

Estructura de las comunidades de diatomeas de los sedimentos del lago Cocibolca y su relación con eventos naturales y antropogénicos

Structure of the diatom communities of the sediments of Lake Cocibolca and its relationship with the natural and anthropogenic events

Hernández González, Silvia Elena

 Silvia Elena Hernández González

silvaniaelena@hotmail.com

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua, Nicaragua

Revista Torreón Universitario

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua,
Nicaragua

ISSN: 2410-5708

ISSN-e: 2313-7215

Periodicidad: Cuatrimestral

vol. 10, núm. 28, 2021

revis.torreon.faremc@unan.edu.ni

Recepción: 24 Marzo 2020

Aprobación: 15 Enero 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/387/3872112009/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/rtu.v10i28.11531>

Financiamiento

Fuente: Fondos para Proyectos de Investigación de la UNAN-Managua (FPI).

Beneficiario: Silvia Elena Hernández González

El autor o los autores de los artículos, ensayos o investigaciones conceden a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua) los derechos de edición (copyright) del trabajo enviado, por consiguiente la Universidad cuenta con el derecho exclusivo para publicar el artículo durante el periodo completo de los derechos de autor.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Resumen: Con la finalidad de identificar las diatomeas y su comportamiento en un perfil de sedimento y su relación a eventos naturales y antropogénicos, se realizó un muestreo en el lago Cocibolca. Un total de 46 taxa fueron identificadas con la mayor diversidad en el sitio PLN I (41 taxa) y menor en el sitio PLN II (24 taxa). Los géneros más representativos en el PLN I fueron: *Aulacoseira* (12,20%), *Fragilaria* (7%), *Navicula* (12,20%), *Nitzschia* (7,32%), *Pseudostaurosira* (12,20%), y *Surirella* (9,76%). En el sitio PLN II fueron: *Aulacoseira* (20,83%), *Nitzschia* (12,50%), *Pseudostaurosira* (12,50%), *Surirella* (8,33%), *Cyclotella* (8,33%) y *Synedra* (8,33%). Dentro del género *Aulacoseira* la especie *A. muzzanensis* mostró ser la más dominante (44%; PLN I) y (64,58% PLN II).

De las especies encontradas, cuatro de ellas (*Aulacoseira ambigua*, *A. subartica*, *Discotella stelligera* y *Stephanodiscus*) presentan oscilaciones significativas como es el reemplazo de una especie por otra que depende de los cambios ambientales en el medio acuático. El sitio PLN I muestra más evidencia de los cambios que tuvo el cuerpo de agua en algún tiempo, que se ve reflejado en la dominancia que presenta una especie que al desaparecer es reemplazada por otra. Es de suponer que por un tiempo las condiciones del lago fueron variadas, observándose mejor en este sitio.

La aplicación de los índices de Shannon y Simpson muestran que el sitio PLN I es donde se observan los valores más altos calculados, 1,081 y 2,412 bit respectivamente.

Palabras clave: Lago Cocibolca, diatomeas, índice, diversidad, sedimento.

Abstract: In order to identify diatoms and their behavior in a sediment profile and their relation to natural and anthropogenic events, sediment sampling was carried out in Cocibolca Lake. A total of 46 taxa were identified with the highest diversity at the PLN I site (41 taxa) and the least at the PLN II site (24 taxa). The most representative genus in the PLN I were: *Aulacoseira* (12.20%), *Fragilaria* (7%), *Navicula* (12.20%), *Nitzschia* (7.32%), *Pseudostaurosira* (12.20%), and *Surirella* (9.76%). At the PLN II site they were: *Aulacoseira* (20.83%), *Nitzschia* (12.50%), *Pseudostaurosira*

(12.50%), *Surirella* (8.33%), *Cyclotella* (8.33%) and *Synedra* (8, 33%). Within the genus *Aulacoseira* the species *A. muzzanensis* showed to be the most dominant (44%; PLN I) and (64.58% PLN II).

Of the species found, four of them (*Aulacoseira ambigua*, *A. subartica*, *Discotella stelligera* and *Stephanodiscus*) show significant oscillations such as the replacement of one species by another that depends on environmental changes in the aquatic environment. The PLN I site shows more evidence of the changes that the body of water had at some time, which is reflected in the dominance of one species when another disappears. Presumably, for a time the conditions of the lake varied, being better observed at this site.

The application of the Shannon and Simpson indices show that the PLN I site is where the highest calculated values are observed (1,081 and 2,412 bit) respectively.

Keywords: Cocibolca Lake, diatoms, index, diversity, sediment .

1. INTRODUCCIÓN

Las comunidades de diatomeas son utilizadas como una herramienta útil en las evaluaciones de los sistemas acuáticos. Debido a su corto ciclo de vida, las comunidades rápidamente se pueden adaptar al estrés ambiental cambiando la composición de especies hacia especies tolerantes a un determinado disturbio (Stevenson y Pan 1999; Smol 2008) por lo que estos microorganismos nos brindan gran información, siendo posible estimar desde que tiempo un sistema acuático comenzó a dar signos de eutrofización.

Por lo tanto, el análisis de la composición y abundancia de diatomeas fósiles en un perfil de sedimento permiten conocer cambios de las condiciones físico-químicas de un lago. Las diatomeas son muy abundantes en los sistemas acuáticos, y sus fósiles se preservan muy bien en los sedimentos debido a su naturaleza silíceas. Las distintas especies presentan especificidad de nicho y diferentes óptimos y tolerancias ambientales (Denys y de Wolf 1999; Stevenson y Pan 1999; Mann 2010). En este sentido son indicadoras de pH, salinidad, estado trófico y contaminación, entre otros (De Wolf 1982; Van Dam et al. 1994; Smol 2008).

Es por eso que, a partir de estos organismos, se puede obtener la historia de un lago y reconstruir las condiciones biológicas y tróficas pasadas. Esto se debe a una alta especificidad de hábitat y altas tasas de crecimiento, ya que responden rápidamente a las fluctuaciones del ambiente, por lo que la sucesión de especies en las comunidades de diatomeas, puede detectar cambios ambientales, ya sea por causas naturales o por efectos antropogénicos (Stevenson y Pan 1999; Prygiel and Coste 2000; Siqueiros-Beltrone 2002; Licursi et al. 2006; García Rodríguez et al. 2011). Por lo que este estudio tiene como finalidad identificar la estructura de las comunidades de diatomeas en perfiles de sedimento del lago Cocibolca y su relación con eventos naturales y antropogénicos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Obtención de la muestra

Se realizó un muestreo para la extracción de dos cores de sedimento en diferentes sitios del lago Cocibolca y su posterior seccionamiento en laboratorio. Una vez obtenida la muestra, esta fue debidamente manipulada para su traslado al laboratorio, donde fueron seccionadas a cada centímetro desde los 0 cm hasta los 45 cm.

2.2 Eliminación de materia orgánica

Para eliminar la materia orgánica de la muestra, el vial conteniendo la muestra (3 ml de muestra) fue transferido a un beaker de 150 ml. Posteriormente utilizando una campana de extracción de gases, se le agregó 5 ml de ácido sulfúrico, un tercio de dicromato de potasio del contenido de la muestra y 5 gotas de peróxido de hidrógeno, (Barber, H. G. & E. Y. Haworth, 1981).

Una vez que los reactivos reaccionaron con la materia orgánica de los sedimentos que contiene la muestra, se le adicionó agua destilada hasta aforar a los 150 ml (figura 1), para eliminar los residuos de ácidos por el método de sedimentación y decantación (figura 2).



FIGURA 1
Aforo con agua destilada



FIGURA 2
Sedimentación de muestra



FIGURA 3
Muestras en viales y placas fijas

Posterior a la eliminación de ácidos de las muestras, estas fueron concentradas en viales de 10 ml y su posterior montaje en placas fijas (Figura 3). Para el montaje se utilizó resina naphrax para su posterior reconocimiento y clasificación de taxa con la ayuda de claves taxonómicas adecuadas.

2.3 Identificación de diatomeas

Para la identificación de taxa se utilizó una cámara Olympus DP72. Dado que existen revisiones periódicas de la taxonomía de estos microorganismos por investigadores, se contó con el apoyo del doctor Carlos Rivera de la Universidad Javeriana de Colombia, especialista en el campo de la paleolimnología, quien ofreció su apoyo incondicional para la verificación de los nombre de las especies identificadas.



FIGURA 4.
Identificación de taxa

Una vez verificados los nombres científicos de las especies se procedió a realizar los conteos de los organismos por cada especie presente. El criterio utilizado para los conteos de los organismos fue mayor de 300 valvas de la especie más dominante (figura 4).

3. RESULTADOS

3.1 Estructura y dominancia de diatomeas

Las siguientes tablas (1 y 2) muestran los resultados encontrados en las muestras analizadas de los cores de sedimento extraídos del lago Cocibolca, reflejando la presencia-ausencia y frecuencia de las especies más representativas de diatomeas en cada centímetro seccionado.

TABLA 1.
Lista taxonómica de diatomeas en el sitio PLN I del lago Cocibolca.

LISTA DE ESPECIES DIATOMEAS PLN I	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-24	25-29	30-34	35-40	41-45	46	
cm																											
<i>Achnanthes minutissima</i>																											
<i>Achnanthes sp</i>																											
<i>Aulacoseira ambigua</i>																											
<i>Aulacoseira granulata N1</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira granulata N2</i>																											
<i>Aulacoseira muzanensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira subarctica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Coccinodiscus sp</i>																											
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	x																										
<i>Cyclotella sp</i>																											
<i>Cymbella sp</i>																											
<i>Diploneis ovalis</i>																											
<i>Diploneis subovalis</i>																											
<i>Discotella stelligera</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Fragilaria acuta</i>																											
<i>Fragilaria crotonensis</i>	x	x																									
<i>Fragilaria sp</i>																											
<i>Gyrosigma sp</i>																											
<i>Navicula cryptocephala</i>																											
<i>Navicula cryptotenella</i>																											
<i>Navicula pupula</i>																											
<i>Navicula sp.</i>	x																										
<i>Navicula tainoensis</i>																											
<i>Nitzschia acicularis</i>																											
<i>Nitzschia palea</i>	x																										
<i>Nitzschia sp.</i>																											
<i>Plagiotropis sp.</i>																											
<i>Pseudostaurosira brevistreata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudostaurosira pseudosconstruens</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudostaurosira sp</i>	x																										
<i>Pseudostaurosira sp N1</i>																											
<i>Pseudostaurosira sp N2</i>																											
<i>Staurosira construens</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Staurosira sp</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Stephanodiscus sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Surirella sp N1</i>																											
<i>Surirella sp N2</i>																											
<i>Surirella sp.</i>																											
<i>Surirella turgida</i>																											
<i>Synedra acuta</i>																											
<i>Synedra ulna</i>																											



La estructura y representatividad de diatomeas muestran un total de 46 taxa con la mayor diversidad en el sitio PLN I (41 taxa) y menor en el sitio PLN II (24 taxa), observándose la mayor frecuencia del género *Aulacoseira* en ambos sitios.

En la figura 5 se muestran todos los géneros mas representativos (sitio PLN I, PLN II) encontrados en cada sitio, de los cuales sobresalen 6, correspondiendoles al PLN I, *Aulacoseira* (12,20%), *Navicula* (12,20%), *Pseudostaurosira* (12,20%), *Fragilaria* (7%), *Nitzschia* (7,32%) y *Surirella* (9,76%). De estos, los tres primeros géneros muestran ser los más diversos.

TABLA 2
Lista taxonómica de diatomeas en el sitio PLN II del lago Cocibolca

LISTA DE ESPECIES DIATOMEAS PLN II	cm																									
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	25-26	29-30	35-36	40-41	44-45	
<i>Aulacoseira ambigua</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira granulata N1</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira granulata N2</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira muzeanensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira subarctica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cyclotella sp</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Discotella stelligera</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Eunotia sp</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Navicula cryptocephala</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia acicularis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia granulata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia palea</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pleurosigma sp</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudostaurosira pseudosconstruens</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudostaurosira sp N1</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudostaurosira sp N2</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Staurosira construens</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Staurosirella sp</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Stephanodiscus sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Surirella sp</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Surirella turgida</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Synedra acus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Synedra ulna</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

En el sitio PLN II, *Aulacoseira* (20,83%) mostró la mayor diversidad en relación al resto de los géneros seguida por *Nitzschia* (12,50%), *Pseudostaurosira* (12,50%), *Surirella* (8,33%), *Cyclotella* (8,33%) y *Synedra* (8,33%). El género *Aulacoseira* es de ecología planctónica. Contrario al sitio anterior, *Navicula* se sustituye por *Nitzschia* como una de las más divesas.

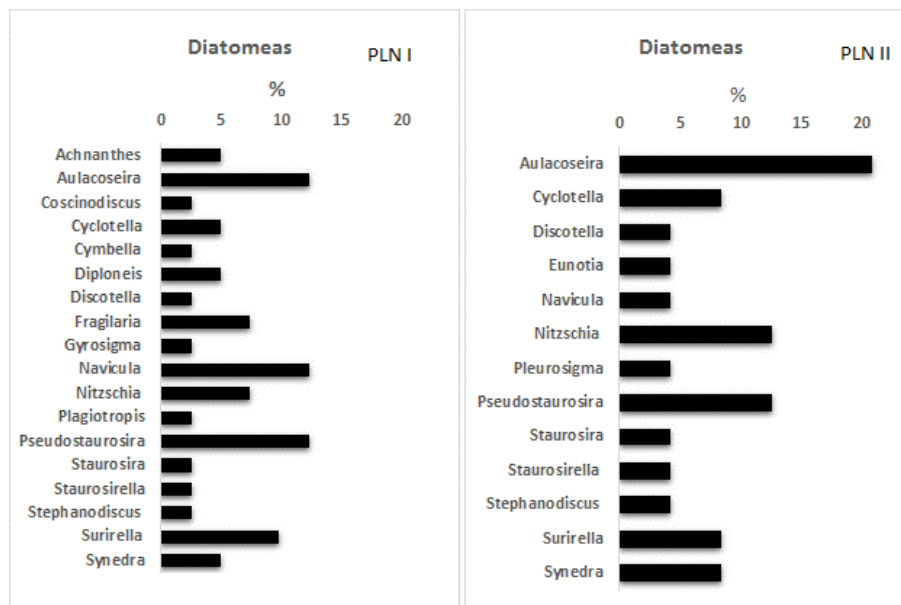


FIGURA 5

Géneros de diatomeas más representativos en los sitios PLN I y PLN II.

En la figura 6 se presentan los resultados de abundancia promedio porcentual de las especies más representativas en el sitio identificado como PLN I, obteniéndose una dominancia promedio porcentual de la especie *Aulacoseira muzzanensis* (44 %), seguida por *Aulacoseira subartica* (21,32 %), que muestra un descenso a partir de la sección 4-5 cm. En tercer lugar se observa a la especie *Aulacoseira ambigua* (8 %), que muestra alta representatividad en las secciones inferiores hasta empezar a desaparecer a partir de la sección 8-9 cm con dominancia promedio porcentual del 11 %. También se observa *Aulacoseira granulata* N1 (3,48 %), que tiene su mayor aporte (17,63 %) en la sección 44-45 cm y después disminuye en todo el perfil hasta casi desaparecer.

Otra especie representativa en los primeros centímetros es *Stephanodiscus sp.* (7,38 %), que tiene poca representación, pero se incrementa a partir de la sección 5-6 cm. *Discotella stelligera* (4,43 %) es otra especie que no se observa en las tres primeras secciones inferiores, pero luego aparece poco a poco manteniéndose pobremente en el resto del perfil.

Cabe destacar que también existen otras especies que muestran bajos valores promedio de representatividad como *Pseudostaurosira pseudoconstruens* (4,04 %), *Staurosira construens* (2,45 %), *Navicula cryptocephala* (2,27 %), *Staurosirella* (2 %), *Pseudostaurosira N1* (0,77 %).

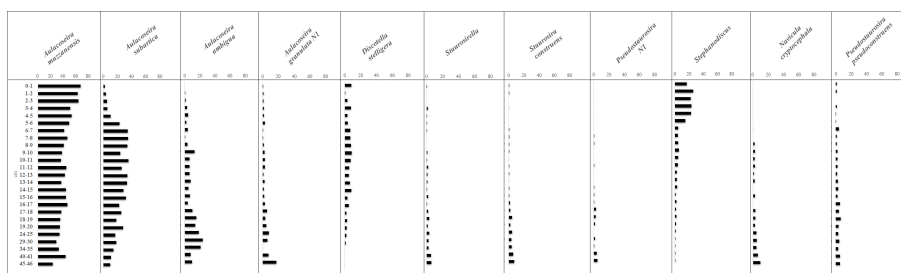


FIGURA 6
Especies de diatomeas más representativas en el sitio PLN I

La figura 7 muestra los resultados de abundancia promedio porcentual de las especies más representativas en el sitio identificado como PLN II, obteniéndose una dominancia promedio de la especie *Aulacoseira muzzanensis* (67,06 %), seguida por *Stephanodiscus sp.* (18,42 %), con presencia en todo el perfil, pero con menor representación. En tercer lugar se observa a la especie *Discotella stelligera* (4,85 %), con su mayor representatividad en la sección 35-36 cm (12,04 %), finalizando con *Aulacoseira subartica* (3,25 %), que muestra su mayor representación en la sección 44-45 cm (14,21 %). Por ultimo se encuentran las especies con menos del 2 % de representatividad, *Pseudostaurosira pseudoconstruens* (1,26 %), *Staurosira construens* (1,30 %), *Pseudostaurosira NI* (0,68 %), *Aulacoseira ambigua* (1,25 %). Esta última muestra su mayor aporte (15,11 %) en la sección 6-7 cm.

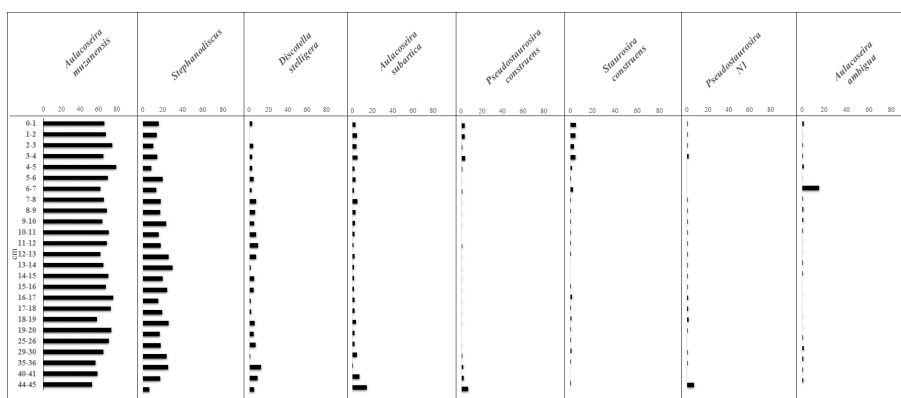


FIGURA 7
Especies de diatomeas más representativas en el sitio PLN II

3.2 Indices de diversidad

La figura 8 muestra los resultados de dos indices de diversidad aplicados a cada sitio analizado. Los indices de diversidad están conformados por dos componentes, el número de especies o lo que llamamos riqueza de especie y la abundancia o equilibrio de las especies. Se dice que una comunidad esta completamente equilibrada si π_1 es igual a π_2 por lo que π_k es igual a $1/k$. Donde k es el numero finito de especies físicamente presentes (Bouza, N. Covarrubias, D. 2005).

El indice de Shannon en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3, y valores inferiores a 2 se consideran una diversidad baja, mientras que valores superiores a 3 son considerados altos en diversidad de especies, (Pla, L. 2006). Por otro lado, el indice de Simpson nos permite medir la riqueza de organismos y refleja la dominancia de especies.

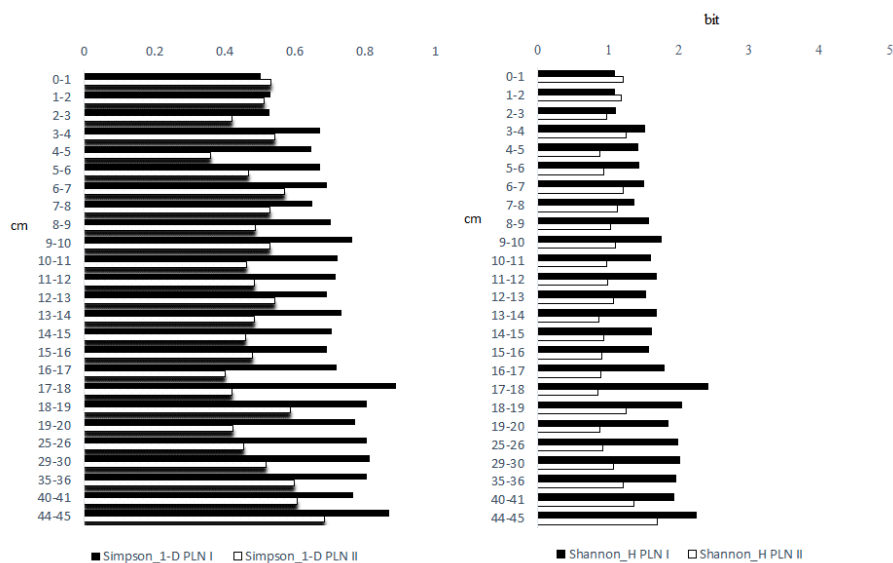


FIGURA 8
Indices de diversidad de los sitios PLN I y PLN II

De los dos sitios en estudio el índice de Shannon y Simpson en el sitio PLN I mostró valores entre 1,081 y 2,412 bit y 0,501 y 0,889 bit respectivamente y en el sitio PLN II fueron entre 0,849 y 1,693 bit y 0,36 y 0,685 bit respectivamente. El sitio PLN I fue el que mostró los valores del índice de Shannon y Simpson más alto.

4. DISCUSIÓN

El enriquecimiento por nutrientes es uno de los estreses antropogénicos más comunes en los lagos asociado al uso de la tierra, desarrollo urbanístico e industrial, todo lo cual afecta la cantidad y calidad de las aguas superficiales, (Sanchez et al. 2007).

En consecuencia, se producen cambios en las comunidades de diatomeas planctónicas que al ser depositadas en los sedimentos y estar compuesta de sílice no se degradan y su sensibilidad a los cambios ambientales, así como la rápida evolución de las asociaciones, sirven como microfósiles referentes de las condiciones en que vivieron tiempos pasados ya que la estructura comunitaria cambia debido a la alteración en las condiciones física, químicas y biológicas

En las muestras de sedimento analizadas se encontró el género *Aulacoseira* dominante en ambos sitios, específicamente *Aulacoseira muzanensis* que es de hábitat planctónico en los sistemas lacustres pudiendo indicar un estado particular de sus aguas ya sea física o químicas, favoreciendo el desarrollo de esta especie.

La paleolimnología que está referida al estudio de cualquier tipo de información preservada en los sedimentos lacustres nos permite reconstruir la naturaleza de un lago o de su entorno en el pasado, (Caballero, et al. 2014). Ha sido utilizada como herramienta para determinar condiciones climáticas pasadas, evaluar cambios naturales como incendios forestales o erupciones, huracanes y cambios inducidos por el hombre como explotaciones mineras, eutrofización, deforestación entre otros, (Escobar, J. et al. 2005).

Es por esa razón que los sedimentos acumulados en el fondo de un lago son un reflejo de la interacción entre los factores bióticos y abióticos que tienen incidencia en ese cuerpo de agua. Por ende, el fechamiento y el análisis de estos microfósiles aportan datos sobre los cambios en el clima y el ambiente.

Debido a la virtud de tener una alta tasa reproductiva, las algas pueden responder rápidamente a los cambios de las condiciones ambientales de origen natural o antropogénico siendo útiles como evaluadores de la calidad de agua (Sharov, 2008), reflejando datos importantes de su entorno en el pasado.

Aulacoseira granulata es otra diatomea céntrica ampliamente distribuida en el fitoplancton de lagos ríos y reservorios principalmente en aguas moderadamente eutróficas y ricas en carbonato, (Margalet, 1983). Sin embargo se observa en el sitio PLN I con una pobre representación, siendo su mayor aporte en la sección 44-45 cm con 17,62 %.

En este mismo sitio las cuatro especies más representativas tienen un comportamiento de reemplazo de una especie por otra, observándose un descenso en las secciones superiores de las especies *Aulacoseira subartica* y *A. ambigua* que al disminuir estas especies se produce un aumento porcentual de *Aulacoseira muzzanensis* y *Stephanodiscus* sp. Igualmente, *Aulacoseira granulata* NI, *Discotella stelligera* también muestran el reemplazo de una especie por la otra aunque con menos dominancia. Cabe mencionar que el resto de las especies con pobre representación muestran presencia en las secciones más profundas hasta desaparecer en las secciones superiores.

Este comportamiento es probablemente el reflejo de la contaminación puntual desde la cuenca en la descarga de aguas residuales crudas o deficientemente tratadas que se concentra en 30 municipios. También, el aumento de la actividad ganadera ha convertido una gran parte de la cuenca en áreas de pastos, (Vammen, K. et al. 2006). Igualmente las actividades agrícolas de la cuenca pueden ser responsable de este comportamiento al llegar los fertilizantes por escurrimiento al cuerpo receptor.

Igualmente en el sitio PLN II se observa un dominio promedio porcentual de dos especies, *A. muzzanensis*, *Stephanodiscus* sp. con un comportamiento similar de cada una de las especies en todas las secciones. De igual forma *Discotella stelligera* y *A. subartica* muestran una similar y pobre representatividad en todas las secciones. *Staurosira construens* aparece en las primeras secciones y *Aulacoseira ambigua* pobremente representada en todas las secciones excepto en la sección de 6-7 cm aparece con un 15.11 % de representación.

El comportamiento de estas especies depende de los cambios ambientales en el medio acuático. De los dos sitios evaluados el PLN I muestra más evidencia de los cambios que tuvo el cuerpo de agua en algún tiempo y que se ve reflejado en el reemplazo de una especie de diatomea por otra. Es de suponer que por un tiempo las condiciones del lago fueron variando, observándose mejor en este sitio.

De igual forma existen eventos naturales como huracanes que pueden variar el dominio de una determinada especie de diatomea y ser sustituida por otra. En los últimos 124 años casi 50 ciclones tropicales han afectado el territorio de Nicaragua y al menos el 45 % alcanzaron la categoría de huracán, siendo los más devastadores Irene (1971), Alleta (1982), Joan o Juana (1988) y el Mitch (1998). <https://www.laprensa.com.ni/2019/09/21/suplemento/la-prensa-domingo/2592865-galeria-huracanes-los-mas-violentos-en-los-ultimos-120-anos-de-historia-de-nicaragua>

Los índices de calidad de agua usando diatomeas son una herramienta que proveen datos más precisos comparados con los químicos. De los dos sitios en estudio el índice de Shannon y Simpson en el PLN I mostró valores entre 1,081 y 2,412 bit y 0,501 y 0,889 bit respectivamente y en el sitio PLN II fueron entre 0,849 y 1,693 bit y 0,36 y 0,685 bit respectivamente. El sitio PLN I fue el que mostró los valores del índice de Shannon y Simpson más alto.

5. CONCLUSIONES

El análisis de los dos cores PLN I y PLN II muestran una diversidad total de 46 taxa mostrando mayor diversidad en el sitio PLN I (41 taxa) y menor en el sitio PLN II (24 taxa).

Se encontró 6 géneros más representativos, correspondiendo para el sitio PLN I *Aulacoseira* (12,20 %), *Fragilaria* (7 %), *Navicula* (12,20 %), *Nitzschia* (7,32 %), *Pseudostaurosira* (12,20 %), y *Surirella* (9,76 %), siendo *Aulacoseira* el género más representativo.

En el sitio PLN II, *Aulacoseira* (20,83 %) mostró la mayor diversidad en relación al resto de los géneros seguida por *Nitzschia* (12,50 %), *Pseudostaurosira* (12,50 %), *Surirella* (8,33 %), *Cyclotella* (8,33 %) y *Synedra* (8,33 %).

Dentro del género *Aulacoseira* la especie *A. muzzanensis* mostró ser la más dominante en todas las secciones de los dos cores. (44 %; PLN I) y (64,58 % PLN II).

De las especies encontradas, cuatro de ellas (*Aulacoseira ambigua*, *A. subartica*, *Discotella stelligera* y *Stephanodiscus*) presentan oscilaciones significativas como es el reemplazo de una especie por otra que depende de los cambios ambientales en el medio acuático. El sitio PLN I muestra más evidencia de los cambios que tuvo el cuerpo de agua en algún tiempo, que se ve reflejado en la dominancia que presenta una especie al desaparecer otra. Es de suponer que por un tiempo las condiciones del lago fueron variando, observándose mejor en este sitio.

De los dos sitios en estudio la aplicación del índice de Shannon y Simpson en el PLN I mostró valores entre 1,081 y 2,412 bit y 0,501 y 0,889 bit respectivamente y en el sitio PLN II fueron entre 0,849 y 1,693 bit y 0,36 y 0,685 bit respectivamente. El sitio PLN I fue el que mostró los valores del índice de Shannon y Simpson más alto.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a los Fondos para Proyectos de Investigación FPI 2015-2017 de la UNAN-Managua por medio del proyecto No. 42201504, por el apoyo económico brindado para la realización de esta investigación, desarrollada en el período 2016-2020 bajo la línea de investigación: Limnología de sistemas lénticos y lóticos. Se agradece el apoyo incondicional en la verificación de los nombres de taxa, al doctor Carlos Rivera Rondón, Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- Barber, H. G. & E. Y. Haworth, (1981). A guide to the morphology of the Diatom Frustule. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 44, p. 105 - 109.
- Bouza, N. Covarrubias, D. (2005). Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. Revista Investigación Operacional.
- Caballero, M.; Valadez, F. Y Rodriguez, (2014). Paleolimnología: Como descifrar la historia de los lagos y su entorno a partir del estudio de sus sedimentos.
- Denys y de Wolf (1999). Diatoms as indicators of coastal paleoenvironments and relative sea-level change. In Stoermer, E.F. & J. P. Smol (eds.) The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth sciences. Cambridge University Press New York: 277-297.
- Escobar, J.; Restrepo, J.C. Y Martínez, J. I. (2005) "La paleolimnología como herramienta para el estudio y manejo de embalses". Universidad Nacional de Colombia - Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica. vol. 8 Núm. 2 pp. 51-59.
- García Rodríguez, F. et al. (2011). Diatoms, protein and carbohydrate sediment content as proxies for coastal eutrophication in Montevideo, Río de la Plata estuary, Uruguay. Braz j. Oceanogr 59(4): 293-310.
- De Wolf, H. (1982). Methods of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. Med Rijks Geol Dienst 36:95-99.
- Licursi et al. (2006): Diatoms assemblages from a turbid coastal plain stuary: Rio de la Plata(South of America). J Marsyst 62:33-45.
- Mann, D. G. (2010). Diatoms
- Margalef, R (1983). Limnología. Omega, 1001 pp.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia. Vol. 31 N. 8 ISSN 0378-1844.
- Prygiel, J. and Coste, M. (2000). Guide méthodologique pour l'Indice Biologique Diatomées. NFT 90-354. Étude Agence Bordeaux, March 2000, Agences de l'Eau France.

- Sharov, A. (2008). Phytoplankton as an indicator in estimating long-term changes in the water quality of large lakes. *Water Resour.* 35 (6) 668–673.
- Siqueiros-Beltrone, D. A. (2002). Diatomeas bentónicas de la Península de baja California; diversidad y potencial ecológico CICIMA. Libros de Ciencias Marinas. IPN-UABCS
- Smol, J. P. (2008). *Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective*, 2nd Edition. Blackwell Publ. 383 pp.
- Stevenson, R. J. & Pan, Y. (1999). Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. In the *Diatoms: Applications for the Environmental and Earth sciences*. Cambridge University Press, Cambridge University Press, pp.11-40.
- Van Dam et al. (1994). A coded checklist and ecological indicators values of freshwater diatoms from the Netherlands, *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28, 117-133
- Vammen, Katherine; Pitty Tercero, Jorge y Montenegro Guillén, Salvador (2006). Evaluación del Proceso de Eutrofización del Lago Cocibolca, Nicaragua y sus causas en la Cuenca. In: *Eutrofización en Sudamérica: Causas, Consecuencias y Tecnologías para Manejo y Control*. Tundisi, José Galizia. ed.; Tundisi, Takako Matsumura. ed.; Galli, Corina Sidagis. ed., Instituto Internacional de Ecología de Sao Carlos, pp. 35-58. ISBN 85-87418-05-X