía del lago (de octubre a diciembre de 2008 y octubre de 2009). En éstos meses se obtuvieron los valores más bajos (diciembre 2008:  $n=282$ ,  $5.32 \pm 0.25 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$ ). En los meses de mezcla (enero a marzo de 2009) y en los meses de estratificación temprana (abril a junio de 2009) se registraron los valores más altos (abril 2009:  $n=93$ ,  $16.71 \pm 0.95 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$ ). También se observó un aumento de la densidad bacteriana en el mes de noviembre de 2008 ( $n=97$ ,  $8.11 \pm 0.63 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$ ), seguida de una abrupta disminución de la misma para el mes de diciembre del mismo año ( $n=282$ ,  $5.32 \pm 0.25 \times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$ ).

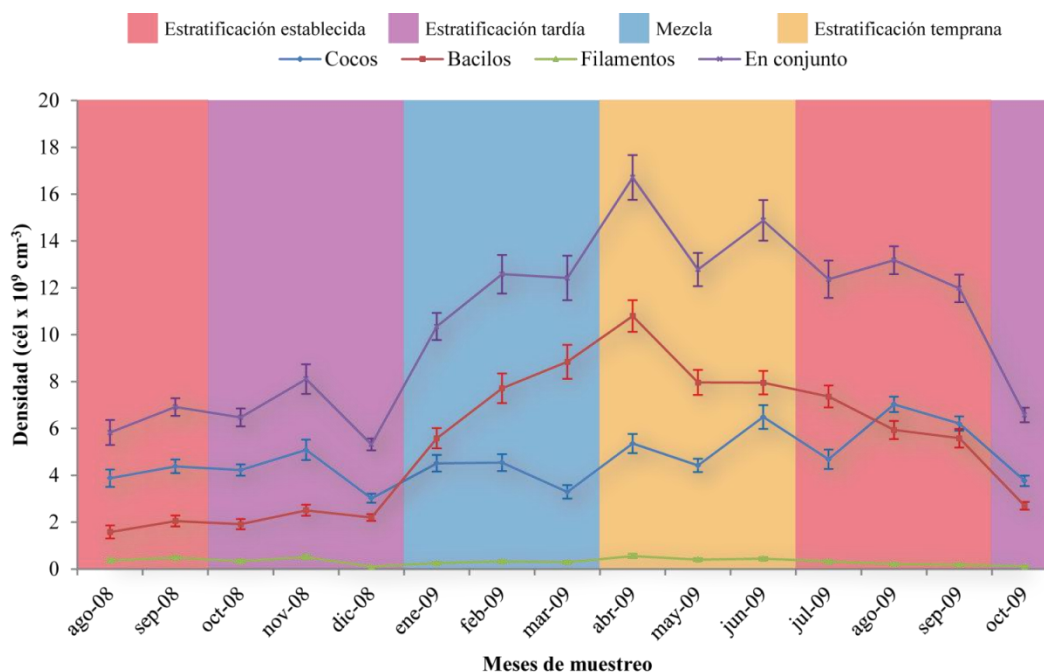






Figura 6. ANDEVAS de la densidad bacteriana en general y por cada morfotipo en los meses de muestreo. Las barras indican los intervalos del 95 % de confiabilidad de los datos.

**Tabla 5. Promedios, con sus intervalos del 95 % de confiabilidad de la densidad bacteriana por morfotipo y mes de muestreo.**

Fecha	Cocos		Bacilos		Filamentos		Total	
	Densidad (cél x 10 <sup>9</sup> cm <sup>-3</sup> )		Densidad (cél x 10 <sup>9</sup> cm <sup>-3</sup> )		Densidad (cél x 10 <sup>9</sup> cm <sup>-3</sup> )		Densidad (cél x 10 <sup>9</sup> cm <sup>-3</sup> )	
ago-08	3.880 ±	0.371	1.582 ±	0.276	0.364 ±	0.093	5.826 ±	0.532
sep-08	4.383 ±	0.287	2.049 ±	0.236	0.482 ±	0.075	6.914 ±	0.372
oct-08	4.227 ±	0.242	1.914 ±	0.216	0.334 ±	0.072	6.474 ±	0.382
nov-08	5.087 ±	0.438	2.507 ±	0.236	0.515 ±	0.106	8.108 ±	0.632
dic-08	3.017 ±	0.192	2.201 ±	0.140	0.102 ±	0.022	5.320 ±	0.252
ene-09	4.513 ±	0.352	5.580 ±	0.430	0.259 ±	0.048	10.352 ±	0.581
feb-09	4.544 ±	0.362	7.717 ±	0.631	0.323 ±	0.058	12.585 ±	0.824
mar-09	3.291 ±	0.288	8.846 ±	0.726	0.286 ±	0.060	12.424 ±	0.949
abr-09	5.355 ±	0.413	10.803 ±	0.674	0.553 ±	0.093	16.712 ±	0.952
may-09	4.421 ±	0.283	7.962 ±	0.535	0.402 ±	0.061	12.785 ±	0.713
jun-09	6.490 ±	0.511	7.951 ±	0.502	0.440 ±	0.074	14.881 ±	0.865
jul-09	4.684 ±	0.419	7.362 ±	0.468	0.320 ±	0.063	12.367 ±	0.797
ago-09	7.029 ±	0.330	5.935 ±	0.389	0.218 ±	0.045	13.183 ±	0.595
sep-09	6.207 ±	0.307	5.586 ±	0.397	0.186 ±	0.043	11.979 ±	0.586
oct-09	3.763 ±	0.228	2.701 ±	0.161	0.113 ±	0.023	6.577 ±	0.309

 **Estratificación establecida**  
 **Estratificación tardía**

 **Mezcla**  
 **Estratificación temprana**

El aumento en la densidad bacteriana agrupando a los morfotipos fue más evidente en el caso particular de los bacilos (Figura 6, Tabla 5). En cambio, los filamentos y los cocos registraron variaciones en su densidad durante todo el ciclo sin hacer distinción por algún periodo del lago.

El análisis de jerarquías efectuado a la densidad bacteriana reconoció dos grupos principales (Figura 7). El primer grupo lo constituyeron aquellos ensamblajes bacterianos colectados en los meses de estratificación bien establecida y tardía del lago (agosto de 2008 a diciembre de 2008 y agosto de 2009 a septiembre de 2009). El segundo conjunto agrupó a los ensamblajes bacterianos colectados en los meses de mezcla y de estratificación temprana del lago.

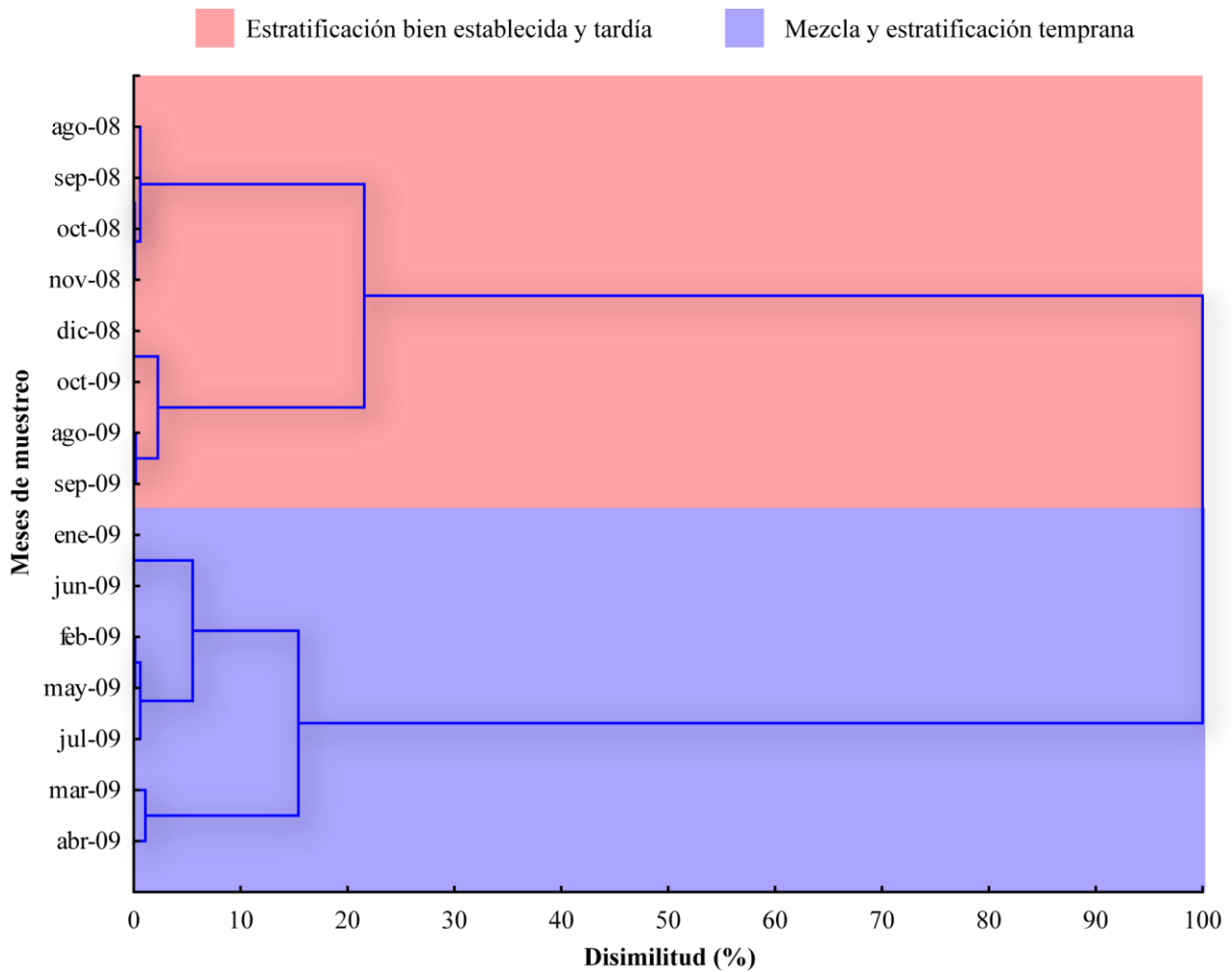


Figura 7. Dendrograma del análisis de agrupamiento por jerarquías efectuado a la densidad bacteriana en relación a los meses de muestreo.

Al correlacionar la densidad de los morfotipos bacterianos en conjunto con la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion se encontró una relación positiva y significativa ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.70$ ,  $p < 0.01$ ; Tabla 6). Esta relación en la densidad bacteriana fue observada, en particular, por el morfotipo de los bacilos que aumentaron su número celular al incrementarse la concentración de oxígeno disuelto en su entorno. Esta relación de los bacilos con el oxígeno disuelto fue significativa ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.85$ ,  $p < 0.01$ ; Tabla 5). Por el contrario los morfotipos de cocos y filamentos no presentaron esta relación con los cambios en la concentración de oxígeno disuelto.

**Tabla 6. Correlaciones por el coeficiente de Spearman ( $\rho$ ) de la densidad bacteriana total y por morfotipo con respecto al contenido de nitrógeno (N), carbono orgánico total (COT) y tasa C/N en el sedimento, a la concentración de clorofila-*a* (clor-*a*) en el sedimento, a la concentración de oxígeno disuelto y potencial REDOX en la columna de agua adyacente al sedimento y a los flujos de carbono particulado total (CTP) y carbono orgánico particulado (COP).**

Morfotipo		N (%)	C (%)	C/N	clor- <i>a</i> ( $\mu\text{g cm}^{-3}$ )	DO ( $\text{mg L}^{-1}$ )	REDOX (mV)	CTP ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )	COP ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
Cocos	$\rho$	0.06	-0.26	-0.18	-0.24	0.18	0.13	0.25	0.25
	<i>n</i>	13	13	13	12	15	15	11	11
	<i>p</i>	0.84	0.38	0.57	0.46	0.52	0.65	0.45	0.45
Bacilos	$\rho$	0.09	-0.47	-0.26	0.11	<b>0.85</b>	<b>0.56</b>	0.39	0.39
	<i>n</i>	13	13	13	12	<b>15</b>	<b>15</b>	11	11
	<i>p</i>	0.76	0.10	0.38	0.73	<b>0.00</b>	<b>0.03</b>	0.23	0.23
Filamentos	$\rho$	-0.51	-0.29	0.34	-0.22	-0.08	0.15	-0.27	-0.29
	<i>n</i>	13	13	13	12	15	15	11	11
	<i>p</i>	0.49	0.34	0.25	0.50	0.77	0.58	0.42	0.39
Total	$\rho$	0.03	<b>-0.56</b>	-0.24	0.16	<b>0.70</b>	<i>0.50</i>	0.46	0.47
	<i>n</i>	13	<b>13</b>	13	12	<b>15</b>	<i>15</i>	11	11
	<i>p</i>	0.91	<b>0.05</b>	0.43	0.62	<b>0.00</b>	<i>0.06</i>	0.15	0.14

Donde  $\rho$  = coeficiente de Spearman; *n* = número de casos; *p* = significancia (95% de confianza en negritas y 90% de confianza en itálicas).

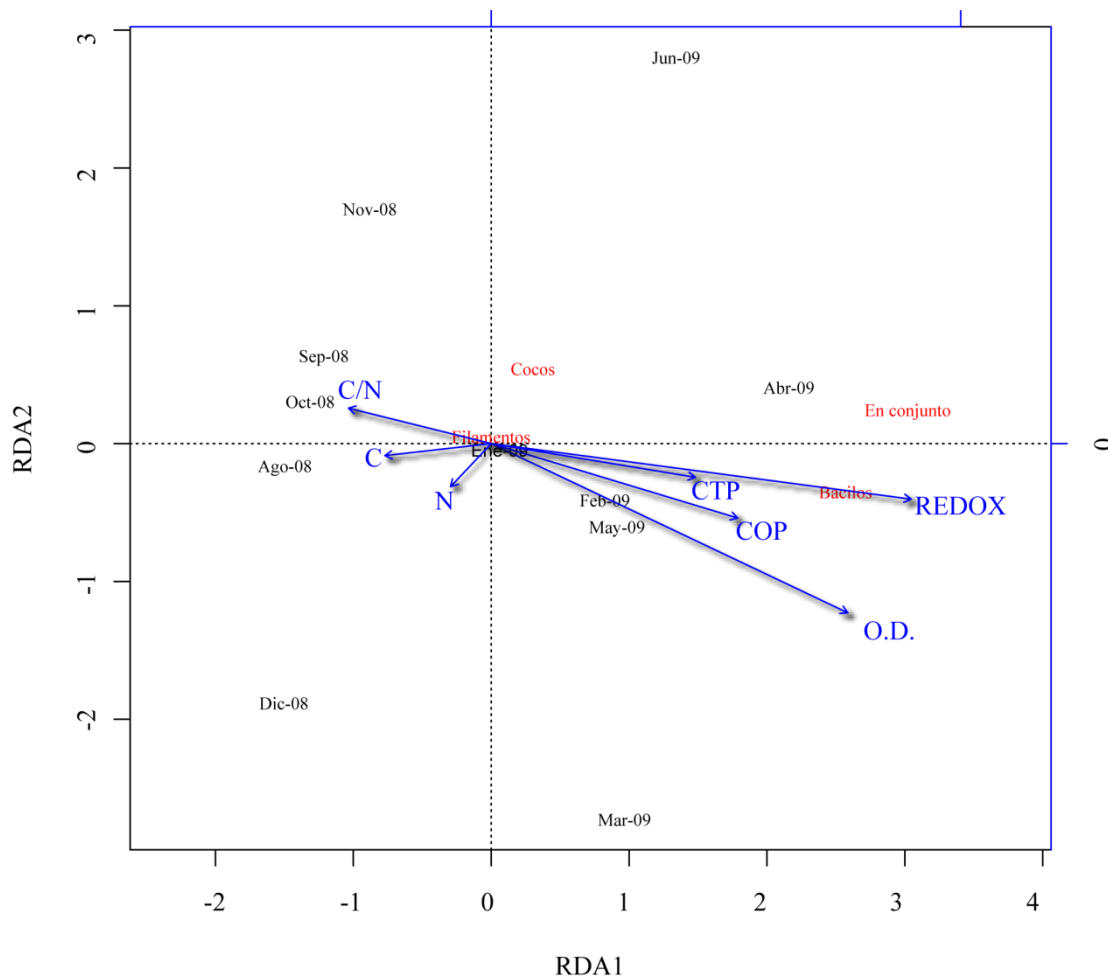
El potencial REDOX se relacionó positivamente con el morfotipo de los bacilos ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.56$ ,  $p = 0.03$ ; Tabla 6); aunque no fue el caso para los otros morfotipos donde no se apreció tendencia alguna; pero si se les considera en conjunto, su densidad se relaciona de manera positiva con el aumento del potencial REDOX, aunque esta relación no fue confirmada matemáticamente con el 95 % de confianza ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.50$ ,  $p = 0.06$ ; Tabla 6).

La densidad bacteriana de los morfotipos en conjunto también se correlacionó con el contenido porcentual del C en la materia orgánica del sedimento. Esta relación fue negativa pero significativa ( $n = 15$ ,  $\rho = -0.56$ ,  $p = 0.05$ ; Tabla 6). No obstante, esta relación no se observó, de manera particular, en algún morfotipo. Así mismo, no se encontró relación alguna de la densidad bacteriana con el contenido de N en el sedimento y por consiguiente con la relación C/N. De la misma manera, la clor-*a* en el sedimento no tuvo relación con la variación temporal en la densidad bacteriana, pese a que el contenido porcentual de C en el sedimento si registró una relación con la densidad.

Los flujos de carbono particulado hacia el fondo del lago, tanto el total (CTP) como el orgánico (COP), no se correlacionaron con la densidad bacteriana, no obstante que el patrón que describió el

flujo de carbono hacia el fondo en el ciclo anual del lago, fue similar al observado en la densidad de los bacilos.

El análisis de redundancia (RDA) indicó que el 95.26% ( $f_{3,7}=8.61$ ,  $p=0.02$ ) de las variaciones en la densidad bacteriana es explicada por la varianza en los parámetros ambientales medidos (N, C, C/N, O.D., REDOX, CTP y COP) (Figura 8). De manera particular solo fue significativa la influencia de la concentración de O.D. sobre el 41.96% ( $f_{1,13}=9.40$ ,  $p=0.01$ ) de la variación en la densidad bacteriana, en tanto que el REDOX fue del 35.6% ( $f_{1,13}=7.19$ ,  $p=0.02$ ). La figura 8 muestra la influencia positiva del COP y del CTP sobre el morfotipo de los bacilos; así como una relación negativa de la proporción de C/N sobre la densidad de los tres morfotipos en conjunto y la de los bacilos en específico. Sin embargo estas relaciones no se comprobaron matemáticamente.



**Figura 8.** Triplot del análisis de redundancia sobre la densidad bacteriana agrupando los tres morfotipos bacterianos y por cada morfotipo en relación a los factores ambientales (O.D.: concentración de oxígeno disuelto; REDOX: potencial REDOX; COP: flujo de carbono orgánico particulado; CTP: flujo de carbono total particulado; C/N: Relación C/N en sedimento; C: carbono en sedimento; N: nitrógeno en sedimento).

### 7.3. Biovolumen

El biovolumen calculado en 16,599 células bacterianas, agrupando los tres morfotipos (Anexo II) registró variaciones (de  $0.019 \pm 0.001$  a  $0.131 \pm 0.091 \mu\text{m}^3$ ) en el transcurso del ciclo anual del lago. De manera particular, el morfotipo de los cocos ( $n = 8,282$ ) registró una variación de  $0.019 \pm 0.001$  a  $0.046 \pm 0.009 \mu\text{m}^3$ . Por su parte los bacilos ( $n = 7,187$ ) registraron valores de  $0.026 \pm 0.002$  a  $0.052 \pm 0.008 \mu\text{m}^3$ . En tanto que el morfotipo de los filamentos ( $n = 1,130$ ) su biovolumen varió de  $0.0512 \pm 0.005$  a  $0.131 \pm 0.091 \mu\text{m}^3$ .

Las diferencias en biovolumen, para el conjunto de los tres morfotipos, fueron significativas (ANDEVA,  $F_{14,16584} = 49.405$ ,  $p < 0.01$ ; Figura 9) entre los meses de agosto 2008 a marzo 2009 y los meses de abril a octubre de 2009. El biovolumen del conjunto de los tres morfotipos celulares tuvo un decremento del año 2008 a 2009. Este decremento también se observó, de manera particular, en los morfotipos de cocos y bacilos. En cambio, los filamentos registraron amplias variaciones en cada mes de muestreo, por lo que el análisis de varianzas no registró una diferencia significativa al comparar los muestreos entre sí (Figura 9, Tabla 7).

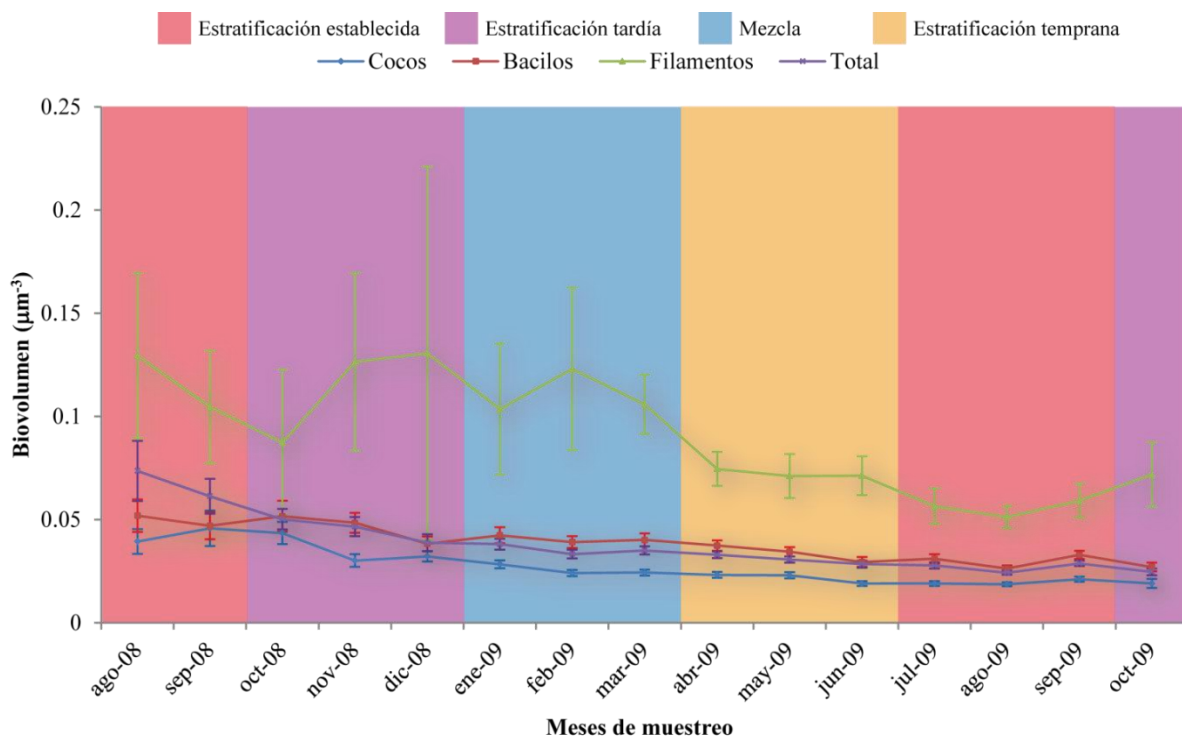


Figura 9. ANDEVAs del biovolumen bacteriano en conjunto y por cada morfotipo en los meses de muestreo. Las barras indican los intervalos del 95 % de confiabilidad de los datos.



**Tabla 7. Promedios, con sus intervalos del 95 % de confiabilidad, del biovolumen bacteriano por morfotipo y mes de muestreo.**

Fecha	Cocos		Bacilos		Filamentos		Total	
	Biovolumen ( $\mu\text{m}^{-3}$ )		Biovolumen ( $\mu\text{m}^{-3}$ )		Biovolumen ( $\mu\text{m}^{-3}$ )		Biovolumen ( $\mu\text{m}^{-3}$ )	
ago-08	0.039	± 0.006	0.052	± 0.008	0.129	± 0.040	0.074	± 0.015
sep-08	0.046	± 0.009	0.047	± 0.007	0.105	± 0.027	0.061	± 0.008
oct-08	0.043	± 0.005	0.052	± 0.008	0.087	± 0.035	0.050	± 0.005
nov-08	0.030	± 0.003	0.048	± 0.005	0.126	± 0.043	0.047	± 0.005
dic-08	0.032	± 0.002	0.038	± 0.003	0.131	± 0.091	0.039	± 0.004
ene-09	0.028	± 0.002	0.042	± 0.004	0.104	± 0.032	0.038	± 0.003
feb-09	0.024	± 0.001	0.039	± 0.003	0.123	± 0.039	0.033	± 0.002
mar-09	0.024	± 0.001	0.040	± 0.003	0.106	± 0.014	0.035	± 0.002
abr-09	0.023	± 0.001	0.037	± 0.003	0.075	± 0.008	0.033	± 0.002
may-09	0.023	± 0.001	0.034	± 0.002	0.071	± 0.011	0.031	± 0.002
jun-09	0.019	± 0.001	0.029	± 0.002	0.071	± 0.009	0.028	± 0.002
jul-09	0.019	± 0.001	0.031	± 0.002	0.056	± 0.009	0.028	± 0.001
ago-09	0.019	± 0.001	0.026	± 0.002	0.051	± 0.005	0.024	± 0.001
sep-09	0.021	± 0.001	0.033	± 0.002	0.059	± 0.008	0.029	± 0.001
oct-09	0.019	± 0.002	0.027	± 0.002	0.072	± 0.016	0.025	± 0.002

Estratificación establecida

Estratificación tardía

Mezcla

Estratificación temprana

El conjunto de los tres morfotipos bacterianos no se correlacionó con algún factor ambiental evaluado. De la misma manera, no existió relación alguna de los factores ambientales con algún morfotipo el particular.

#### 7.4. Biomasa

La biomasa del conjunto de los tres morfotipos bacterianos varió durante el ciclo anual del lago. La biomasa varió en las 16,599 células medidas (Anexo II) en un intervalo de  $56.88 \pm 2.99$  a  $186.85 \pm 7.53 \mu\text{g C cm}^{-3}$ . En el caso particular del morfotipo de los cocos ( $n = 8,282$ ) se reconoció una variación de  $25.97 \pm 2.19$  a  $64.74 \pm 9.51 \mu\text{g C cm}^{-3}$ . En tanto que en los bacilos ( $n = 7,187$ ) se registraron

valores de  $25.58 \pm 1.57$  a  $135.97 \pm 7.51 \mu\text{g C cm}^{-3}$ . Para el morfotipo de los filamentos ( $n = 1,130$ ) su biomasa varió de  $2.50 \pm 0.46$  a  $17.89 \pm 4.95 \mu\text{g C cm}^{-3}$ .

La biomasa del conjunto de los tres morfotipos mostró diferencias significativas (ANDEVA,  $F_{14,16584} = 82.282$ ,  $p < 0.01$ ; Figura 10, Tabla 8) entre los meses de estratificación establecida y tardía del lago con los meses correspondientes al período de mezcla y estratificación temprana. Las diferencias en biomasa se observaron particularmente en el morfotipo de los bacilos. Sin embargo, los cocos y filamentos no presentaron éstas diferencias significativas en biomasa.

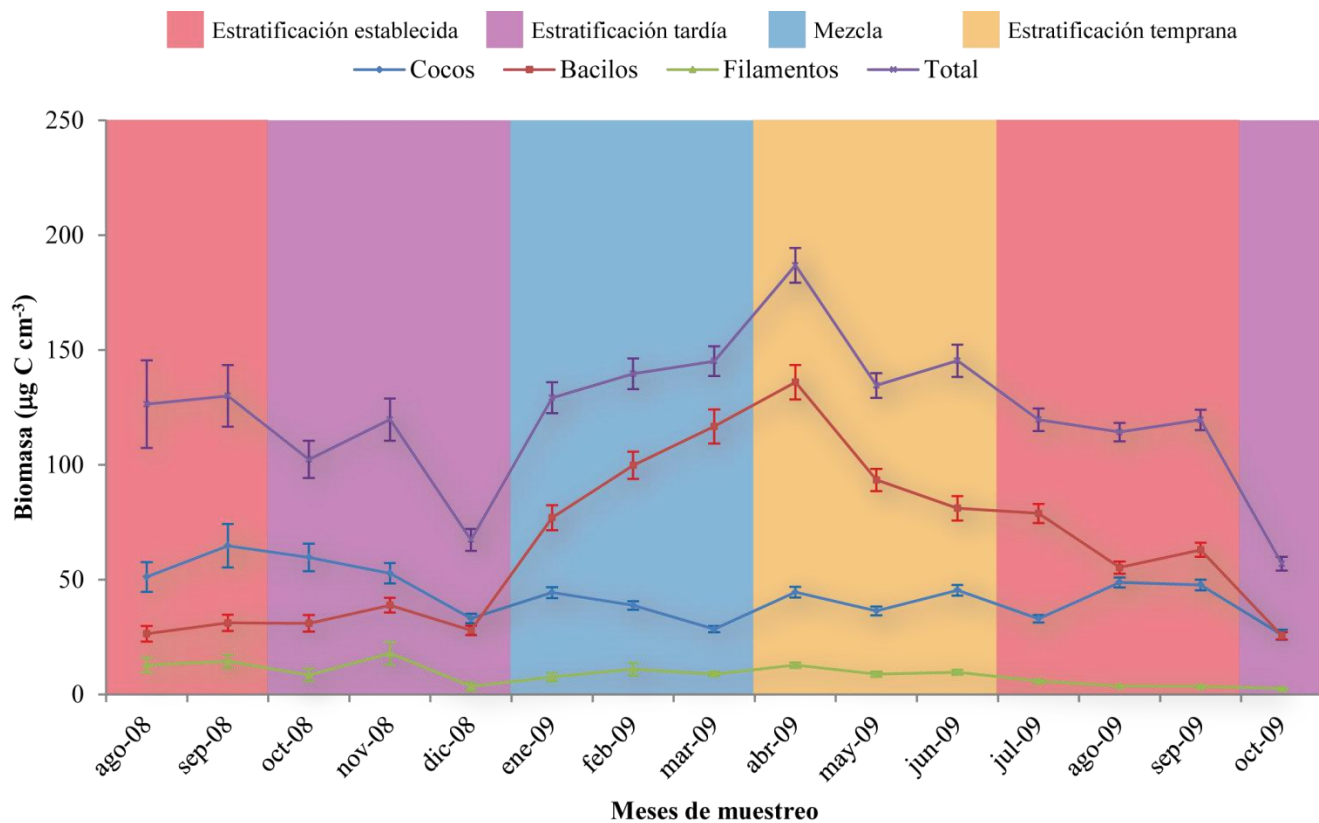


Figura 10. ANDEVAs de la biomasa bacteriana en general y por cada morfotipo en los meses de muestreo. Las barras indican los intervalos del 95 % de confiabilidad de los datos.

El análisis de jerarquías efectuado a la densidad bacteriana reconoció dos grupos principales (Figura 11). El primer grupo lo conformó los meses del año 2008 y el segundo grupo conjuntó a los meses del año 2009. El primer grupo a su vez se caracterizó por ser meses donde el lago permaneció estratificado (estratificación bien establecida y tardía). El segundo grupo a su vez se subdividió, la

primera subdivisión estuvo conformada por los meses de enero a julio de 2009 y la segunda subdivisión por los meses de agosto a octubre de 2009. En los meses agrupados en la primera subdivisión el lago se mezcló (enero a marzo de 2009) y gradualmente se fue estratificando a partir de abril de 2009. En la segunda subdivisión los meses agrupados fueron característicos de la estratificación bien establecida y tardía del lago.

**Tabla 8. Promedios, con sus intervalos del 95 % de confiabilidad, de la biomasa bacteriana por morfotipo y mes de muestreo.**

Fecha	Cocos		Bacilos		Filamentos		En conjunto	
	Biomasa ( $\mu\text{g cm}^{-3}$ )		Biomasa ( $\mu\text{g cm}^{-3}$ )		Biomasa ( $\mu\text{g cm}^{-3}$ )		Biomasa ( $\mu\text{g cm}^{-3}$ )	
ago-08	51.150	± 6.515	26.424	± 3.382	12.808	± 3.175	126.382	± 19.053
sep-08	64.737	± 9.513	31.152	± 3.562	14.388	± 2.865	129.999	± 13.417
oct-08	59.653	± 5.960	30.935	± 3.633	8.449	± 2.786	102.339	± 8.088
nov-08	52.720	± 4.436	38.852	± 3.232	17.893	± 4.950	119.703	± 9.188
dic-08	33.064	± 2.092	27.875	± 2.008	3.459	± 1.840	67.282	± 4.811
ene-09	44.321	± 2.404	76.974	± 5.459	7.569	± 1.858	129.203	± 6.735
feb-09	38.762	± 1.866	99.766	± 5.900	10.988	± 2.800	139.623	± 6.687
mar-09	28.422	± 1.405	116.687	± 7.407	8.873	± 1.025	145.103	± 6.482
abr-09	44.518	± 2.285	135.967	± 7.507	12.724	± 1.194	186.852	± 7.535
may-09	36.369	± 1.894	93.402	± 4.832	8.806	± 1.093	134.556	± 5.368
jun-09	45.373	± 2.326	81.058	± 5.287	9.639	± 1.045	145.293	± 7.028
jul-09	32.941	± 1.696	78.823	± 4.179	5.763	± 0.732	119.624	± 4.869
ago-09	48.744	± 2.188	55.229	± 2.706	3.644	± 0.326	114.237	± 4.012
sep-09	47.676	± 2.311	62.973	± 3.099	3.502	± 0.404	119.548	± 4.442
oct-09	25.967	± 2.190	25.577	± 1.570	2.496	± 0.460	56.885	± 2.995

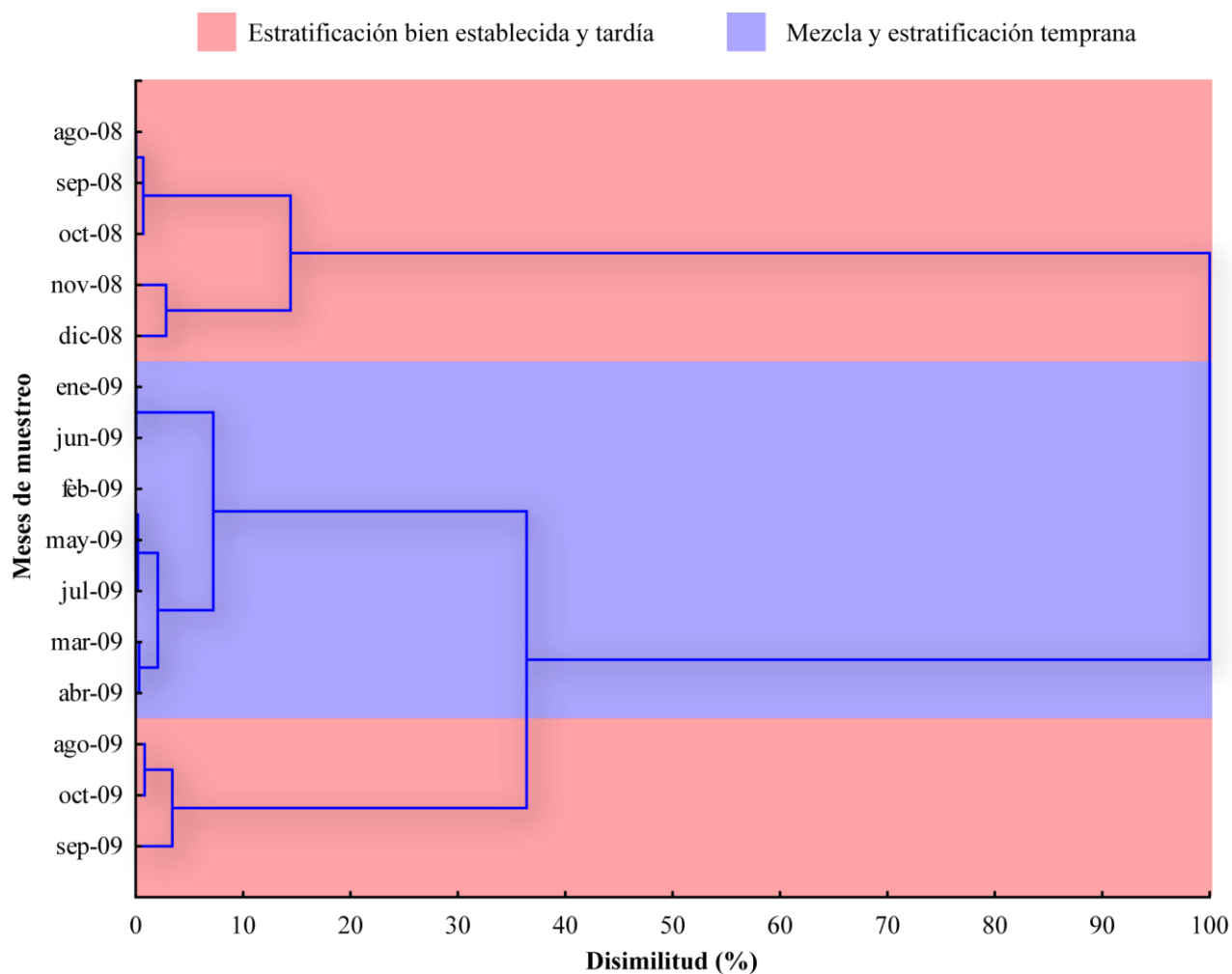
Estratificación establecida

Estratificación tardía

Mezcla

Estratificación temprana

La biomasa bacteriana, agrupando los tres morfotipos, se relacionó positivamente con la concentración de oxígeno disuelto en el fondo del lago ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.56$ ,  $p = 0.03$ ; Tabla 9). Esta relación también se comprobó en el caso particular de los Bacilos ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.83$ ,  $p < 0.01$ ; Tabla 9). En el caso particular del morfotipo de los cocos la relación fue negativa: al disminuir el oxígeno disuelto, su biomasa aumentó ( $n = 15$ ,  $\rho = -0.52$ ,  $p = 0.01$ ; Tabla 9). En cuanto al morfotipo de los filamentos no se encontró relación alguna.



**Figura 11.** Dendrograma del análisis de agrupamiento por jerarquías efectuado a la biomasa bacteriana en relación a los meses de muestreo.

La relación entre la biomasa bacteriana, agrupando los tres morfotipos, con el potencial REDOX fue positiva y significativa ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.65$ ,  $p = 0.01$ ; Tabla 9). Esta relación solo se verificó en el caso particular del morfotipo de los bacilos ( $n = 15$ ,  $\rho = 0.66$ ,  $p = 0.01$ ) a diferencia de los cocos y filamentos donde no se comprobó relación alguna.

El contenido de materia orgánica en el sedimento no mostró relación alguna con la biomasa bacteriana, exceptuando el contenido porcentual de C en el sedimento, el cual mostró una relación negativa con la biomasa del morfotipo de los bacilos. Cabe destacar que dichas relaciones solo estuvieron en un intervalo del 90% de confiabilidad (Total:  $n = 13$ ,  $\rho = -0.53$ ,  $p = 0.06$ ; Bacilos:  $n = 13$ ,  $\rho = -0.52$ ,  $p = 0.07$ ; Tabla 9).

**Tabla 9. Correlaciones por el coeficiente de Spearman ( $\rho$ ) de la biomasa bacteriana total y por morfotipo con respecto al contenido de nitrógeno (N), carbono orgánico total (COT) y cociente C/N en el sedimento, a la concentración de clorofila-*a* (clor-*a*) en el sedimento, a la concentración de oxígeno disuelto (O.D.) y potencial REDOX en la columna de agua adyacente al sedimento y a los flujos de carbono particulado total (CTP) y carbono orgánico particulado (COP).**

Morfotipo		N (%)	C (%)	C/N	clor- <i>a</i> ( $\mu\text{g cm}^{-3}$ )	O.D. ( $\text{mg L}^{-1}$ )	REDOX (mV)	CTP ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )	COP ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
Cocos	$\rho$	-0.05	0.05	0.20	-0.10	<b>-0.52</b>	-0.36	-0.22	-0.24
	<i>n</i>	13	13	13	12	<b>15</b>	15	11	11
	p	0.86	0.87	0.51	0.75	<b>0.01</b>	0.19	0.52	0.48
Bacilos	$\rho$	-0.07	-0.52	-0.12	0.08	<b>0.83</b>	<b>0.66</b>	<i>0.54</i>	<i>0.55</i>
	<i>n</i>	13	13	13	12	<b>15</b>	<b>15</b>	<i>11</i>	<i>11</i>
	p	0.82	<i>0.07</i>	0.71	0.80	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<i>0.09</i>	<i>0.08</i>
Filamentos	$\rho$	-0.14	-0.25	0.35	-0.11	-0.10	0.15	-0.17	-0.19
	<i>n</i>	13	13	13	12	15	15	11	11
	p	0.64	0.42	0.25	0.73	0.72	0.60	0.61	0.57
Total	$\rho$	-0.19	-0.53	-0.04	-0.06	<b>0.56</b>	<b>0.65</b>	<i>0.59</i>	<i>0.58</i>
	<i>n</i>	13	13	13	12	<b>15</b>	<b>15</b>	<i>11</i>	<i>11</i>
	p	0.53	<i>0.06</i>	0.90	0.85	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<i>0.06</i>	<i>0.06</i>

Donde  $\rho$  = coeficiente de Spearman; n = número de casos; p = significancia (95% de confianza en negritas y 90% de confianza en itálicas).

Con respecto a los flujos de carbono de la superficie y columna de agua hacia el fondo del lago se encontró que el CTP mantuvo una relación positiva con la biomasa bacteriana en conjunto de los tres morfotipos ( $n = 11$ ,  $\rho = 0.59$ ,  $p = 0.06$ ; Tabla 9). Esta relación también fue observada particularmente en el morfotipo de los bacilos, pero su relación fue menos significativa ( $n = 11$ ,  $\rho = 0.54$ ,  $p = 0.09$ ). En cuanto al COP, la relación que mantuvo con la biomasa bacteriana fue similar a la del CTP, siendo nuevamente una relación positiva con la biomasa en conjunto de los tres morfotipos ( $n = 11$ ,  $\rho = 0.58$ ,  $p = 0.06$ ; Tabla 9) y de manera particular con el morfotipo de los bacilos ( $n = 11$ ,  $\rho = 0.55$ ,  $p = 0.08$ ).

El análisis de redundancia de la biomasa y los factores ambientales fue similar al obtenido considerando la densidad bacteriana. En éste análisis se explicó un 92.83% ( $F_{7,3}=5.55$ ,  $p=0.04$ ) de la varianza en la biomasa bacteriana por efecto de los factores ambientales (N, C, C/N, O.D., REDOX, CTP y COP) (Figura 12). Particularmente las influencias significativas, al 95% de confianza con 999 iteraciones, fueron del O.D. (53.08%,  $F_{1,13} = 14.71$ ,  $p = 0.01$ ), del potencial REDOX (45.94%,  $F_{1,13} = 11.05$ ,  $p = 0.01$ ) y con una confiabilidad en el intervalo del 90% se encontró el COP (27.05%,  $F_{1,9} = 3.34$ ,  $p = 0.09$ ).

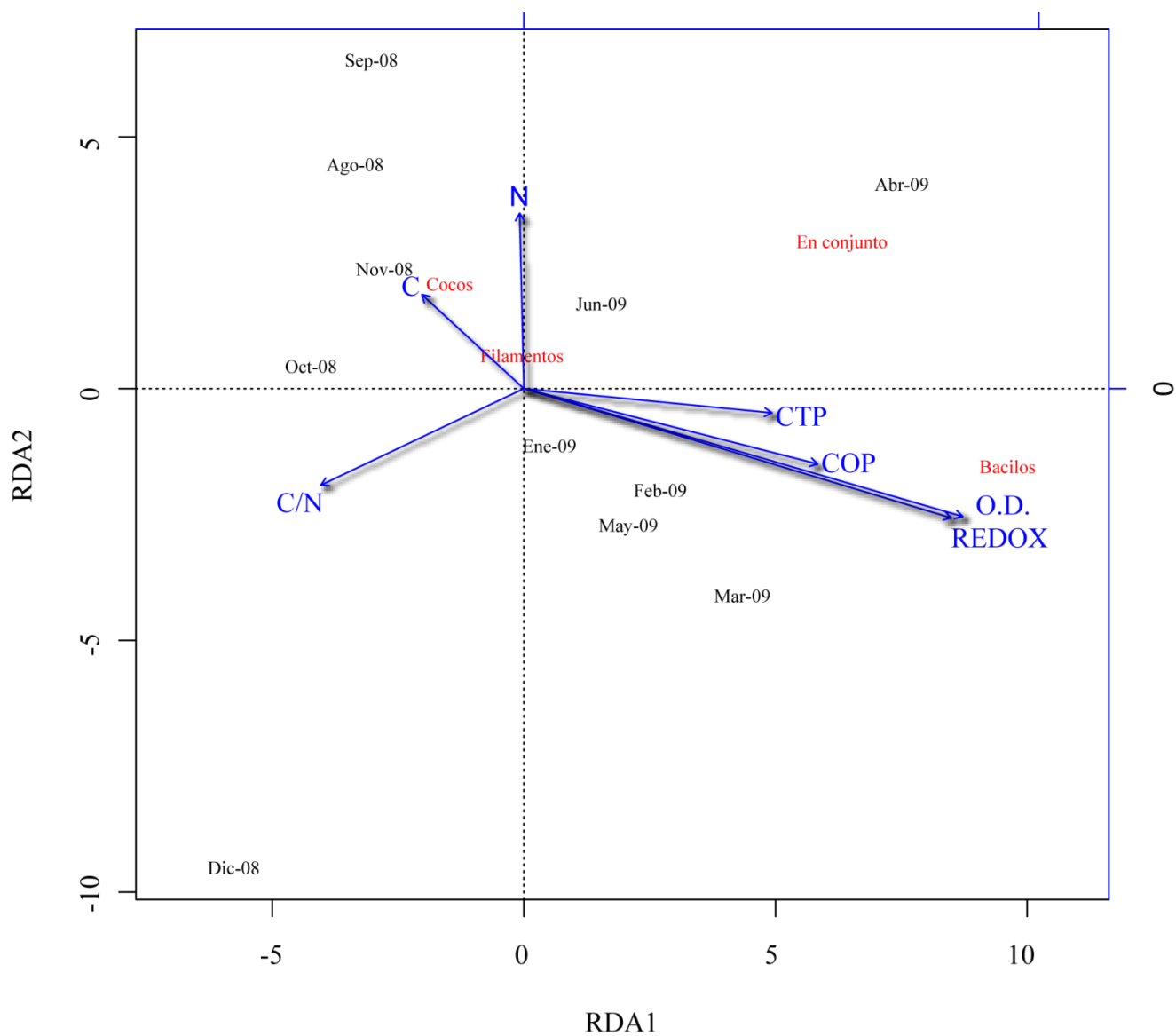


Figura 14. Triplot del análisis de redundancia sobre la biomasa bacteriana agrupando los tres morfotipos y por cada morfotipo en relación a los factores ambientales (O.D.: oxígeno disuelto; REDOX: potencial REDOX; COP: flujo de carbono orgánico particulado; CTP: flujo de carbono total particulado; C/N: Relación C/N en sedimento; C: carbono en sedimento; N: nitrógeno en sedimento).

## 8. Discusión

### 8.1. Factores ambientales

La dinámica anual observada y medida en el lago Alchichica durante este estudio se ajustó a la descrita por Alcocer *et al.* (2000) y Adame *et al.* (2008). Ésta dinámica es congruente a la categoría propuesta de Lewis (1983) de lago momomíctico cálido.

El ambiente del fondo del lago Alchichica se caracteriza por tener condiciones anóxicas durante un largo periodo de tiempo, lo cual se hace evidente por el color negro del sedimento que se atribuye a la precipitación de sulfuro de hierro (II) inorgánico (FeS) (Shchukarev *et al.*, 2008). Otro indicador del déficit de oxígeno es la formación de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) como resultado de la degradación bacteriana de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (Jørgensen, 1982).

Las variaciones en el potencial REDOX medidas en el presente estudio se encuentran dentro de los intervalos establecidos por Bass Becking *et al.* (1960) para sedimentos lacustres (de -220 a 550 mV en pH entre 7 y 9).

Los valores registrados en el presente estudio del carbono orgánico en el sedimento son inferiores a los registrados en otros estudios en sedimentos de lagos oligotróficos (de 45.8 a 4.8%; Meyers e Ishiwatari, 1993). Sin embargo, los valores del presente estudio son más cercanos en similitud a los registrados en estudios de mar profundo (de 0.15 a 1.84%; García-Villalobos y Escobar-Briones, 2007). El contenido porcentual de N tuvo una correlación directa con el contenido de C en el sedimento ( $R^2 = 0.83$ ,  $p < 0.01$ ; Figura 13). Esto indica que la mayor parte del N presente en el sedimento es de tipo orgánico (Hedges *et al.*, 1997). El intercepto de contenido de C en 1.08 % con el N en 0.21 % destaca al representar un mínimo del contenido de C y N en el sedimento. Este bajo contenido de materia orgánica corresponde al mes de enero de 2009 cuando inicia la mezcla del lago y por consiguiente se oxigena el fondo permitiendo la rápida oxidación de la materia orgánica.

El cociente C/N es un parámetro que proporciona información acerca del origen de la materia orgánica y del estado de oxidación de los elementos en el sedimento (Kaushal y Binford, 1999). Las proporciones encontradas en los muestreos fueron características del detrito proveniente de bacterias (3 a 5), picoplancton autotrófico (5 a 8), diatomeas (4 a 9) y fitoplancton en general (7 a 8) (Meyers, 1994; Stein, 1991; Figura 14). Adicionalmente, el valor promedio encontrado en el sedimento indica

detrito relativamente fresco o recién depositado (Tahley *et al.*, 1994). Se ha establecido que en sedimentos ricos en actividad bacteriana es posible que los microorganismos inmovilicen el N mientras el carbono orgánico es remineralizado provocando un descenso en los valores de C/N (Meyers, 1994) como el observado en la figura 13 en el intercepto de contenido de C en 1.08 % con el N en 0.21 %.

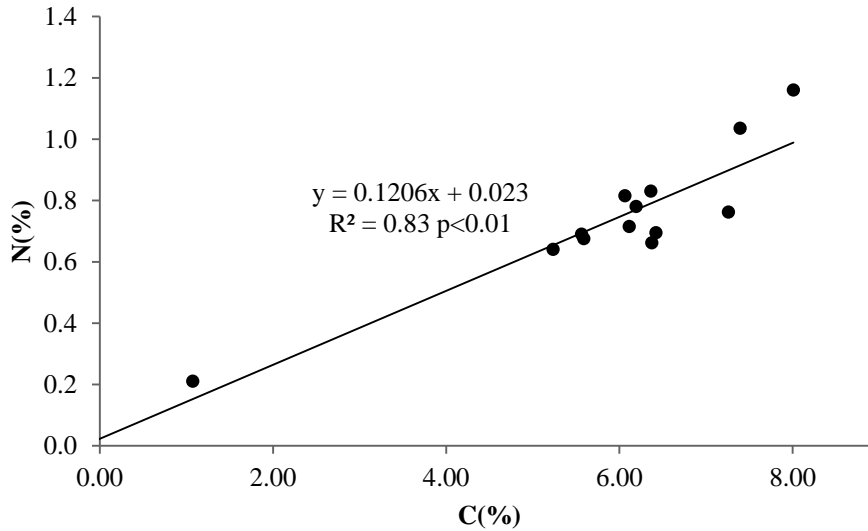


Figura 13. Regresión lineal del C (%) y el N (%) contenidos en el sedimento del lago Alchichica durante el transcurso de un ciclo anual.

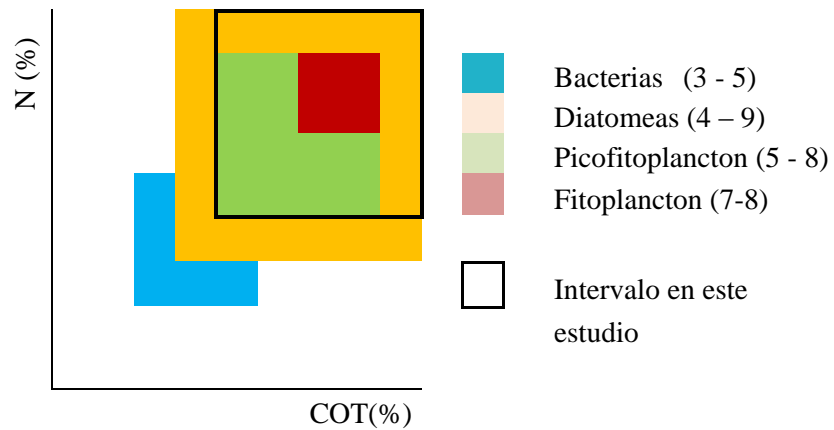


Figura 14. Diagrama del cociente C/N característico en sistemas acuáticos epicontinentales.



Se ha encontrado que en el lago Alchichica la fracción de biomasa dominante del fitoplancton expresada como clorofila *a* es de tallas mayores a 2  $\mu\text{m}$  (Adame *et al.*, 2008), por lo que la velocidad de sedimentación se ha calculado aproximadamente de 4  $\text{m d}^{-1}$  (Alcocer *et al.*, 2007). Esto trae consigo una relación desfasada del contenido de clor-*a* en el sedimento con los florecimientos fitoplanctónicos del lago, el cual al descomponerse promueve el estado anóxico del hipolimnion. Este es el primer paso en la cadena de reacciones que generan condiciones de hipoxia/anoxia en un cuerpo acuático debido a que una parte del fitoplancton no se incorpora en la red trófica y se hunde (junto con la materia fecal generada en la columna de agua, también con carcasas, exuvias y células muertas de microorganismos). Este acúmulo de materia orgánica que se sedimenta en el fondo de los sistemas acuáticos experimenta, desde su trayectoria en la columna de agua, una descomposición abiótica dada por su oxidación, así como una descomposición biótica por la actividad de microorganismos aerobios. Esto ocasiona la reducción hasta el agotamiento de los niveles de oxígeno en el agua intersticial, así como en la columna de agua adyacente y hacia el interior del sedimento (Rabalais *et al.*, 2002).

Los flujos de carbono total y orgánico en el lago Alchichica son mayores a los registrados en otros lagos oligotróficos (Ardiles *et al.*, 2012). El carbono orgánico constituye casi el 100% del flujo total, al participar con más del 90% del flujo total durante el ciclo anual. Adame *et al.* (2008) y Ardiles *et al.* (2012) sugieren que estos elevados flujos de carbono hacia el fondo del lago promueven el estado anóxico del lago durante su estratificación.

## 8.2. Densidad

Aliversieva-Gamidova (1969) estudió el ciclo anual de diferentes grupos de bacterias en el sedimento del Lago Mektheb, Dagestan, Rusia. En el curso de un año encontró diferencias significativas en sus densidades. Casi todos los grupos de microorganismos estudiados tuvieron un mínimo de densidad durante los meses de noviembre y diciembre (saprofitos, actinomycetes, clostridios, metanógenos y sulforeductores). Los productores de metano, actinomycetes y saprofitos tuvieron un máximo en Mayo/Junio, en tanto que los sulforeductores y clostridios tuvieron un máximo en julio. A pesar de que el lago Alchichica difiere del lago Mektheb en latitud y es considerado un lago

monomítico cálido, las mayores densidades también fueron registradas durante su mezcla y al comienzo de su estratificación.

Por su parte Jones (1971) observaron que en lagos eutróficos la temperatura, el pH y la disponibilidad de oxígeno controlan la densidad bacteriana en el sedimento. En cambio, para lagos oligotróficos observaron que solo la temperatura, el pH y la presencia de fitoplancton se relacionan con la densidad bacteriana. Así mismo encontraron una correlación positiva con la materia orgánica particulada sugiriendo una posible limitante en nutrientes. En el presente estudio no se realizó un análisis de la variabilidad de la temperatura y el pH en correlación con la densidad bacteriana debido a que estos factores ambientales mantienen poca variabilidad hacia el fondo del lago. Pero cabe destacar que si se encontró cierta correlación del carbono orgánico particulado con la densidad bacteriana en el sedimento superficial. Y en contraste a los resultados de Jones (1971) la densidad bacteriana no tuvo relación alguna con la concentración de clorofila-*a* en el sedimento.

Un estudio similar realizado por Collins (1977) y Jones *et al.* (1979) en los sedimentos de una serie de lagos británicos (Tabla 1) encontraron que la mayor densidad bacteriana promedio ocurrió a principio de la estratificación de la mayoría de los lagos. La excepción fue un lago eutrófico somero, donde se observaron las mayores densidades de toda la serie, y éstas ocurrieron tanto en la mezcla como al comienzo de la estratificación. Collins (1977) concluye que la densidad bacteriana en la superficie de los sedimentos puede ser un reflejo de la calidad y cantidad de la materia orgánica particulada que circula dentro de los sistemas acuáticos durante el periodo de mezcla.

Schallenberg y Kalff (1993) encontraron en un estudio efectuado en lagos de Canadá (Tabla 2) que la variabilidad en densidad bacteriana se correlacionaba de forma inversa con el contenido de agua intersticial. Así mismo encontraron una correlación inversa entre el contenido de agua intersticial y la cantidad de materia orgánica en el sedimento. En el presente estudio no se analizó el contenido de agua intersticial en el sedimento, pero si se realizó un análisis del contenido porcentual de C y N en el sedimento. En ese análisis se demostró la correlación inversa del C en el sedimento con la densidad bacteriana.

En la revisión hecha por Deming y Yager (1992) encontraron una relación poco significativa e inversa de la densidad bacteriana con la profundidad. La revisión se efectuó a partir de varios estudios de bacterias en sedimentos marinos (Tabla 1). La relación que encontraron se debió al contenido de

carbono en los sedimentos, pero señalan que la correlación es más fuerte y significativa de la densidad con el flujo de carbono hacia el sedimento. La relación que encontraron complementa la afirmación hecha por Gooday y Turley (1990). Ellos afirman que, en un ambiente con limitantes de alimento, la densidad y biomasa béntica estarán directamente relacionadas con la cantidad de alimento que llega al fondo. A su vez, Deming y Baross (1993) señalan que el flujo de carbono particulado hacia el fondo de los océanos puede predecir la densidad bacteriana en el sedimento. En el presente estudio no se encontró dicha relación, pero si se observó una relación inversa entre la densidad bacteriana y el contenido de carbono en el sedimento.

Como parte de una estrategia de sobrevivencia de la comunidad bacteriana ante cambios adversos en su hábitat, es común observar un rápido aumento en el número total de células antes de una severa declinación ante baja disponibilidad de alimento (Amy y Morita, 1983). Aunque en todo el ciclo anual del lago, del presente estudio, se registró la presencia de materia orgánica en el sedimento, ésta materia orgánica no siempre es susceptible a ser degradada (Gray *et al.*, 2002). La materia orgánica más lábil es remineralizada rápidamente en su trayectoria en la columna de agua hacia el fondo. Según Suess (1980) más del 90% del carbono orgánico es oxidado aeróbicamente antes de alcanzar el sedimento. Al depositarse la materia orgánica durante la mezcla del lago, el ensamble bacteriano en el sedimento continua remineralizándola y al final de la estratificación sólo perdura aquella más refractaria. La materia orgánica que llega al sedimento no es fácil de remineralizar y parte de ella escapa totalmente a éste proceso, siendo sepultada y constituyendo parte del sedimento (Henrichs y Reeburgh, 1987). En el presente estudio la diferencia del contenido de materia orgánica en el sedimento durante la mezcla en comparación al periodo de estratificación tardía sugiere que la materia orgánica se está remineralizando más rápido. Esto ocurre debido al aporte de oxígeno que permite su oxidación, así mismo, la materia orgánica es recién formada y lábil ( $C/N < 10$ ) susceptible a ser remineralizada con mayor facilidad (Gray *et al.*, 2002). Adicionalmente, Schallenberg y Kalff (1993) señalan que no se debe relacionar la densidad y biomasa bacteriana con el contenido de materia orgánica en el sedimento ya que su cantidad depende adicionalmente de otros factores como es la actividad enzimática y la asimilación bacteriana.

Schmidt *et al.* (1998) realizaron un análisis de la densidad bacteriana en función al volumen de fluido en los sedimentos. Sus resultados indicaron cierta constancia en la densidad bacteriana para los sedimentos que analizaron a diferencia de registros previos que fueron en función de la masa del

sedimento seco. Las diferencias encontradas al emplear el sedimento seco son debidas a cambios en la porosidad en el grano, donde un pequeño cambio en la porosidad conlleva a un gran cambio en masa en el sedimento seco. Schmidt *et al.* (1998) analizaron varios registros de densidad bacteriana convirtiendo las unidades de medición en volumen de fluido en los sedimentos. En su análisis encontraron que para sedimentos en los océanos existe una constancia en el número de bacterias. En sus conversiones la magnitud de  $10^9$  células  $\text{mL}^{-1}$  de fluido intersticial fue constante para todos los registros. En el presente estudio no se realizó la conversión de unidades por las de volumen de fluido intersticial debido a que no se midió el área del grano de sedimento ni se estableció su porosidad. Sin embargo, los valores obtenidos se encuentran dentro del intervalo que Schmidt *et al.* (1998) proponen como constante para densidades bacterianas globales en los sedimentos de los océanos. No obstante a ello, si se analizan los datos de manera local y en el transcurso del ciclo anual del lago se observan y comprueban diferencias significativas en la densidad bacteriana.

### 8.3. Biovolumen

Las variaciones en biovolumen encontradas en el presente estudio estuvieron dentro del intervalo que establece Neelson (1997) para el volumen bacteriano en el sedimento. Cabe destacar que los valores del presente estudio están dentro de los valores más altos que registra Neelson (1997). Pero es posible que ésta diferencia se deba a que Neelson (1997) asumió la forma esférica para toda bacteria y en el presente estudio se calculó el biovolumen específico para los tres morfotipos diferenciados.

En ambientes con baja disponibilidad de alimento, que correspondería a los meses de estratificación, las bacterias tienen cambios bioquímicos (Zambrano y Kolter, 1996). Algunos de estos cambios son la disminución en la superficie de la membrana, en su composición de membrana y la disminución del contenido de ATP. Adicionalmente, las bacterias ante un stress alimenticio utilizan tanto compuestos internos de reserva como moléculas intracelulares no de reserva para la formación de energía. Esta reducción en la superficie de la membrana, así como la utilización del contenido celular resultan en una disminución del tamaño celular y un cambio a forma esférica en la morfología de bacterias normalmente elongadas. Al cambiar las condiciones ambientales (período de mezcla) las bacterias vuelven a desarrollarse normalmente y se observa un incremento poblacional y de biomasa (Zambrano y Kolter, 1996). Por lo anterior, en el presente estudio los bacilos pudieron haber estado

enmascarados en la forma de cocos durante la estratificación del lago, posteriormente al mezclarse el lago su morfotipo original fue observado. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en el biovolumen bacteriano; por lo tanto su biovolumen no estuvo correlacionado a algún factor ambiental medido.

#### 8.4. Biomasa

De manera similar a lo encontrado en densidad bacteriana, la variabilidad en la biomasa bacteriana estudiada por Schallenberg y Kalff (1993) presentó variaciones en los lagos canadienses donde realizaron su estudio (Tabla 2). Las variaciones en biomasa bacteriana se correlacionaron de forma negativa con la profundidad y de manera positiva con la temperatura. White *et al.* (1991) describen el efecto positivo del incremento en la temperatura sobre la biomasa y densidad del bacterioplancton. En su estudio sugieren que las bacterias deben poseer un alto  $Q_{10}$  por lo que su respuesta es inmediata a variaciones en la temperatura en comparación con otros organismos del bentos. En el presente estudio no se consideró la temperatura ambiental como factor que determine la variabilidad de la biomasa bacteriana en la superficie de los sedimentos, debido a que en el transcurso del ciclo anual del lago la temperatura en el fondo del lago se mantiene constante (aproximadamente 14.5 °C).

Schallenberg y Kalff (1993) a su vez evaluaron el contenido del agua intersticial como factor que determina la biomasa bacteriana. Sus resultados demuestran que el contenido de agua intersticial explica más del 40% de la variación en biomasa bacteriana en el sedimento. Esta correlación que encontraron es negativa pero significativa y a su vez la relacionaron de manera negativa con la cantidad de materia orgánica en el sedimento. La cantidad de materia orgánica en el sedimento expresada como el contenido porcentual de carbono se correlacionó de manera negativa con la biomasa bacteriana en el presente estudio. Sin embargo, esta correlación se comprobó con un 90% confianza.

En el análisis hecho por Deming y Yager (1992) sobre ensamblajes bacterianos en sedimentos marinos encontraron que el flujo de carbono particulado hacia el fondo de los océanos determina la biomasa bacteriana en los mismos. En el presente estudio se encontró una relación entre el flujo de carbono particulado y la biomasa bacteriana. Sin embargo ésta relación no fue determinada con un

95% de confianza, solo estuvo en el intervalo del 90%. Los factores que estuvieron mayormente correlacionados con la biomasa bacteriana fueron el oxígeno disuelto y el potencial REDOX. Pero a su vez, estos factores varían dependiendo de la cantidad y calidad de la materia orgánica que llega al fondo del lago, así como de la actividad hidrolítica de las enzimas extracelulares bacterianas y de la eficiencia en que las bacterias pueden incorporar los productos de la hidrólisis (Deming y Yager, 1992). Pearson y Stanley (1979) encontraron que la biomasa béntica responde de manera directa a fluctuaciones en el potencial REDOX del sedimento. A su vez, observaron que el potencial REDOX varió en función al flujo de carbono hacia el sedimento.

En otros estudios en lagos se ha atribuido la variabilidad en la biomasa y densidad bacteriana a la resuspensión de la materia orgánica particulada previamente sedimentada al fondo del lago (Collins, 1977; Burns y Ross, 1972). Por lo que en época de mezcla de la columna de agua en el lago se puede producir una resuspensión del sedimento fino del fondo, contribuyendo a un aumento en la densidad y biomasa bacteriana.

## 9. Conclusiones

Los resultados y las referencias citadas indican que la densidad y biomasa bacteriana presentes en la superficie del sedimento de la región más profunda del lago Alchichica presentaron variaciones. Estas variaciones diferenciaron a los meses de mezcla y estratificación temprana con los meses de estratificación bien establecida y tardía del lago. Por lo que se demuestra la hipótesis nula ( $H_0$ ): “A lo largo del ciclo anual se registrarán cambios en la densidad y biomasa bacteriana en la capa superficial del sedimento de Alchichica asociados a los eventos de estratificación y mezcla”

Las variaciones en densidad y biomasa bacteriana fueron debidas principalmente a la disponibilidad del oxígeno disuelto en el entorno ambiental bacteriano. De la misma manera, el potencial REDOX, el cual está ligado a la concentración de oxígeno disuelto se relacionó de manera directa con la densidad y biomasa bacteriana.

La variabilidad en densidad y biomasa bacteriana también estuvo relacionada, de manera directa, con el flujo de carbono hacia el fondo del lago. Esta influencia contrastó con la relación inversa observada y comprobada en la cantidad de carbono sedimentada en la superficie del sedimento. Esta relación inversa pudo significar una mayor oxidación de la materia orgánica sedimentada al existir un aporte de carbono recién formado (florecimiento de fitoplacton), la oxigenación del fondo y una mayor densidad bacteriana. Por lo que la relación del carbono orgánico en los sedimentos con la densidad y biomasa bacteriana debe tomarse con reservas.

Las correlaciones encontradas entre la densidad y biomasa bacteriana con varios factores ambientales (la disponibilidad de oxígeno disuelto, el potencial REDOX, la materia orgánica en el sedimento y el flujo de la misma hacia el fondo) permiten afirmar la hipótesis alternativa ( $H_2$ ). Esta hipótesis afirma que: “La variación de los factores ambientales (carbono orgánico particulado, materia orgánica, potencial REDOX, concentración de clorofila-*a* en el sedimento y concentración de oxígeno disuelto) explicarán la variabilidad de la densidad y biomasa bacteriana en la capa superficial del sedimento de Alchichica”.

## 10. Referencias

- Adame, M.F., Alcocer, J., Escobar, E. 2008. Size-fractionated phytoplankton biomass and its implications for the dynamics of an oligotrophic lake. *Freshwater Biology* 53, 22-31.
- Alcocer, J., Filonov, A.E. 2007. A note on the effects of an individual large rainfall event on saline Lake Alchichica, Mexico. *Environmental Geology* 53, 777-783.
- Alcocer, J., Lugo, A., Escobar, E., Sánchez M.R., Vilaclara, G. 2000. Water column stratification and its implications in the tropical warm monomictic Lake Alchichica, Puebla, Mexico. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27, 3166-3169.
- Alcocer, J., López-Anaya, D.P., Oseguera, L.A. 2007. Dinámica del carbono orgánico particulado en un lago tropical profundo. En: Hernandez de la Torre, B. (ed.). *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. Publicaciones del INE, Instituto Nacional de Ecología, México. 239-247.
- Aliversieva-Gamidova, L.A. 1969. Microbiological processes in Mekhteb Lake. *Mikrobiologiya* 38 (6), 1096-1110.
- Altmann, D., Stief, P., Amann, R., de Beer, D., Schramm, A. 2003. In situ distribution and activity of nitrifying bacteria in freshwater sediment. *Environmental Microbiology* 5 (9), 798-803.
- Amy, P., Morita, R. 1983. Starvation-survival patterns of 16 freshly-isolated open-ocean bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 45, 1109-1115.
- Arar, J.E., Collins, B.G. 1997. In Vitro Determination of Chlorophyll a and Pheophytin a in marine and Freshwater Algae by Fluorescence. National Exposure Research Laboratory. Cincinnati, Ohio. 22 pp.
- Ardiles, V., Alcocer, J., Vilaclara, G., Oseguera, L.A. Velasco, L. 2012. Diatom fluxes in a tropical, oligotrophic lake dominated by large-sized phytoplankton. *Hydrobiologia* 679 (1), 77-90.
- ASTM Standard C25.1999. Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003, DOI: 10.1520/C0025-11, <http://www.astm.org>.
- Balogh, K.V, Vörös, L., Tóth, N., Bokros, M., 2003. Changes of organic matter quality along the longitudinal axis of a large shallow lake (Lake Balaton). *Hydrobiologia* 506-509 (1-3), 67-74.
- Bass Becking, L.G.M., Kaplan, I.R., Moore, D. 1960. Limits of the Natural Environment in Terms of pH and Oxidation-Reduction Potentials. *The Journal of Geology* 68 (3), 243-284.
- Boetius, A., Ferdelman, T., Lochte, K. 2000. Bacterial activity in sediments of the deep Arabian Sea in relation to vertical flux. *Deep-Sea Research II* 47, 2835-2875.



- Borg, I., Groenen, P. 1997. Modern multidimensional Scaling: Theory and applications. Springer. 496 pp.
- Böttcher, M.E., Hespeneidea, B., Llobet-Brossaa, E., Beardsleya, C., Larsena, O., Schramma, A., Wielandb, A., Böttcherb, G., Berninger, U., Amanna, R. 2000. The biogeochemistry, stable isotope geochemistry, and microbial community structure of a temperate intertidal mudflat: an integrated study. *Continental Shelf Research* 20 (12-13), 1749-1769.
- Burns, N.M., Ross, C. 1972. Project Hypo. An intensive study of the Lake Erie Central Basin hypolimnion and related surface water phenomena. Canada Centre for Inland Waters, Paper 6. U.S. EPA Technical Report.
- Callieri, C. 1997. Sedimentation and aggregate dynamics in lake Maggiore, a large deep lake in Northern Italy. *Memorie dell' Istituto Italiano di Idrobiologia*. 56, 37-50.
- Canfield, D.E., Kristensen, E., Thamdrup, B. 2005. Heterotrophic carbon metabolism. *Advances in Marine Biology* 48, 129-166.
- Carnigan R., Lean DRS. 1991. Regeneration of dissolved substances in a seasonally anoxic lake. The relative importance of processes occurring in the water column and in the sediments. *Limnology and Oceanography* 36, 638-707.
- Collins, V.G. 1977. Methods in Sediment Microbiology. en: *Advances in Aquatic Microbiology Vol. 1*. Droop, M.R., Jannasch, H.W. (eds.). Academic Press. 219-272 pp.
- Dauwe, B., Middelburg, J.J., Herman, P.M.J., Heip, C.H. 1999. Linking diagenetic alteration of amino acids and bulk organic matter reactivity. *Limnology and Oceanography* 44, 1809-1814.
- DeFlaun, M.F., Mayer, L.M. 1983. Relationships between bacteria and grain surfaces in intertidal sediments. *Limnology and Oceanography* 28 (5), 873-881.
- Deming, J.W., Baross, J.A. 1993. The early diagenesis of organic matter: Bacteria activity. En: Engel, M., Macko, S. *Organic Geochemistry 6, Topics in Geobiology*, Plenum Press, New York, USA. 119-144.
- Deming, J.W., Yager, P.L. 1992. Natural bacteria assemblages in deep-sea sediments: Towards a global view. En: Rowe, G.T., Pariente, V. *Deep-Sea food chains and the global carbon cycle*. Kluwer Academic Publishers. 11-27.
- Edmonds, J.W., Weston, N.B., Joye, S.B., Moran, M.A. 2008. Variation in prokaryotic community composition as a function of resource availability in tidal creek sediments. *Applied and Environmental Microbiology* 74 (6), 1836-1844.
- Epstein, S.S., Alexander, D., Cosman, K., Dompé, A., Gallagher, S., Jarsobski, J., Laning, E., Martinez, R., Panasik, G., Peluso, C., Runde, R., Timmer, E. 1997. Enumeration of sandy sediment bacteria: Are the counts quantitative or relative? *Marine Ecology Progress Series* 151, 11-16.

- ESA. 2002. Hypoxia. En línea: [www.esa.org/education\\_diversity/pdfDocs/hypoxia.pdf](http://www.esa.org/education_diversity/pdfDocs/hypoxia.pdf) consultado: 05/06/09.
- Ferrara Guerrero, M.J., Romero Jarero, J.M., Saitz Ceballos, S., Núñez Cardona, M.T., Villena Irive, F.J. 1987. Distribución de bacterias en los sedimentos de la región sur del Golfo de California, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 15 (1) 195-204.
- Findlay, R.H., King, G.M., Watling, L. 1989. Efficacy of phospholipid analysis in determining microbial biomass in sediments. *Applied and Environmental Microbiology* 55 (11), 2888-2893.
- Frischer, M.E., Danforth, J.M., Newton, M.A., Saunders, H., Saunders, F.M. 2000. Whole-cell versus total RNA extraction for analysis of microbial community structure with 16S rRNA-targeted oligonucleotide probes in salt marsh sediments. *Applied and Environmental Microbiology* 66 (7), 3037-3043.
- Fry, J.C. 1988. Determination of biomass. En: Austin, B. (ed.). *Methods in aquatic bacteriology*. John Wiley & Sons. 27-72.
- Furtado, A.L.dS., Casper, P. 2000. Different methods for extracting bacteria from freshwater sediment and a simple method to measure bacterial production in sediment samples. *Journal of Microbiological Methods* 41, 249-257.
- Gächter, R., Meyer, J.S., Mares, A. 1988. Contribution of bacteria to release and fixation of phosphorus in lake sediments. *Limnology and Oceanography* 33 (6), 1542-1558.
- García-Villalobos, F.J., Escobar-Briones, E. 2007. Distribución espacial del carbono orgánico total en el sedimento superficial de la planicie abisal del Golfo de México. En: Gaxiola Castro, G., Hernández de la Torre, B (comp.) *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. INE-CICESE. 117-128.
- Gasca, D.A. 1981. Génesis de los lagos-cráter de la Cuenca de Oriental Puebla-Tlaxcala-Veracruz. *Colección Científica* 98, Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 57 pp.
- Goedkoop, W., Johnson, R.K. 1996. Pelagic-benthic coupling: Profundal benthic response to spring diatom deposition in mesotrophic Lake Erken. *Limnology and Oceanography* 41 (4), 636-647.
- Golterman, H.L. 2001. Phosphate release from anoxic sediments or 'What did Mortimer really write?' *Hydrobiology* 450, 99-106.
- Gooday, A.J., Turley, C.M. 1990. Responses by benthic organisms to inputs of organic material to the ocean floor: A review. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 331, 119-138.
- Gough, H.L., Stahl, D.A. 2003. Optimization of direct cell counting in sediment. *Journal of Microbiological Methods* 52, 39-43.
- Gray, J.S., Shiu-sun, R., Or, Y.Y. 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series* 238, 249-279.

- Hedges, J.I., Keil, R.G., Benner, R. 1997. What happens to terrestrial matter in the ocean? *Organic Geochemistry* 27 (5-6), 195-212.
- Henrichs, S.M., Reeburgh W.S. 1987. Anaerobic mineralization of marine sediment organic matter: Rates and the role of anaerobic processes in the oceanic carbon economy. *Geomicrobiology Journal* 5 (3-4), 191-237.
- Hernández-Avilés, J.S., Macek, M., Alcocer, J., López-Trejo, B., Merino-Ibarra, M. 2010. Prokaryotic picoplankton dynamics in a warm-monomictic saline lake: temporal and spatial variation in structure and composition. *Journal of Plankton Research* 32 (9), 1301-1314.
- Hutchinson, G.E. 1957. *A treatise on limnology*. Wiley. 1015 pp.
- Jones, J.G. 1971. Studies on freshwater bacteria\_factors which influence the population and its activity. *Journal of Ecology* 59, 593-613.
- Jones, J.G., Orlandi, M.J.L.G., Simon, B.S. 1979. A microbiological study of sediments from the Cumbrian lakes. *Journal of General Microbiology* 115, 37-48.
- Jørgensen, B.B. 1982. Ecology of the bacteria of the sulphur cycle with special reference to anoxic-oxic interface environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 298, 543-561.
- Joye, S.B., Lee, R.Y. 2004. Benthic microbial mats: important sources of fixed nitrogen and carbon to the Twin Cays, Belize ecosystem. *Atoll Research Bulletin* 528.
- Kaushal, S., Binford, W.M. 1999. Relationship between C:N ratios of lake sediments, organic matter sources, and historical deforestation in Lake Pleasant, Massachusetts, USA. *Journal of Paleolimnology* 22 (4), 439-442.
- Kepner, R.L. Jr., Pratt, J.R. 1994. Use of fluorochromes for direct enumeration of total bacteria in environmental samples: past and present. *Microbiological Reviews* 58 (4), 603-615.
- Lewis, W.M. Jr. 1983. A revised classification of lakes based on mixing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40, 1779-1787.
- Loferer-Krößbacher, M., Klima, J., Psenner, R. 1998. Determination of bacterial cell dry mass by transmission electron microscopy and densitometric image analysis. *Applied and Environmental Microbiology* 64, 688-694.
- Lüdemann, H., Arth, I., Liesack, W. 2000. Spatial changes in the bacterial community structure along a vertical oxygen gradient in flooded paddy soil cores. *Applied and Environmental Microbiology* 66 (2), 754-762.
- Mallin, N.A., Johnson, V.L., Ensign, S.H., MacPherson, T.A. 2006. Factors contributing to hypoxia in rivers, lakes, and streams. *Limnology and Oceanography* 51, 690-701.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona. 1010 pp.

- Maritz, J.S. 1995. *Distribution-Free Statistical Methods*. Segunda Edición. Chapman and Hall, Londres. 256 pp.
- Meyers, P.A. 1994. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 114, 289-302.
- Meyers, P.A., Ishiwatari, R. 1993. Lacustrine organic geochemistry – an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Organic Geochemistry* 20 (7), 867-900.
- Middelburg, J.J. 1989. A simple rate model for organic matter decomposition in marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53, 1577-1581.
- Nealson, K.H. 1997. Sediment Bacteria. Who's there, what are they doing, and what's new? *The Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 25, 403-434.
- Nürnberg, G.K. 1995. Quantify anoxia in lakes. *Limnology and Oceanography* 40, 1100-1111.
- Oksanen, J., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R.B., Gavin, L., Solymos, S., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Wagner, H. 2010. *Vegan: Community Ecology Package*. Ver. 1.17-2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Oliva, M.G., Lugo, A., Alcocer, J., Peralta, L., Sánchez M.R. 2001. Phytoplankton dynamics in a deep, tropical, hyposaline lake. *Hydrobiologia* 466, 299-306.
- Oliva, M.G., Lugo, A., Alcocer, J., Peralta, L., Oseguera, L.A. 2009. Planktonic Bloom-forming *Nodularia* in the saline Lake Alchichica, Mexico. *Natural Resources and Environmental Issues* 15 (1), 121-126.
- Pearson, T.H., Stanley, S.O. 1979. Comparative measurement of the redox potential of marine sediments as a rapid means of assessing the effect of organic pollution. *Marine Biology* 53, 371-379.
- Pella, E., 1990. Elemental organic analysis. Part 1. Historical developments. *American Laboratory* 22 (2), 116-125.
- R Development Core Team, 2009. *R 2.9.1: A Language and environment for statistical computing*. Versión 2.9.1.
- Rabalais, N.N., Turner, R.E., Scavia, D. 2002. Beyond Science into Policy: Gulf of Mexico Hypoxia and the Mississippi River. *Bioscience* 52, 129-142.
- Revsbech, N.P., Sorensen, J., Blackburn, T.H., Lomholt, J.P. 1980. Distribution of oxygen in marine sediments measured with microelectrodes. *Limnology and Oceanography* 25, 403-411.
- Rhoads, D.C., Morse, J.W. 1971. Evolutionary and ecologic significance of oxygen-deficient marine basins. *Lethaia* 4. 413-428.

- Rosselló-Mora, R., Thamdrup, B., Schäfer, H., Weller, R., Amann, R. 1999. The response of the microbial community of marine sediments to organic carbon input under anaerobic conditions. *Systematic and Applied Microbiology* 22, 237–248.
- Rowe, G.T., Deming, J.W. 1985. The role of bacteria in the turnover of organic carbon in deep-sea sediments. *Journal of Marine Research* 43, 925-950.
- Saitz-Ceballos, M., Ferrara-Guerrero, M. J., Romero Jarero, J. 1985. Distribución cuantitativa de bacterias y levaduras heterotróficas en las costas de Sinaloa y Nayarit, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Contribución 460 13 (3), 87-106.
- Sass, H., Wieringa, E., Cypionka, H., Babenzien, H.D., Overmann, J. 1998. High genetic and physiological diversity of sulfate-reducing bacteria isolated from an oligotrophic lake sediment. *Archives of Microbiology* 170, 243-251.
- Schallenberg, M., Kalff, J. 1993. The Ecology of sediment bacteria in lakes and comparisons with other aquatic ecosystems. *Ecology* 74 (3), 919-934.
- Schmidt, J.L., Deming, J.W., Jumars, P.A., Keil, R.G. 1998. Constancy of bacterial abundance in surficial marine sediments. *Limnology and Oceanography* 43 (5), 976-982.
- Shchukarev, A., Gälman, V., Rydberg, J., Sjöberg, S., Renberg, I. 2008. Speciation of iron and sulphur in seasonal layers of varved lake sediment: an XPS study. *Surface and Interface Analysis* 40, 354-357.
- Soetaert, K., Herman, P.M.J., Middelburg, J.J., Heip, C. 1998. Assessing organic matter mineralization, degradability and mixing rate in an ocean margin sediment (Northeast Atlantic) by diagenetic modeling. *Journal of Marine Research* 56, 519-534.
- Stein, R. 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, Berlin. 217 pp.
- Suess, E. 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans—surface productivity and oxygen utilization. *Nature* 288, 260–263.
- Tahley, T.M., Duineveld, G.C.A., Berghuis, E.M., Helder, W. 1994. Relation between sediment-water fluxes of oxygen and silicate and faunal abundance at continental shelf, slope and deep-water stations in the northwest Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 104, 119-130.
- Velji, M.I., Albright, L.J. 1985. Microscopic enumeration of attached marine bacteria of seawater, marine sediment, fecal matter, and kelp blade samples following pyrophosphate and ultrasound treatments. *Canadian Journal of Microbiology* 32, 121-126.
- Vilaclara, G., Chávez, M., Lugo, A., González, H. Gaytán, M. 1993. Comparative description of crater-lakes basic chemistry in Puebla State, Mexico. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 25, 435–440.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology. Lake and river ecosystems*. Elsevier-Academic Press, 1006 pp.

- Wetzel, R.G., Likens, G.E. 2000. *Limnological analyses*. Springer-Verlag New York. 3<sup>a</sup> Ed. 429 pp.
- White, P.A., Kalff, J., Rasmussen, J.B., Gasol, J.M. 1991. The effects of temperature and algal biomass on bacterial production and specific growth rate in freshwater and marine habitats. *Microbial Ecology* 21, 99–118.
- Wijsman, J.W.M., Herman, P.M.J., Middelburg, J.J. 2001. A model for early diagenetic processes in sediments of the continental shelf of the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, 403-421.
- Zambrano, M., Kolter, R. 1996. GASping for life in stationary phase. *Cell* 86, 181-184.
- Zepp Falz, K., Holliger, C., Grobkopf, R., Liesack, W., Nozhevnikova, A.N., Müller, B., Wehrli, B., Hahn, D. 1999. Vertical distribution of methanogens in the anoxic sediment of Rotsee (Switzerland). *Applied and Environmental Microbiology* 65 (6), 2402-2408.

Promedios de densidad bacteriana ( $\bar{x}$ :  $\times 10^9$  cél  $\text{cm}^{-3}$  de sedimento) calculados por preparación, réplica y muestreo.

Muestreo	Réplica	Preparación	Campos	Cocos			Bacilos			Filamentos			Total		
			contados	$\bar{x}$	$\pm$	95%	$\bar{x}$	$\pm$	95%	$\bar{x}$	$\pm$	95%	$\bar{x}$	$\pm$	95%
ago-08	1	1	28	3.26	$\pm$	0.60	0.80	$\pm$	0.32	0.40	$\pm$	0.17	4.46	$\pm$	0.84
		3	20	3.76	$\pm$	0.73	2.02	$\pm$	0.70	0.25	$\pm$	0.18	6.03	$\pm$	1.15
		<i>Promedio</i>	24	3.47	$\pm$	0.46	1.31	$\pm$	0.38	0.33	$\pm$	0.12	5.11	$\pm$	0.71
	2	1	18	4.01	$\pm$	0.79	2.47	$\pm$	0.82	0.79	$\pm$	0.31	7.26	$\pm$	1.23
		2	19	4.96	$\pm$	1.11	1.22	$\pm$	0.45	0.16	$\pm$	0.16	6.34	$\pm$	1.31
		3	20	3.73	$\pm$	0.87	1.79	$\pm$	0.61	0.25	$\pm$	0.14	5.76	$\pm$	1.30
<i>Promedio</i>	20	4.23	$\pm$	0.55	1.81	$\pm$	0.38	0.39	$\pm$	0.14	6.43	$\pm$	0.75		
<b>Promedio</b>	<b>21</b>	<b>3.88</b>	$\pm$	<b>0.37</b>	<b>1.58</b>	$\pm$	<b>0.28</b>	<b>0.36</b>	$\pm$	<b>0.09</b>	<b>5.83</b>	$\pm$	<b>0.53</b>		
sep-08	1	1	19	3.65	$\pm$	0.74	2.27	$\pm$	0.90	0.50	$\pm$	0.18	6.42	$\pm$	0.92
		2	20	3.76	$\pm$	0.57	2.25	$\pm$	0.34	0.48	$\pm$	0.20	6.49	$\pm$	0.83
		3	18	4.59	$\pm$	0.62	1.75	$\pm$	0.54	0.50	$\pm$	0.16	6.83	$\pm$	0.73
		<i>Promedio</i>	19	3.98	$\pm$	0.38	2.10	$\pm$	0.36	0.49	$\pm$	0.10	6.57	$\pm$	0.52
	2	1	17	5.15	$\pm$	0.67	1.85	$\pm$	0.49	0.40	$\pm$	0.13	7.40	$\pm$	0.84
		2	17	4.19	$\pm$	0.58	2.43	$\pm$	0.43	0.58	$\pm$	0.24	7.20	$\pm$	1.02
3		17	5.15	$\pm$	0.78	1.70	$\pm$	0.57	0.44	$\pm$	0.18	7.29	$\pm$	0.87	
<i>Promedio</i>	17	4.83	$\pm$	0.40	1.99	$\pm$	0.30	0.47	$\pm$	0.11	7.29	$\pm$	0.52		
<b>Promedio</b>	<b>18</b>	<b>4.38</b>	$\pm$	<b>0.29</b>	<b>2.05</b>	$\pm$	<b>0.24</b>	<b>0.48</b>	$\pm$	<b>0.08</b>	<b>6.91</b>	$\pm$	<b>0.37</b>		
oct-08	1	1	18	4.19	$\pm$	0.71	2.45	$\pm$	0.52	0.58	$\pm$	0.19	7.23	$\pm$	1.14
		2	14	5.00	$\pm$	0.71	3.28	$\pm$	0.72	0.84	$\pm$	0.27	9.11	$\pm$	0.88
		3	17	5.28	$\pm$	0.48	1.99	$\pm$	0.40	0.29	$\pm$	0.14	7.56	$\pm$	0.52
		<i>Promedio</i>	16	4.80	$\pm$	0.39	2.53	$\pm$	0.34	0.55	$\pm$	0.13	7.88	$\pm$	0.56
	2	1	23	4.44	$\pm$	0.41	1.03	$\pm$	0.31	0.09	$\pm$	0.09	5.56	$\pm$	0.54
		2	24	3.71	$\pm$	0.40	1.35	$\pm$	0.30	0.27	$\pm$	0.13	5.33	$\pm$	0.58
3		23	3.34	$\pm$	0.51	2.08	$\pm$	0.48	0.17	$\pm$	0.09	5.59	$\pm$	0.83	
<i>Promedio</i>	23	3.83	$\pm$	0.27	1.48	$\pm$	0.23	0.18	$\pm$	0.06	5.49	$\pm$	0.38		
<b>Promedio</b>	<b>20</b>	<b>4.23</b>	$\pm$	<b>0.24</b>	<b>1.91</b>	$\pm$	<b>0.22</b>	<b>0.33</b>	$\pm$	<b>0.07</b>	<b>6.47</b>	$\pm$	<b>0.38</b>		
nov-08	1	1	15	5.61	$\pm$	0.55	2.59	$\pm$	0.49	0.45	$\pm$	0.19	8.65	$\pm$	0.67
		2	28	2.89	$\pm$	0.59	1.53	$\pm$	0.28	0.08	$\pm$	0.06	4.50	$\pm$	0.76
		3	11	8.26	$\pm$	1.06	3.03	$\pm$	0.54	0.36	$\pm$	0.18	11.66	$\pm$	0.99
		<i>Promedio</i>	18	4.74	$\pm$	0.70	2.13	$\pm$	0.28	0.24	$\pm$	0.08	7.11	$\pm$	0.91
	2	1	12	6.52	$\pm$	0.71	3.42	$\pm$	0.55	1.05	$\pm$	0.29	10.99	$\pm$	1.12
		2	15	5.51	$\pm$	0.83	2.79	$\pm$	0.64	0.78	$\pm$	0.35	9.08	$\pm$	1.28
3		16	4.78	$\pm$	0.46	2.83	$\pm$	0.59	0.79	$\pm$	0.19	8.40	$\pm$	0.87	

		<i>Promedio</i>	14	5.52 ± 0.44	2.98 ± 0.35	0.86 ± 0.16	9.36 ± 0.70
	<b>Promedio</b>		<b>16</b>	<b>5.09 ± 0.44</b>	<b>2.51 ± 0.24</b>	<b>0.51 ± 0.11</b>	<b>8.11 ± 0.63</b>
dic-08	1	1	20	3.57 ± 0.50	2.51 ± 0.38	0.26 ± 0.13	6.35 ± 0.71
		2	22	4.03 ± 0.96	1.71 ± 0.27	0.17 ± 0.10	5.91 ± 1.04
		3	16	4.70 ± 0.83	3.24 ± 0.71	0.15 ± 0.10	8.09 ± 1.37
		<i>Promedio</i>	19	4.06 ± 0.53	2.41 ± 0.30	0.20 ± 0.06	6.66 ± 0.63
	2	1	22	3.42 ± 1.02	2.27 ± 0.45	0.04 ± 0.06	5.73 ± 1.11
		2	26	3.15 ± 0.41	1.68 ± 0.33	0.04 ± 0.04	4.87 ± 0.57
		3	25	3.00 ± 0.46	1.86 ± 0.29	0.12 ± 0.08	4.98 ± 0.65
		<i>Promedio</i>	24	3.18 ± 0.37	1.92 ± 0.21	0.07 ± 0.04	5.17 ± 0.45
	3	1	26	2.81 ± 0.59	1.87 ± 0.39	0.17 ± 0.10	4.85 ± 0.82
		2	27	2.96 ± 0.67	1.61 ± 0.36	0.05 ± 0.04	4.61 ± 0.91
		3	26	2.26 ± 0.48	1.68 ± 0.28	0.15 ± 0.08	4.10 ± 0.64
		<i>Promedio</i>	26	2.68 ± 0.53	1.72 ± 0.20	0.12 ± 0.05	4.52 ± 0.46
	4	1	29	2.32 ± 0.44	2.07 ± 0.32	0.02 ± 0.03	4.41 ± 0.46
		2	21	2.57 ± 0.38	3.26 ± 0.47	0.04 ± 0.05	5.87 ± 0.58
		3	22	2.30 ± 0.51	3.47 ± 0.80	0.06 ± 0.05	5.83 ± 0.77
		<i>Promedio</i>	24	2.38 ± 0.26	2.85 ± 0.34	0.04 ± 0.02	5.27 ± 0.38
	<b>Promedio</b>		<b>24</b>	<b>3.02 ± 0.19</b>	<b>2.20 ± 0.14</b>	<b>0.10 ± 0.02</b>	<b>5.32 ± 0.25</b>
ene-09	1	1	9	7.29 ± 1.35	5.92 ± 0.89	0.68 ± 0.30	13.90 ± 1.75
		2	20	3.56 ± 0.61	2.67 ± 0.41	0.08 ± 0.06	6.30 ± 0.79
		3	17	2.97 ± 0.58	4.39 ± 0.95	0.09 ± 0.07	7.45 ± 1.33
		<i>Promedio</i>	15	4.07 ± 0.63	3.94 ± 0.56	0.20 ± 0.10	8.21 ± 1.07
	2	1	11	6.30 ± 1.45	5.10 ± 0.65	0.28 ± 0.10	11.68 ± 1.38
		2	10	5.70 ± 1.01	6.75 ± 1.30	0.52 ± 0.22	12.97 ± 2.08
		3	13	3.18 ± 0.51	6.16 ± 0.99	0.12 ± 0.11	9.46 ± 1.28
		<i>Promedio</i>	11	4.93 ± 0.74	5.99 ± 0.60	0.29 ± 0.10	11.21 ± 1.01
	3	1	13	7.11 ± 0.87	2.56 ± 0.46	0.36 ± 0.17	10.03 ± 1.02
		2	10	6.44 ± 1.14	6.63 ± 1.09	0.31 ± 0.16	13.38 ± 1.82
		3	10	4.84 ± 1.14	8.14 ± 1.38	0.22 ± 0.24	13.19 ± 2.02
		<i>Promedio</i>	11	6.22 ± 0.66	5.48 ± 1.00	0.30 ± 0.11	12.00 ± 1.04
	4	1	11	3.70 ± 0.57	7.76 ± 1.94	0.20 ± 0.09	11.66 ± 2.18
		2	12	2.72 ± 0.51	7.63 ± 1.48	0.23 ± 0.17	10.58 ± 1.82
		3	13	2.99 ± 0.50	6.83 ± 1.38	0.36 ± 0.15	10.17 ± 1.81
		<i>Promedio</i>	12	3.12 ± 0.32	7.38 ± 0.90	0.27 ± 0.08	10.76 ± 1.10
	<b>Promedio</b>		<b>12</b>	<b>4.51 ± 0.35</b>	<b>5.58 ± 0.43</b>	<b>0.26 ± 0.05</b>	<b>10.35 ± 0.58</b>
feb-09	1	1	17	4.26 ± 0.91	3.06 ± 0.60	0.38 ± 0.17	7.70 ± 1.34
		2	15	2.49 ± 0.48	5.51 ± 0.85	0.25 ± 0.13	8.24 ± 1.20
		3	12	3.21 ± 0.68	6.99 ± 1.19	0.18 ± 0.14	10.38 ± 1.66
		<i>Promedio</i>	15	3.37 ± 0.48	4.97 ± 0.68	0.28 ± 0.09	8.62 ± 0.85
	2	1	7	6.47 ± 0.87	11.27 ± 1.59	0.44 ± 0.18	18.18 ± 2.23
		2	8	5.82 ± 0.65	9.86 ± 0.83	0.12 ± 0.11	15.79 ± 1.34



		3	7	6.16 ± 1.42	11.36 ± 1.18	0.22 ± 0.11	17.74 ± 2.21
		<i>Promedio</i>	7	6.14 ± 0.56	10.79 ± 0.73	0.25 ± 0.09	17.17 ± 1.15
		1	9	8.18 ± 1.26	5.31 ± 1.40	0.58 ± 0.43	14.07 ± 2.52
	3	2	9	4.18 ± 0.48	10.10 ± 1.66	0.41 ± 0.23	14.69 ± 1.39
		3	7	4.89 ± 1.22	13.34 ± 1.73	0.09 ± 0.17	18.32 ± 2.54
		<i>Promedio</i>	8	5.82 ± 0.92	9.28 ± 1.57	0.38 ± 0.19	15.48 ± 1.40
		1	9	4.49 ± 0.46	8.90 ± 1.60	0.38 ± 0.17	13.77 ± 1.76
	4	2	11	3.78 ± 0.72	7.90 ± 1.64	0.36 ± 0.07	12.05 ± 2.15
		3	11	3.98 ± 1.13	7.87 ± 2.00	0.42 ± 0.20	12.27 ± 2.77
		<i>Promedio</i>	10	4.06 ± 0.49	8.18 ± 1.01	0.39 ± 0.09	12.63 ± 1.33
		<b>Promedio</b>	<b>10</b>	<b>4.54 ± 0.36</b>	<b>7.72 ± 0.63</b>	<b>0.32 ± 0.06</b>	<b>12.59 ± 0.82</b>
		1	10	3.24 ± 0.70	8.91 ± 2.13	0.18 ± 0.13	12.33 ± 2.53
		2	8	5.20 ± 1.80	9.71 ± 2.36	0.81 ± 0.48	15.72 ± 3.71
	1	3	6	4.67 ± 1.03	15.67 ± 0.83	0.31 ± 0.22	20.65 ± 1.32
		<i>Promedio</i>	8	4.25 ± 0.77	10.86 ± 1.63	0.42 ± 0.21	15.54 ± 2.08
		1	9	3.56 ± 0.75	10.92 ± 2.12	0.24 ± 0.13	14.72 ± 2.64
		2	13	2.94 ± 0.35	6.50 ± 0.74	0.12 ± 0.08	9.55 ± 0.90
	2	3	7	4.53 ± 0.87	14.40 ± 3.44	0.13 ± 0.18	19.06 ± 3.77
		<i>Promedio</i>	10	3.52 ± 0.41	9.78 ± 1.59	0.16 ± 0.07	13.45 ± 1.89
mar-09		1	16	1.64 ± 0.32	5.95 ± 1.01	0.13 ± 0.08	7.72 ± 1.05
		2	16	1.93 ± 0.31	5.86 ± 0.71	0.31 ± 0.18	8.09 ± 0.99
	3	3	17	2.21 ± 0.34	5.08 ± 0.61	0.29 ± 0.10	7.58 ± 0.75
		<i>Promedio</i>	16	1.93 ± 0.19	5.62 ± 0.46	0.25 ± 0.07	7.79 ± 0.53
		1	7	5.06 ± 0.70	14.22 ± 1.74	0.26 ± 0.21	19.55 ± 1.31
		2	8	5.05 ± 0.78	11.02 ± 0.99	0.50 ± 0.30	16.56 ± 1.13
	4	3	8	4.62 ± 0.38	12.33 ± 2.03	0.39 ± 0.25	17.34 ± 1.89
		<i>Promedio</i>	8	4.90 ± 0.36	12.45 ± 1.05	0.39 ± 0.15	17.74 ± 0.97
		<b>Promedio</b>	<b>10</b>	<b>3.29 ± 0.29</b>	<b>8.85 ± 0.73</b>	<b>0.29 ± 0.06</b>	<b>12.42 ± 0.95</b>
		1	6	6.37 ± 1.39	14.59 ± 1.59	0.98 ± 0.59	21.93 ± 2.16
		2	6	6.52 ± 1.20	14.69 ± 1.11	0.72 ± 0.30	21.93 ± 1.96
	1	3	6	7.35 ± 2.38	13.00 ± 1.86	0.51 ± 0.20	20.85 ± 3.55
		<i>Promedio</i>	6	6.75 ± 0.96	14.09 ± 0.92	0.74 ± 0.23	21.57 ± 1.46
		1	8	5.55 ± 0.86	9.44 ± 1.53	0.65 ± 0.35	15.64 ± 2.03
		2	8	5.39 ± 1.42	10.32 ± 2.07	0.31 ± 0.20	16.03 ± 2.01
	2	3	10	4.81 ± 0.88	8.60 ± 1.44	0.40 ± 0.26	13.81 ± 1.97
abr-09		<i>Promedio</i>	9	5.22 ± 0.60	9.39 ± 0.97	0.45 ± 0.16	15.05 ± 1.18
		1	8	4.70 ± 0.81	11.09 ± 1.74	0.65 ± 0.35	16.45 ± 2.16
		2	11	3.28 ± 0.66	8.07 ± 1.44	0.25 ± 0.18	11.60 ± 1.92
	3	3	10	3.82 ± 0.87	8.14 ± 2.03	0.62 ± 0.35	12.57 ± 2.28
		<i>Promedio</i>	10	3.86 ± 0.48	8.93 ± 1.09	0.49 ± 0.18	13.27 ± 1.40
		1	6	5.80 ± 2.44	13.25 ± 2.02	0.57 ± 0.36	19.62 ± 3.31
	4	2	6	7.35 ± 0.95	13.87 ± 1.78	0.46 ± 0.21	21.68 ± 2.25

		3	8	6.28 ± 0.84	10.67 ± 1.59	0.77 ± 0.26	17.72 ± 1.43
		<i>Promedio</i>	7	6.46 ± 0.85	12.40 ± 1.17	0.62 ± 0.16	19.48 ± 1.45
	<b>Promedio</b>		<b>8</b>	<b>5.36 ± 0.41</b>	<b>10.80 ± 0.67</b>	<b>0.55 ± 0.09</b>	<b>16.71 ± 0.95</b>
may-09	1	1	8	4.93 ± 1.01	10.63 ± 1.79	0.54 ± 0.27	16.10 ± 2.58
		2	10	5.39 ± 0.78	7.74 ± 1.26	0.37 ± 0.15	13.50 ± 1.56
		3	9	4.66 ± 0.77	10.27 ± 2.35	0.45 ± 0.20	15.38 ± 2.66
		<i>Promedio</i>	9	5.01 ± 0.49	9.44 ± 1.13	0.45 ± 0.12	14.90 ± 1.32
	2	1	7	6.60 ± 0.90	10.43 ± 1.88	0.97 ± 0.28	18.01 ± 2.18
		2	12	4.08 ± 0.81	6.24 ± 1.16	0.15 ± 0.09	10.48 ± 1.28
		3	11	3.25 ± 0.65	8.26 ± 1.80	0.20 ± 0.17	11.71 ± 2.27
		<i>Promedio</i>	10	4.37 ± 0.64	7.96 ± 1.06	0.36 ± 0.15	12.69 ± 1.52
	3	1	9	4.35 ± 0.55	10.58 ± 1.33	0.48 ± 0.20	15.41 ± 1.09
		2	13	3.44 ± 0.58	5.83 ± 1.24	0.38 ± 0.17	9.65 ± 1.65
		3	14	3.48 ± 0.94	5.66 ± 0.97	0.37 ± 0.14	9.51 ± 1.76
		<i>Promedio</i>	12	3.68 ± 0.45	6.95 ± 0.95	0.40 ± 0.10	11.03 ± 1.25
	4	1	8	5.28 ± 1.25	9.78 ± 1.80	0.46 ± 0.23	15.52 ± 2.65
		2	9	5.38 ± 0.97	7.98 ± 2.04	0.45 ± 0.27	13.80 ± 2.20
		3	12	4.16 ± 0.76	6.45 ± 0.98	0.33 ± 0.17	10.94 ± 1.37
		<i>Promedio</i>	10	4.85 ± 0.57	7.84 ± 1.00	0.40 ± 0.12	13.09 ± 1.31
	<b>Promedio</b>		<b>10</b>	<b>4.42 ± 0.28</b>	<b>7.96 ± 0.53</b>	<b>0.40 ± 0.06</b>	<b>12.78 ± 0.71</b>
jun-09	1	1	9	5.92 ± 0.68	8.94 ± 1.19	0.17 ± 0.15	15.03 ± 1.29
		2	9	6.37 ± 1.00	7.43 ± 1.15	0.31 ± 0.17	14.11 ± 1.85
		3	11	4.20 ± 0.48	7.37 ± 0.88	0.34 ± 0.15	11.91 ± 0.90
		<i>Promedio</i>	10	5.41 ± 0.54	7.87 ± 0.65	0.28 ± 0.09	13.56 ± 0.90
	2	1	7	9.60 ± 0.57	7.97 ± 3.02	0.44 ± 0.18	18.01 ± 2.74
		2	9	6.71 ± 1.29	6.71 ± 0.69	0.41 ± 0.27	13.83 ± 1.38
		3	7	8.32 ± 1.39	8.94 ± 1.16	0.62 ± 0.26	17.87 ± 1.20
		<i>Promedio</i>	8	8.08 ± 0.82	7.77 ± 1.04	0.48 ± 0.14	16.33 ± 1.31
	3	1	7	9.73 ± 1.51	10.57 ± 1.85	0.48 ± 0.32	20.78 ± 2.05
		2	6	9.76 ± 1.66	11.30 ± 2.34	0.51 ± 0.34	21.57 ± 3.68
		3	8	8.44 ± 1.25	8.05 ± 2.77	0.65 ± 0.33	17.14 ± 3.56
		<i>Promedio</i>	7	9.25 ± 0.84	9.82 ± 1.46	0.56 ± 0.18	19.62 ± 1.95
	4	1	11	3.78 ± 0.59	7.03 ± 0.97	0.48 ± 0.26	11.29 ± 1.44
		2	13	3.37 ± 0.82	6.52 ± 1.25	0.33 ± 0.20	10.22 ± 2.02
		3	8	7.40 ± 0.91	7.43 ± 1.82	0.73 ± 0.34	15.56 ± 2.47
		<i>Promedio</i>	11	4.52 ± 0.73	6.92 ± 0.74	0.48 ± 0.15	11.92 ± 1.34
	<b>Promedio</b>		<b>9</b>	<b>6.49 ± 0.51</b>	<b>7.95 ± 0.50</b>	<b>0.44 ± 0.07</b>	<b>14.88 ± 0.87</b>
jul-09	1	1	7	8.81 ± 2.39	8.94 ± 2.92	0.57 ± 0.28	18.32 ± 5.25
		2	8	6.74 ± 1.21	10.29 ± 1.84	0.77 ± 0.32	17.80 ± 2.31
		3	10	6.01 ± 1.25	7.30 ± 0.99	0.40 ± 0.26	13.71 ± 2.01
		<i>Promedio</i>	8	7.03 ± 0.99	8.72 ± 1.15	0.57 ± 0.17	16.31 ± 1.94
	2	1	8	5.62 ± 1.19	9.52 ± 1.86	0.46 ± 0.28	15.60 ± 2.57

		2	8	7.13 ± 0.97	8.17 ± 1.59	0.23 ± 0.15	15.52 ± 1.63
		3	8	6.86 ± 1.01	9.90 ± 1.01	0.23 ± 0.19	16.99 ± 1.21
		<i>Promedio</i>	8	6.54 ± 0.64	9.19 ± 0.90	0.31 ± 0.13	16.04 ± 1.08
	3	1	13	3.72 ± 0.57	5.95 ± 1.19	0.24 ± 0.17	9.91 ± 1.62
		2	15	2.79 ± 0.51	5.44 ± 1.04	0.12 ± 0.08	8.36 ± 0.93
		3	14	3.26 ± 0.73	5.79 ± 0.90	0.18 ± 0.10	9.22 ± 1.26
		<i>Promedio</i>	14	3.24 ± 0.36	5.72 ± 0.59	0.18 ± 0.07	9.13 ± 0.74
	4	1	10	4.01 ± 1.43	8.32 ± 1.73	0.28 ± 0.25	12.60 ± 3.07
		2	13	2.51 ± 0.42	7.09 ± 1.25	0.26 ± 0.18	9.86 ± 1.22
		3	12	4.08 ± 0.65	6.14 ± 0.71	0.44 ± 0.25	10.66 ± 1.24
		<i>Promedio</i>	12	3.48 ± 0.54	7.11 ± 0.76	0.33 ± 0.13	10.92 ± 1.10
	<b>Promedio</b>		<b>11</b>	<b>4.68 ± 0.42</b>	<b>7.36 ± 0.47</b>	<b>0.32 ± 0.06</b>	<b>12.37 ± 0.80</b>
		1	11	5.94 ± 0.48	5.55 ± 1.20	0.42 ± 0.19	11.91 ± 1.47
	1	2	10	7.58 ± 0.78	5.21 ± 0.78	0.37 ± 0.23	13.16 ± 1.30
		3	9	7.40 ± 1.13	6.40 ± 1.24	0.38 ± 0.13	14.18 ± 1.48
		<i>Promedio</i>	10	6.92 ± 0.52	5.69 ± 0.64	0.39 ± 0.11	13.01 ± 0.86
	2	1	9	8.15 ± 0.84	5.72 ± 1.14	0.21 ± 0.14	14.07 ± 1.52
		2	10	6.69 ± 0.87	5.64 ± 0.83	0.28 ± 0.21	12.60 ± 1.27
		3	11	6.92 ± 0.77	4.93 ± 1.04	0.06 ± 0.07	11.91 ± 1.49
		<i>Promedio</i>	10	7.21 ± 0.51	5.40 ± 0.58	0.17 ± 0.09	12.79 ± 0.86
ago-09		1	7	9.86 ± 1.68	8.59 ± 2.89	0.22 ± 0.11	18.67 ± 4.42
	3	2	9	7.57 ± 0.96	7.50 ± 1.36	0.14 ± 0.15	15.20 ± 1.38
		3	11	4.99 ± 0.47	6.72 ± 0.96	0.22 ± 0.09	11.94 ± 0.98
		<i>Promedio</i>	9	7.11 ± 0.93	7.46 ± 0.96	0.19 ± 0.07	14.77 ± 1.61
	4	1	13	5.97 ± 0.77	4.01 ± 0.77	0.07 ± 0.10	10.05 ± 1.20
		2	10	7.46 ± 1.24	6.01 ± 1.29	0.18 ± 0.13	13.65 ± 1.82
		3	10	7.52 ± 1.37	6.56 ± 1.32	0.12 ± 0.10	14.21 ± 2.58
		<i>Promedio</i>	11	6.89 ± 0.67	5.39 ± 0.73	0.12 ± 0.06	12.40 ± 1.22
	<b>Promedio</b>		<b>10</b>	<b>7.03 ± 0.33</b>	<b>5.94 ± 0.39</b>	<b>0.22 ± 0.05</b>	<b>13.18 ± 0.59</b>
		1	12	5.68 ± 0.74	4.49 ± 0.58	0.21 ± 0.20	10.38 ± 0.80
	1	2	11	5.91 ± 0.64	5.16 ± 0.79	0.17 ± 0.13	11.23 ± 1.32
		3	12	5.65 ± 0.66	4.52 ± 0.61	0.15 ± 0.12	10.32 ± 0.98
		<i>Promedio</i>	12	5.74 ± 0.39	4.71 ± 0.38	0.18 ± 0.09	10.63 ± 0.60
	2	1	14	5.37 ± 0.79	3.48 ± 0.59	0.15 ± 0.11	9.00 ± 0.75
		2	13	5.59 ± 0.56	4.81 ± 0.96	0.14 ± 0.11	10.55 ± 1.26
		3	12	6.27 ± 1.09	4.96 ± 1.31	0.08 ± 0.08	11.30 ± 1.65
		<i>Promedio</i>	13	5.72 ± 0.48	4.38 ± 0.58	0.13 ± 0.06	10.23 ± 0.76
sep-09		1	8	6.86 ± 1.41	8.44 ± 1.75	0.15 ± 0.11	15.45 ± 2.79
	3	2	10	5.24 ± 0.86	7.33 ± 1.20	0.12 ± 0.10	12.70 ± 1.80
		3	10	7.67 ± 1.40	5.64 ± 0.99	0.31 ± 0.18	13.62 ± 1.88
		<i>Promedio</i>	9	6.57 ± 0.79	7.04 ± 0.84	0.20 ± 0.08	13.81 ± 1.25
	4	1	8	7.97 ± 1.10	8.40 ± 1.62	0.50 ± 0.28	16.87 ± 2.59

	2	8	7.97 ± 1.73	7.51 ± 1.76	0.23 ± 0.19	15.72 ± 2.60	
	3	11	5.91 ± 0.70	5.49 ± 1.22	0.14 ± 0.10	11.54 ± 1.43	
	<i>Promedio</i>	9	7.13 ± 0.75	6.95 ± 0.96	0.27 ± 0.12	14.36 ± 1.49	
<b>Promedio</b>		<b>11</b>	<b>6.21 ± 0.31</b>	<b>5.59 ± 0.40</b>	<b>0.19 ± 0.04</b>	<b>11.98 ± 0.59</b>	
oct-09	1	1	28	2.15 ± 0.28	2.48 ± 0.48	0.08 ± 0.05	4.70 ± 0.68
		2	22	2.77 ± 0.28	2.84 ± 0.52	0.10 ± 0.07	5.72 ± 0.66
		3	18	3.36 ± 0.52	3.42 ± 0.49	0.19 ± 0.10	6.97 ± 0.64
		<i>Promedio</i>	23	2.67 ± 0.23	2.85 ± 0.30	0.11 ± 0.04	5.63 ± 0.44
	2	1	18	4.69 ± 0.73	2.41 ± 0.46	0.14 ± 0.09	7.24 ± 1.03
		2	13	6.26 ± 1.25	3.89 ± 0.74	0.19 ± 0.11	10.34 ± 1.26
		3	18	4.06 ± 0.91	2.74 ± 0.58	0.10 ± 0.08	6.90 ± 1.24
	<i>Promedio</i>	16	4.87 ± 0.58	2.92 ± 0.37	0.14 ± 0.05	7.94 ± 0.78	
	3	1	16	4.93 ± 0.75	3.02 ± 0.83	0.06 ± 0.06	8.01 ± 1.50
		2	19	4.06 ± 0.39	2.45 ± 0.39	0.10 ± 0.08	6.60 ± 0.70
		3	18	3.96 ± 0.90	2.91 ± 0.62	0.12 ± 0.07	6.99 ± 1.06
		<i>Promedio</i>	18	4.29 ± 0.41	2.78 ± 0.36	0.09 ± 0.04	7.16 ± 0.64
4	1	22	3.10 ± 0.48	2.52 ± 0.51	0.13 ± 0.09	5.74 ± 0.59	
	2	22	3.75 ± 0.65	1.77 ± 0.34	0.10 ± 0.07	5.62 ± 0.77	
	3	18	4.16 ± 1.03	2.67 ± 0.34	0.10 ± 0.08	6.93 ± 1.17	
	<i>Promedio</i>	21	3.64 ± 0.42	2.30 ± 0.26	0.11 ± 0.05	6.04 ± 0.49	
<b>Promedio</b>		<b>19</b>	<b>3.76 ± 0.23</b>	<b>2.70 ± 0.16</b>	<b>0.11 ± 0.02</b>	<b>6.58 ± 0.31</b>	

## Anexo 2

Promedios de biomasa bacteriana ( $\bar{x}$ :  $\mu\text{g C cm}^{-3}$ ) calculados por preparación, réplica y muestreo.

Muestreo	Réplica	Preparación	Cocos				Bacilos				Filamentos				Total			
			n	$\bar{x}$	$\pm$	95%	n	$\bar{x}$	$\pm$	95%	n	$\bar{x}$	$\pm$	95%	n	$\bar{x}$	$\pm$	95%
ago-08	1	1	20	37.40	$\pm$	16.15	20	17.60	$\pm$	3.62	20	16.48	$\pm$	5.95	60	111.39	$\pm$	27.11
		3	20	70.22	$\pm$	18.63	20	38.24	$\pm$	10.59	20	13.48	$\pm$	6.77	60	185.32	$\pm$	61.79
		<i>Promedio</i>	20	52.28	$\pm$	10.04	20	26.75	$\pm$	4.51	20	16.07	$\pm$	5.20	60	142.45	$\pm$	30.46
	2	1	20	44.80	$\pm$	9.18	20	27.52	$\pm$	7.65	20	17.49	$\pm$	7.38	60	107.79	$\pm$	25.85
		2	20	56.53	$\pm$	11.37	20	18.01	$\pm$	2.75	20	3.62	$\pm$	1.09	60	102.58	$\pm$	17.19
		<i>Promedio</i>	20	47.72	$\pm$	6.44	20	23.51	$\pm$	3.59	20	8.67	$\pm$	2.22	60	99.71	$\pm$	14.34
<b>Promedio</b>			<b>20</b>	<b>51.15</b>	$\pm$	<b>6.51</b>	<b>20</b>	<b>26.42</b>	$\pm$	<b>3.38</b>	<b>20</b>	<b>12.81</b>	$\pm$	<b>3.17</b>	<b>60</b>	<b>126.38</b>	$\pm$	<b>6.51</b>
sep-08	1	1	20	40.13	$\pm$	15.43	20	28.13	$\pm$	6.23	20	23.23	$\pm$	12.15	60	149.01	$\pm$	57.98
		2	20	51.89	$\pm$	15.89	20	32.36	$\pm$	16.21	20	12.82	$\pm$	3.70	60	118.98	$\pm$	26.18
		3	20	51.34	$\pm$	8.89	20	34.04	$\pm$	9.87	20	14.15	$\pm$	3.28	60	134.75	$\pm$	23.44
		<i>Promedio</i>	20	47.80	$\pm$	7.09	20	32.35	$\pm$	6.76	20	16.65	$\pm$	4.37	60	134.26	$\pm$	22.89
	2	1	20	60.58	$\pm$	28.93	20	26.72	$\pm$	9.71	20	11.03	$\pm$	2.90	60	132.84	$\pm$	26.26
		2	22	87.99	$\pm$	23.53	31	39.44	$\pm$	8.38	7	10.55	$\pm$	1.58	60	131.08	$\pm$	19.91
		3	25	94.41	$\pm$	41.90	38	24.57	$\pm$	4.08	8	6.69	$\pm$	2.25	71	115.91	$\pm$	23.16
<i>Promedio</i>			22	83.31	$\pm$	17.90	30	30.03	$\pm$	3.89	12	10.82	$\pm$	2.21	64	126.00	$\pm$	13.41
<b>Promedio</b>			<b>21</b>	<b>64.74</b>	$\pm$	<b>9.51</b>	<b>25</b>	<b>31.15</b>	$\pm$	<b>3.56</b>	<b>16</b>	<b>14.39</b>	$\pm$	<b>2.86</b>	<b>62</b>	<b>130.00</b>	$\pm$	<b>9.51</b>
oct-08	1	1	42	70.37	$\pm$	10.80	33	51.62	$\pm$	15.18	6	7.12	$\pm$	2.03	81	131.46	$\pm$	25.19
		2	47	63.14	$\pm$	12.86	40	43.48	$\pm$	10.26	4	23.49	$\pm$	15.46	91	123.83	$\pm$	19.39
		3	54	66.78	$\pm$	11.30	51	30.67	$\pm$	9.47	10	4.76	$\pm$	1.46	115	107.30	$\pm$	17.95
		<i>Promedio</i>	48	66.52	$\pm$	8.58	41	40.99	$\pm$	7.03	7	9.68	$\pm$	2.72	96	119.24	$\pm$	12.11
	2	1	34	46.76	$\pm$	15.66	54	18.46	$\pm$	4.95	4	3.03	$\pm$	2.09	92	87.89	$\pm$	17.77
		2	46	60.25	$\pm$	13.10	45	17.25	$\pm$	3.13	11	9.76	$\pm$	6.74	102	89.90	$\pm$	18.48
		3	45	51.54	$\pm$	15.66	38	36.42	$\pm$	12.06	3	4.86	$\pm$	4.21	86	93.89	$\pm$	20.28
<i>Promedio</i>			42	55.11	$\pm$	8.54	46	23.92	$\pm$	3.87	6	6.13	$\pm$	2.90	93	90.59	$\pm$	10.86
<b>Promedio</b>			<b>45</b>	<b>59.65</b>	$\pm$	<b>5.96</b>	<b>44</b>	<b>30.94</b>	$\pm$	<b>3.63</b>	<b>6</b>	<b>8.45</b>	$\pm$	<b>2.79</b>	<b>95</b>	<b>102.34</b>	$\pm$	<b>5.96</b>
nov-08	1	1	68	59.84	$\pm$	18.29	66	36.56	$\pm$	7.45	5	28.08	$\pm$	33.59	139	122.47	$\pm$	28.55
		2	43	35.43	$\pm$	9.44	50	18.39	$\pm$	3.19	2	1.14	$\pm$	0.94	95	54.82	$\pm$	8.28
		3	63	74.90	$\pm$	9.39	55	34.85	$\pm$	6.79	7	13.90	$\pm$	11.94	125	137.20	$\pm$	27.40
		<i>Promedio</i>	58	49.68	$\pm$	5.53	57	26.97	$\pm$	3.11	5	10.40	$\pm$	7.32	120	91.05	$\pm$	11.33
	2	1	47	51.95	$\pm$	24.56	71	58.80	$\pm$	11.08	14	34.01	$\pm$	16.70	132	170.60	$\pm$	30.11
		2	33	73.29	$\pm$	20.73	61	59.21	$\pm$	10.97	12	23.67	$\pm$	4.45	106	179.54	$\pm$	25.33
		3	45	49.12	$\pm$	7.10	44	44.83	$\pm$	8.00	13	25.47	$\pm$	10.88	102	129.98	$\pm$	21.55
<i>Promedio</i>			42	56.35	$\pm$	7.27	59	54.41	$\pm$	6.06	13	27.24	$\pm$	6.31	113	157.56	$\pm$	14.83
<b>Promedio</b>			<b>50</b>	<b>52.72</b>	$\pm$	<b>4.44</b>	<b>58</b>	<b>38.85</b>	$\pm$	<b>3.23</b>	<b>9</b>	<b>17.89</b>	$\pm$	<b>4.95</b>	<b>117</b>	<b>119.70</b>	$\pm$	<b>4.44</b>

dic-08	1	1	43	41.11	±	9.13	48	22.67	±	2.41	5	3.25	±	1.12	96	65.46	±	6.36
		2	35	49.26	±	10.30	41	21.01	±	4.44	3	4.30	±	5.12	79	75.44	±	12.23
		3	34	67.39	±	16.93	41	49.20	±	11.34	4	5.83	±	3.74	79	129.25	±	22.94
		<i>Promedio</i>	37	51.08	±	6.20	43	28.90	±	3.55	4	4.75	±	2.33	85	85.52	±	7.91
	2	1	61	43.43	±	9.93	52	34.98	±	6.25	1	0.36	±	0	114	79.67	±	9.34
		2	58	42.30	±	9.16	51	27.39	±	8.38	2	0.75	±	0.19	111	72.41	±	13.39
		3	46	29.32	±	5.12	23	20.03	±	4.80	2	2.69	±	3.20	71	52.00	±	7.69
		<i>Promedio</i>	55	38.60	±	4.26	42	28.64	±	4.56	2	1.27	±	0.66	99	69.42	±	6.58
	3	1	53	25.45	±	5.54	42	29.54	±	7.15	8	3.67	±	2.19	103	62.12	±	10.79
		2	34	24.21	±	5.83	31	14.55	±	2.65	2	2.70	±	3.30	67	46.58	±	13.22
		3	36	21.24	±	5.27	46	20.28	±	4.28	9	10.33	±	11.62	91	67.39	±	32.95
		<i>Promedio</i>	41	23.89	±	3.21	40	21.64	±	3.05	6	5.72	±	4.45	87	60.49	±	13.70
4	1	31	20.19	±	3.95	39	18.61	±	3.01	1	0.26	±	0	71	39.29	±	4.49	
	2	41	25.21	±	4.38	49	34.96	±	10.37	0	0.00	±	0	90	60.54	±	11.10	
	3	40	24.62	±	7.15	56	47.16	±	9.23	3	1.25	±	1.08	99	73.91	±	11.97	
	<i>Promedio</i>	37	23.44	±	3.18	48	32.34	±	4.46	1	0.76	±	0.56	87	57.08	±	5.64	
<b>Promedio</b>			<b>43</b>	<b>33.06</b>	±	<b>2.09</b>	<b>43</b>	<b>27.88</b>	±	<b>2.01</b>	<b>3</b>	<b>3.46</b>	±	<b>1.84</b>	<b>89</b>	<b>67.28</b>	±	<b>2.09</b>
ene-09	1	1	63	83.28	±	14.22	71	92.62	±	12.66	9	11.62	±	4.88	143	192.70	±	21.81
		2	57	33.27	±	6.94	32	24.40	±	6.98	1	0.77	±	0	90	58.51	±	9.69
		3	56	30.27	±	4.61	36	52.86	±	13.98	1	19.12	±	0	93	97.33	±	33.47
		<i>Promedio</i>	59	42.17	±	4.70	46	52.05	±	6.11	4	6.83	±	7.07	109	101.60	±	12.52
	2	1	58	65.26	±	17.73	57	74.60	±	12.97	13	5.11	±	1.11	128	152.54	±	17.74
		2	51	56.19	±	16.04	55	127.76	±	32.07	5	8.13	±	2.96	111	189.52	±	36.43
		3	54	35.77	±	4.84	50	87.57	±	12.31	7	1.92	±	0.50	111	122.02	±	11.60
		<i>Promedio</i>	54	51.76	±	5.91	54	95.62	±	11.75	8	4.97	±	0.75	117	151.35	±	12.54
	3	1	64	57.97	±	10.77	31	44.08	±	12.84	5	14.35	±	7.26	100	126.07	±	24.60
		2	64	55.78	±	9.75	37	115.92	±	65.60	10	13.84	±	6.03	111	198.91	±	56.70
		3	53	36.34	±	5.88	24	92.59	±	25.42	3	9.26	±	6.65	80	131.89	±	28.30
		<i>Promedio</i>	60	50.65	±	4.76	31	86.65	±	24.10	6	12.95	±	3.77	97	152.91	±	23.09
4	1	66	34.77	±	5.03	87	92.76	±	13.62	1	2.55	±	0	154	126.64	±	14.49	
	2	94	24.83	±	3.71	57	79.55	±	9.57	7	7.80	±	3.88	158	113.04	±	14.76	
	3	60	38.92	±	7.67	80	85.35	±	11.77	7	9.62	±	5.76	147	136.39	±	16.79	
	<i>Promedio</i>	73	32.01	±	3.31	75	86.79	±	7.19	5	7.76	±	2.87	153	125.02	±	8.96	
<b>Promedio</b>			<b>62</b>	<b>44.32</b>	±	<b>2.40</b>	<b>51</b>	<b>76.97</b>	±	<b>5.46</b>	<b>6</b>	<b>7.57</b>	±	<b>1.86</b>	<b>119</b>	<b>129.20</b>	±	<b>2.40</b>
feb-09	1	1	74	43.25	±	5.08	62	37.52	±	4.57	4	12.67	±	9.37	140	90.45	±	10.39
		2	89	21.63	±	2.96	64	60.89	±	9.81	5	8.52	±	3.42	158	86.29	±	10.47
		3	60	29.46	±	5.41	74	104.34	±	16.78	5	5.23	±	1.25	139	134.46	±	17.01
		<i>Promedio</i>	74	31.37	±	2.76	67	63.87	±	5.81	5	9.03	±	2.31	146	100.54	±	7.08
	2	1	102	55.92	±	12.44	70	134.52	±	23.26	8	30.69	±	25.02	180	229.76	±	57.70
		2	130	51.38	±	11.18	77	112.30	±	15.07	7	4.31	±	3.51	214	168.74	±	27.21
		3	122	53.63	±	6.03	51	118.12	±	15.93	5	4.23	±	2.23	178	168.25	±	15.31
		<i>Promedio</i>	118	53.58	±	5.28	66	122.17	±	10.86	7	11.53	±	6.53	191	187.62	±	20.96

3	1	74	101.36 ±	7.43	84	121.53 ±	22.16	6	14.29 ±	1.60	164	256.35 ±	34.33	
	2	93	30.31 ±	3.80	53	104.18 ±	20.60	3	12.24 ±	1.51	149	129.21 ±	15.64	
	3	107	36.93 ±	3.96	62	136.61 ±	18.85	5	1.56 ±	0.61	174	161.26 ±	14.40	
	<i>Promedio</i>	91	50.96 ±	4.22	66	144.83 ±	19.29	5	8.88 ±	1.39	162	185.35 ±	15.58	
4	1	87	33.86 ±	5.50	38	93.51 ±	16.86	6	14.03 ±	10.67	131	134.42 ±	26.52	
	2	80	26.70 ±	4.64	33	87.55 ±	14.87	6	9.43 ±	2.19	119	109.91 ±	15.28	
	3	77	28.48 ±	5.21	40	92.14 ±	20.50	6	12.11 ±	6.73	123	118.94 ±	19.85	
	<i>Promedio</i>	81	29.47 ±	3.10	37	90.88 ±	10.33	6	11.88 ±	4.11	124	120.40 ±	11.99	
<b>Promedio</b>		<b>91</b>	<b>38.76 ±</b>	<b>1.87</b>	<b>59</b>	<b>99.77 ±</b>	<b>5.90</b>	<b>6</b>	<b>10.99 ±</b>	<b>2.80</b>	<b>156</b>	<b>139.62 ±</b>	<b>1.87</b>	
mar-09	1	1	46	18.19 ±	3.50	32	72.80 ±	14.80	5	5.22 ±	2.39	83	98.22 ±	19.04
		2	99	41.42 ±	5.63	56	130.66 ±	18.94	8	23.11 ±	6.48	163	170.74 ±	19.57
		3	83	38.74 ±	4.76	57	186.09 ±	30.33	4	12.36 ±	9.06	144	218.73 ±	30.47
		<i>Promedio</i>	76	32.34 ±	2.68	48	126.79 ±	12.72	6	13.21 ±	3.53	130	157.66 ±	12.86
	2	1	68	31.85 ±	4.55	51	156.59 ±	30.46	1	3.78 ±	0	120	166.25 ±	23.55
		2	53	27.00 ±	3.75	70	79.34 ±	13.35	4	3.87 ±	1.91	127	110.77 ±	14.36
		3	80	58.61 ±	9.53	78	213.59 ±	40.30	5	4.69 ±	2.32	163	277.00 ±	35.28
		<i>Promedio</i>	67	37.25 ±	3.87	66	134.78 ±	14.64	3	5.16 ±	1.73	137	170.50 ±	13.41
	3	1	31	10.18 ±	1.66	43	95.29 ±	32.13	11	4.46 ±	0.99	85	113.10 ±	26.25
		2	103	16.16 ±	1.95	75	84.11 ±	14.85	15	10.57 ±	2.25	193	102.93 ±	12.79
		3	46	17.54 ±	3.29	35	48.90 ±	9.16	3	9.24 ±	2.31	84	71.95 ±	11.14
		<i>Promedio</i>	60	15.25 ±	1.39	51	77.20 ±	11.38	10	8.23 ±	1.14	121	96.83 ±	9.51
4	1	55	42.93 ±	5.16	57	157.34 ±	38.20	3	5.21 ±	1.35	115	196.53 ±	29.91	
	2	62	41.31 ±	5.14	25	143.63 ±	36.79	6	8.31 ±	3.00	93	166.19 ±	21.47	
	3	30	41.43 ±	10.19	48	199.18 ±	43.95	5	14.31 ±	6.68	83	256.93 ±	48.27	
	<i>Promedio</i>	49	41.46 ±	3.94	43	165.86 ±	23.74	5	9.56 ±	3.16	97	202.36 ±	19.60	
<b>Promedio</b>		<b>63</b>	<b>28.42 ±</b>	<b>1.40</b>	<b>52</b>	<b>116.69 ±</b>	<b>7.41</b>	<b>6</b>	<b>8.87 ±</b>	<b>1.03</b>	<b>121</b>	<b>145.10 ±</b>	<b>1.40</b>	
abr-09	1	1	59	58.28 ±	8.13	54	153.04 ±	16.35	8	31.76 ±	10.15	121	247.73 ±	30.74
		2	70	67.61 ±	8.33	51	190.73 ±	30.22	8	21.73 ±	3.65	129	277.04 ±	30.06
		3	52	66.19 ±	9.63	52	215.31 ±	35.70	3	9.59 ±	4.43	107	270.16 ±	34.54
		<i>Promedio</i>	60	64.63 ±	4.80	52	187.60 ±	17.59	6	21.62 ±	3.90	119	264.82 ±	18.29
	2	1	64	43.63 ±	7.24	33	107.48 ±	17.75	8	15.47 ±	3.19	105	159.10 ±	19.56
		2	47	45.68 ±	7.04	40	127.09 ±	25.41	6	6.05 ±	1.44	93	173.73 ±	22.53
		3	50	46.95 ±	7.09	45	99.60 ±	15.44	6	6.03 ±	2.13	101	150.36 ±	15.83
		<i>Promedio</i>	54	45.02 ±	3.90	39	110.54 ±	11.20	7	8.94 ±	1.42	100	159.91 ±	10.98
	3	1	46	47.78 ±	6.28	41	127.61 ±	16.84	9	14.13 ±	4.45	96	194.22 ±	30.25
		2	44	22.55 ±	4.38	41	115.43 ±	27.57	8	5.06 ±	1.22	93	130.94 ±	22.05
		3	49	31.88 ±	7.53	43	95.31 ±	13.89	5	16.04 ±	6.62	97	135.14 ±	19.51
		<i>Promedio</i>	46	32.72 ±	5.09	42	111.54 ±	12.20	7	10.78 ±	1.95	95	149.71 ±	13.51
4	1	56	38.59 ±	6.01	39	136.06 ±	30.88	12	14.19 ±	5.88	107	196.99 ±	36.24	
	2	57	47.98 ±	7.60	37	212.32 ±	62.53	13	8.67 ±	1.54	107	239.59 ±	41.83	
	3	67	41.93 ±	6.77	41	129.76 ±	17.46	13	17.23 ±	3.63	121	181.12 ±	22.87	
	<i>Promedio</i>	60	42.76 ±	3.93	39	155.37 ±	21.67	13	13.56 ±	2.35	112	203.13 ±	18.90	

<b>Promedio</b>		<b>55</b>	<b>44.52</b>	$\pm$	<b>2.28</b>	<b>43</b>	<b>135.97</b>	$\pm$	<b>7.51</b>	<b>8</b>	<b>12.72</b>	$\pm$	<b>1.19</b>	<b>106</b>	<b>186.85</b>	$\pm$	<b>2.28</b>	
may-09	1	1	89	43.56	$\pm$	8.93	59	151.04	$\pm$	15.28	8	11.82	$\pm$	2.74	156	185.78	$\pm$	16.88
		2	53	50.59	$\pm$	9.77	51	108.64	$\pm$	15.67	7	6.46	$\pm$	1.91	111	162.44	$\pm$	18.79
		3	37	39.48	$\pm$	6.27	58	118.43	$\pm$	13.26	6	11.12	$\pm$	6.52	101	172.36	$\pm$	21.54
		<i>Promedio</i>	<b>60</b>	<b>44.71</b>	$\pm$	<b>4.18</b>	<b>56</b>	<b>124.91</b>	$\pm$	<b>8.74</b>	<b>7</b>	<b>9.49</b>	$\pm$	<b>2.14</b>	<b>123</b>	<b>172.75</b>	$\pm$	<b>10.74</b>
	2	1	75	59.11	$\pm$	9.27	48	130.58	$\pm$	15.28	8	19.73	$\pm$	7.87	131	197.25	$\pm$	20.70
		2	56	35.96	$\pm$	5.73	38	64.52	$\pm$	7.21	8	2.75	$\pm$	0.75	102	105.70	$\pm$	11.06
		3	44	23.13	$\pm$	4.43	54	76.85	$\pm$	11.24	3	3.25	$\pm$	1.03	101	100.30	$\pm$	11.75
		<i>Promedio</i>	<b>58</b>	<b>36.87</b>	$\pm$	<b>3.50</b>	<b>47</b>	<b>85.05</b>	$\pm$	<b>6.52</b>	<b>6</b>	<b>6.73</b>	$\pm$	<b>1.42</b>	<b>111</b>	<b>126.45</b>	$\pm$	<b>8.11</b>
	3	1	65	31.29	$\pm$	8.11	32	89.61	$\pm$	11.89	9	10.21	$\pm$	2.50	106	135.24	$\pm$	16.72
		2	56	30.63	$\pm$	6.41	40	71.38	$\pm$	14.52	6	11.81	$\pm$	8.08	102	111.19	$\pm$	20.03
		3	63	27.01	$\pm$	4.01	48	59.44	$\pm$	7.88	6	11.55	$\pm$	6.71	117	95.81	$\pm$	14.25
		<i>Promedio</i>	<b>61</b>	<b>29.13</b>	$\pm$	<b>2.84</b>	<b>40</b>	<b>73.27</b>	$\pm$	<b>7.42</b>	<b>7</b>	<b>10.80</b>	$\pm$	<b>3.23</b>	<b>108</b>	<b>111.52</b>	$\pm$	<b>10.17</b>
4	1	52	38.86	$\pm$	4.14	44	111.35	$\pm$	22.29	14	10.29	$\pm$	3.17	110	168.70	$\pm$	24.82	
	2	64	35.19	$\pm$	4.22	32	71.74	$\pm$	11.45	5	6.16	$\pm$	0.68	101	106.01	$\pm$	10.48	
	3	61	37.49	$\pm$	10.90	36	100.72	$\pm$	34.59	7	7.62	$\pm$	1.35	104	133.80	$\pm$	27.79	
	<i>Promedio</i>	<b>59</b>	<b>37.00</b>	$\pm$	<b>4.84</b>	<b>37</b>	<b>94.59</b>	$\pm$	<b>15.90</b>	<b>9</b>	<b>8.40</b>	$\pm$	<b>1.62</b>	<b>105</b>	<b>134.79</b>	$\pm$	<b>13.80</b>	
<b>Promedio</b>		<b>60</b>	<b>36.37</b>	$\pm$	<b>1.89</b>	<b>45</b>	<b>93.40</b>	$\pm$	<b>4.83</b>	<b>7</b>	<b>8.81</b>	$\pm$	<b>1.09</b>	<b>112</b>	<b>134.56</b>	$\pm$	<b>1.89</b>	
jun-09	1	1	51	38.57	$\pm$	7.59	51	80.50	$\pm$	9.99	9	3.06	$\pm$	2.17	111	128.96	$\pm$	20.13
		2	40	43.76	$\pm$	8.16	53	60.92	$\pm$	7.41	7	7.20	$\pm$	2.96	100	123.13	$\pm$	17.66
		3	21	37.16	$\pm$	12.38	55	68.31	$\pm$	12.89	4	7.10	$\pm$	3.44	80	116.11	$\pm$	19.01
		<i>Promedio</i>	<b>37</b>	<b>38.28</b>	$\pm$	<b>4.80</b>	<b>53</b>	<b>69.52</b>	$\pm$	<b>6.12</b>	<b>7</b>	<b>5.65</b>	$\pm$	<b>1.86</b>	<b>97</b>	<b>121.39</b>	$\pm$	<b>10.83</b>
	2	1	63	67.77	$\pm$	9.46	29	73.18	$\pm$	14.19	15	8.78	$\pm$	2.26	107	170.04	$\pm$	23.32
		2	56	41.17	$\pm$	6.61	37	58.55	$\pm$	9.08	11	8.15	$\pm$	2.16	104	117.67	$\pm$	16.44
		3	79	55.36	$\pm$	7.26	25	98.10	$\pm$	18.78	16	10.46	$\pm$	2.40	120	159.62	$\pm$	19.48
		<i>Promedio</i>	<b>66</b>	<b>53.62</b>	$\pm$	<b>4.28</b>	<b>30</b>	<b>73.75</b>	$\pm$	<b>7.67</b>	<b>14</b>	<b>9.06</b>	$\pm$	<b>1.30</b>	<b>110</b>	<b>146.39</b>	$\pm$	<b>11.19</b>
	3	1	80	49.24	$\pm$	8.16	28	147.69	$\pm$	39.13	13	9.94	$\pm$	2.83	121	182.54	$\pm$	30.46
		2	49	52.13	$\pm$	8.18	28	114.85	$\pm$	33.75	18	15.61	$\pm$	4.90	95	248.26	$\pm$	59.65
		3	60	59.42	$\pm$	9.83	25	80.33	$\pm$	17.93	14	13.22	$\pm$	3.72	99	165.32	$\pm$	25.35
		<i>Promedio</i>	<b>63</b>	<b>53.28</b>	$\pm$	<b>4.52</b>	<b>27</b>	<b>112.16</b>	$\pm$	<b>17.74</b>	<b>15</b>	<b>13.59</b>	$\pm$	<b>2.61</b>	<b>105</b>	<b>193.78</b>	$\pm$	<b>21.81</b>
4	1	57	30.86	$\pm$	8.73	37	83.45	$\pm$	29.28	12	13.39	$\pm$	5.87	106	132.25	$\pm$	27.34	
	2	46	39.16	$\pm$	7.77	45	76.55	$\pm$	16.02	12	6.37	$\pm$	1.24	103	128.36	$\pm$	16.42	
	3	57	53.44	$\pm$	7.48	26	90.16	$\pm$	15.20	4	17.09	$\pm$	9.71	87	146.77	$\pm$	20.40	
	<i>Promedio</i>	<b>53</b>	<b>39.86</b>	$\pm$	<b>4.32</b>	<b>36</b>	<b>82.24</b>	$\pm$	<b>12.52</b>	<b>9</b>	<b>11.37</b>	$\pm$	<b>2.82</b>	<b>99</b>	<b>135.18</b>	$\pm$	<b>13.21</b>	
<b>Promedio</b>		<b>55</b>	<b>45.37</b>	$\pm$	<b>2.33</b>	<b>37</b>	<b>81.06</b>	$\pm$	<b>5.29</b>	<b>11</b>	<b>9.64</b>	$\pm$	<b>1.05</b>	<b>103</b>	<b>145.29</b>	$\pm$	<b>2.33</b>	
jul-09	1	1	37	61.38	$\pm$	10.41	56	112.28	$\pm$	14.28	12	8.40	$\pm$	1.91	105	198.41	$\pm$	21.79
		2	44	42.40	$\pm$	7.97	45	185.85	$\pm$	68.79	8	12.67	$\pm$	3.56	97	224.10	$\pm$	59.70
		3	43	46.78	$\pm$	11.68	60	83.20	$\pm$	9.64	5	6.91	$\pm$	2.99	108	140.24	$\pm$	16.31
		<i>Promedio</i>	<b>41</b>	<b>49.26</b>	$\pm$	<b>6.32</b>	<b>54</b>	<b>119.10</b>	$\pm$	<b>17.80</b>	<b>8</b>	<b>8.93</b>	$\pm$	<b>1.44</b>	<b>103</b>	<b>182.21</b>	$\pm$	<b>19.56</b>
	2	1	63	34.13	$\pm$	6.82	44	138.87	$\pm$	23.13	3	15.90	$\pm$	6.78	110	159.93	$\pm$	24.11
		2	50	61.40	$\pm$	8.64	59	85.77	$\pm$	8.09	9	3.91	$\pm$	1.43	118	158.23	$\pm$	14.34
3		57	45.76	$\pm$	8.25	40	74.32	$\pm$	9.29	5	3.68	$\pm$	1.94	102	126.61	$\pm$	15.80	



		<i>Promedio</i>	57	45.88 ±	4.04	48	100.43 ±	9.13	6	6.07 ±	1.72	110	150.20 ±	11.03
3	1		32	23.45 ±	6.53	68	51.53 ±	4.57	7	4.28 ±	3.75	107	84.91 ±	12.47
	2		28	20.07 ±	4.91	86	61.75 ±	5.57	6	2.42 ±	1.40	120	90.18 ±	9.17
	3		51	23.84 ±	3.49	74	60.51 ±	7.40	3	3.97 ±	4.08	128	87.50 ±	9.74
		<i>Promedio</i>	37	22.62 ±	2.46	76	58.61 ±	3.57	5	3.43 ±	1.51	118	88.08 ±	6.00
4	1		38	23.67 ±	4.11	64	61.63 ±	5.92	10	5.19 ±	0.96	112	99.69 ±	11.15
	2		54	20.33 ±	2.58	56	70.22 ±	8.22	6	4.27 ±	1.66	116	92.65 ±	8.50
	3		39	28.21 ±	5.09	66	51.95 ±	4.54	7	8.17 ±	1.50	112	91.27 ±	8.72
		<i>Promedio</i>	44	24.71 ±	2.26	62	60.72 ±	3.69	8	5.90 ±	0.78	113	94.24 ±	5.42
		<b>Promedio</b>	<b>45</b>	<b>32.94 ±</b>	<b>1.70</b>	<b>60</b>	<b>78.82 ±</b>	<b>4.18</b>	<b>7</b>	<b>5.76 ±</b>	<b>0.73</b>	<b>111</b>	<b>119.62 ±</b>	<b>1.70</b>
	1	1	50	40.16 ±	8.67	52	55.20 ±	6.81	9	7.44 ±	2.11	111	108.86 ±	12.24
		2	37	60.10 ±	11.06	49	51.68 ±	7.61	8	5.11 ±	1.04	94	124.61 ±	13.54
		3	53	49.74 ±	7.18	47	51.86 ±	6.55	5	8.17 ±	3.32	105	114.16 ±	13.80
		<i>Promedio</i>	47	48.85 ±	4.69	49	53.23 ±	4.17	7	6.71 ±	1.22	103	115.39 ±	7.63
	2	1	58	53.97 ±	6.30	44	48.65 ±	10.39	5	4.49 ±	1.26	107	114.12 ±	15.20
		2	58	40.60 ±	5.17	30	40.37 ±	5.25	9	4.72 ±	1.27	97	93.58 ±	11.58
		3	60	43.18 ±	6.08	54	44.12 ±	5.14	5	1.05 ±	0.39	119	95.19 ±	10.01
		<i>Promedio</i>	59	45.51 ±	3.40	43	45.27 ±	4.31	6	3.27 ±	0.56	108	100.54 ±	6.99
ago-09	3	1	68	64.29 ±	11.20	53	88.98 ±	18.90	10	3.61 ±	0.83	131	164.80 ±	21.14
		2	38	57.28 ±	8.59	55	68.11 ±	11.79	16	2.41 ±	0.51	109	149.00 ±	18.29
		3	34	43.61 ±	9.75	54	66.87 ±	8.48	4	4.81 ±	2.73	92	119.39 ±	14.79
		<i>Promedio</i>	47	52.23 ±	5.01	54	73.08 ±	7.37	10	3.43 ±	0.54	111	139.92 ±	10.17
	4	1	58	45.39 ±	5.92	49	43.79 ±	9.18	3	1.30 ±	0.37	110	94.23 ±	13.19
		2	55	49.65 ±	7.38	43	46.60 ±	5.69	10	1.93 ±	0.41	108	101.61 ±	9.39
		3	65	53.56 ±	7.39	44	64.15 ±	11.09	7	1.66 ±	0.47	116	120.92 ±	13.15
		<i>Promedio</i>	59	49.17 ±	4.44	45	51.47 ±	5.66	7	1.54 ±	0.26	111	104.80 ±	7.28
		<b>Promedio</b>	<b>53</b>	<b>48.74 ±</b>	<b>2.19</b>	<b>48</b>	<b>55.23 ±</b>	<b>2.71</b>	<b>8</b>	<b>3.64 ±</b>	<b>0.33</b>	<b>108</b>	<b>114.24 ±</b>	<b>2.19</b>
	1	1	56	55.36 ±	6.62	55	69.26 ±	10.01	4	5.81 ±	5.43	115	135.96 ±	17.69
		2	59	48.28 ±	6.89	39	44.97 ±	6.28	4	3.48 ±	1.45	102	99.67 ±	11.07
		3	45	40.30 ±	7.09	40	43.75 ±	7.07	9	2.46 ±	0.82	94	93.59 ±	11.77
		<i>Promedio</i>	53	48.41 ±	4.61	45	55.37 ±	5.65	6	3.52 ±	1.21	104	111.54 ±	8.68
	2	1	56	43.93 ±	6.14	47	39.71 ±	5.48	7	2.20 ±	0.48	110	89.58 ±	9.89
		2	60	40.12 ±	6.39	42	41.25 ±	4.92	7	2.50 ±	0.99	109	88.41 ±	10.25
		3	59	49.66 ±	7.09	41	50.67 ±	9.35	7	1.33 ±	0.33	107	106.43 ±	12.23
		<i>Promedio</i>	58	44.32 ±	4.18	43	44.31 ±	3.96	7	2.07 ±	0.36	109	94.59 ±	6.24
sep-09	3	1	55	51.35 ±	8.49	67	115.08 ±	16.45	2	2.44 ±	0.32	124	169.12 ±	21.07
		2	57	43.66 ±	6.49	47	75.22 ±	13.31	9	2.59 ±	0.84	113	128.76 ±	16.01
		3	52	57.84 ±	10.57	46	64.02 ±	8.94	8	4.79 ±	0.83	106	133.45 ±	14.78
		<i>Promedio</i>	55	51.24 ±	5.24	53	84.45 ±	7.71	6	3.60 ±	0.70	114	142.64 ±	10.03
	4	1	47	59.03 ±	6.89	63	104.27 ±	16.75	8	8.21 ±	2.81	118	180.34 ±	22.25
		2	60	48.65 ±	6.89	42	81.75 ±	19.99	9	6.24 ±	2.22	111	150.98 ±	26.63
		3	54	40.74 ±	6.90	51	52.87 ±	6.78	13	2.49 ±	0.62	118	107.07 ±	12.29

	<i>Promedio</i>	54	48.13 ±	4.39	52	77.10 ±	8.06	10	5.53 ±	1.09	116	141.61 ±	11.36	
<b>Promedio</b>		<b>55</b>	<b>47.68 ±</b>	<b>2.31</b>	<b>48</b>	<b>62.97 ±</b>	<b>3.10</b>	<b>7</b>	<b>3.50 ±</b>	<b>0.40</b>	<b>111</b>	<b>119.55 ±</b>	<b>2.31</b>	
oct-09	1	1	24	20.35 ±	8.11	40	29.65 ±	9.19	5	0.90 ±	0.24	69	52.11 ±	11.28
		2	38	26.21 ±	10.48	60	29.72 ±	5.14	7	2.02 ±	1.04	105	61.51 ±	10.83
		3	41	33.56 ±	17.12	44	36.35 ±	5.74	7	5.25 ±	2.81	92	81.23 ±	19.42
		<i>Promedio</i>	34	25.83 ±	6.78	48	31.09 ±	3.90	6	2.37 ±	0.80	89	62.80 ±	7.69
	2	1	51	33.66 ±	3.77	39	21.53 ±	3.28	2	3.43 ±	2.23	92	60.12 ±	8.12
		2	59	35.90 ±	5.02	31	32.14 ±	9.30	0	0.00 ±	0	90	68.30 ±	10.34
		3	51	22.38 ±	3.66	37	20.46 ±	3.90	1	1.36 ±	0	89	44.26 ±	5.66
		<i>Promedio</i>	54	29.84 ±	2.95	36	24.07 ±	2.87	1	2.92 ±	1.68	90	56.51 ±	4.60
	3	1	44	33.22 ±	6.90	42	26.00 ±	3.16	3	1.24 ±	0.31	89	65.01 ±	7.57
		2	42	28.61 ±	5.68	40	20.76 ±	3.49	4	2.71 ±	1.23	86	57.32 ±	9.30
		3	51	24.05 ±	4.27	40	30.50 ±	8.55	3	2.29 ±	0.90	94	58.46 ±	10.52
		<i>Promedio</i>	46	28.24 ±	2.97	41	25.50 ±	3.15	3	2.17 ±	0.53	90	60.02 ±	5.42
	4	1	45	17.86 ±	2.59	47	18.82 ±	3.09	0	0.00 ±	0	92	38.10 ±	5.17
		2	41	20.07 ±	3.14	48	18.52 ±	3.08	3	2.88 ±	1.50	92	49.50 ±	7.93
		3	53	28.42 ±	5.00	43	25.62 ±	5.18	4	2.05 ±	1.05	100	59.24 ±	8.48
	<i>Promedio</i>	46	22.01 ±	2.44	46	21.08 ±	2.23	2	2.62 ±	0.96	95	48.43 ±	4.23	
<b>Promedio</b>		<b>45</b>	<b>25.97 ±</b>	<b>2.19</b>	<b>43</b>	<b>25.58 ±</b>	<b>1.57</b>	<b>3</b>	<b>2.50 ±</b>	<b>0.46</b>	<b>91</b>	<b>56.89 ±</b>	<b>2.19</b>	