

Variación de los nutrientes en agua y sedimento del Sistema Lagunar de Tunas de Zaza, Sancti Spíritus, Cuba. II parte

Nutrients variations in water and sediment of Tunas de Zaza Lagoon Systems, Sancti Spíritus, Cuba. Part II

María Aurora Pis Ramírez,¹ Gilma Deldado Miranda² y Servilio Alfonso Cherolde¹

¹Centro de Investigaciones Pesqueras. Calle 246 No. 503 entre 5ta. Avenida y Mar, Santa Fe, Municipio Playa, La Habana, Cuba, CP 19 100, teléfono: (53) 7-208-9304, E-mail: mapis@cip.alinet.cu

²Grupo Empresarial de la Industria Alimentarias (GEIA)

RESUMEN

A continuación de un estudio de caracterización físico-química del agua y sedimento realizado en las cinco lagunas costeras de Tunas de Zaza por Pis *et. al.* (2018), se procedió al análisis y comparación de los indicadores analizados con el objetivo de establecer si existían variaciones entre los mismos. Los resultados mostraron una variación espacio-temporal de los nutrientes en y entre lagunas, corroborando el carácter cambiante de estos ecosistemas; pero los valores obtenidos no resultaron dañinos a las especies marinas que allí se desarrollan. Se observó una dependencia entre los niveles de nutrientes con la lluvia producida en la zona, dado por el aumento de los niveles de amonio, fósforo y silicato cuando esta aumentó. Se determinó que las concentraciones y variaciones de nutrientes en el sistema lagunar de Tunas de Zaza se encontraban dentro de las más frecuentes reportadas en la literatura para lagunas y zonas costeras cubanas; no resultando perjudiciales a la vida acuática que allí se desarrolla.

Palabras clave: lagunas costeras; análisis físico-químicos; variación, nutrientes.

ABSTRACT

Following a study of the physicochemical characterization study of water and sediment carried out in the five coastal lagoons of Tunas de Zaza by Pis *et al.* (2018), indicators were analyzed and compared in order to establish if there were variations between them. The results showed a spatio-temporal variation of those reported in literature among lagoons, corroborating the changing nature of these ecosystems; but the values obtained were not harmful to the marine species that are developed here. Dependence between the levels of nutrients with the rain produced in the area was observed given the increase in the levels of ammonium, phosphorus and silicate when it increased. It was determined that the concentrations and variations of nutrients in the lagoon system of Tunas de Zaza were within the most frequent.

Keywords: coastal lagoons; physicochemical analysis; variations; nutrients.

Recibido: 5/4/19

Revisado: 31/7/19

Aceptado: 10/9/19

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son cuerpos superficiales de agua, a menudo alargados, separados de un cuerpo de agua más grande por un banco de arena, arrecifes de coral a poca profundidad, recibiendo agua salada del mar, dulce de quebradas y ríos que presentan diferentes salinidades y conexiones con el mar. Kjerve (1994) las define como depresiones costeras someras (< 10 m), con su eje principal paralelo a la costa, conectadas al mar temporal o permanentemente por uno o más canales y separadas de él por una barrera física. Presentan una conexión ecohidrológica relacionada con el control

tierra/mar (aportes de cuencas hidrológicas), mar/tierra (mareas, corrientes, huracanes), los cuales desempeñan un papel determinante en el funcionamiento ecológico del ecosistema en cuestión, que además está relacionado con la estabilidad ecológica que considera el regreso o resiliencia del ecosistema a su estado de equilibrio después de ocurrida una perturbación (Herrera-Silveira, 2006). Son sistemas complejos y dinámicos que intercambian agua con las zonas costeras cercanas, siendo necesario conocer las fluctuaciones físico-químicas del agua para evaluar la calidad del ambiente y el recurso ictícola que allí se desarrolla.

Son importantes porque retienen el sedimento y los contaminantes que son arrastrados por los ríos y las

quebradas manteniendo limpias las aguas de las costas, además de constituir un refugio para el desarrollo de animales marinos, desempeñando un papel importante como áreas de desove y crianza de peces y crustáceos juveniles de gran importancia económica (Yañez-Arancibia *et. al.*, 1994); pero están influenciados por impactos humanos que pueden afectar la calidad del agua, así como la salud de la fauna que allí se desarrolla y de la laguna en general.

El conocimiento de las principales variables físico-químicas en las lagunas costeras ofrece claves invaluable para el manejo de las cuencas y de los ecosistemas costeros (Contreras & Castañeda, 2004).

Las variaciones en la cantidad de nutrientes y sus fuentes, constituyen un factor primordial en todos los ecosistemas acuáticos. La presencia de nutrientes en un ecosistema determina la cantidad de productividad primaria del mismo, base fundamental de la trama trófica acuática. Los fenómenos más comunes asociados a los nutrientes son: o su carencia o su exceso; ambos con severas consecuencias en la biota acuática. La escasez de nutrientes está asociada a aguas oligotróficas, esto es, con áreas o sistemas acuáticos completos con una mínima producción primaria. En el otro extremo, se encuentran las aguas o sistemas distróficos o hipereutróficos, en donde la generación continua y masiva de biomasa,

principalmente fitoplanctónica, auspicia serios problemas en los flujos energéticos (Contreras *et. al.*, 1996).

En el presente estudio se exponen los resultados derivados de muestreos realizados a cinco lagunas costeras de Tunas de Zaza al sur de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba, a lo largo de tres años, analizándose la variación experimentada por los nutrientes en y entre las lagunas, contribuyendo con esto a un mejor conocimiento sobre los fenómenos asociados a la presencia de los mismos y su impacto en este importante sistema lagunar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El sistema lagunar de Tunas de Zaza se encuentra ubicado en la porción centro-sur de Cuba, ocupando el delta fluvial del río Zaza y su periferia occidental y oriental, en la costa meridional de la provincia de Sancti Spiritus. Comprende un área total de 6 649,46 ha (66,49 km²); de las que 1 067,08 ha (10,67 km²), se hallan ocupadas por lagunas costeras de distintos tamaños y configuración, mientras que el resto la conforman saladares y manglares principalmente (Fig. 1).



Fig. 1. Área de estudio. Mapa de Cuba. Ubicación del sistema lagunar de Tunas de Zaza.

Se tomaron los datos obtenidos en la caracterización del agua y sedimento de las cinco lagunas costeras del sistema lagunar de Tunas de Zaza (Jayunal, Bravitas, Tin Tin, Bernabé y Laguna Grande), correspondientes a un estudio precedente (Pis *et. al.*, 2018) referidos a las cuatro campañas de muestreo: dos en abril y septiembre de 2013 y dos en enero y marzo de 2014, respectivamente. Se tomaron las determinacio-

nes realizadas de amonio, nitrito, fósforo inorgánico, sólidos totales, silicatos y DQO en el agua y porcentaje de carbón orgánico (CO) en sedimentos, realizadas siguiendo los métodos descritos por FAO (1975) & APHA (1998), y reportadas en el referido estudio.

Se realizó el análisis de las variables mediante estadística descriptiva, utilizando el programa EXCEL 2003, STATISTICA 7.

Se determinó la normalidad de los datos y para determinar la variación temporal de los nutrientes se aplicó un ANOVA simple determinándose los meses en los cuales las variables resultaron significativamente diferentes; además se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) con un nivel de significación de ($p < 0,05$) para determinar la relación entre las variables, utilizando el sistema estadístico Statgraphic Centurión XV.

do de nitritos en agua a partir de enero de 2014 en casi todas las lagunas y un pico en este mismo mes en Las Bravitas, Jayunal y Tin Tin. En Laguna Grande se apreció un máximo en el contenido de amonio en septiembre de 2013; así como un ligero aumento de las concentraciones de este nutriente en marzo 2014 en laguna Bernabé, haciendo que las concentraciones se situaran por encima de los de un agua de buena calidad según NC-25: 1999. El contenido de fósforo estuvo alto en Jayunal y Bernabé en abril de 2013 comenzando a disminuir hasta niveles bajos en los meses analizados del 2014 sin sobrepasar los límites de un agua de buena calidad para el cultivo de peces según la NC-25: 1999. Los niveles de silicatos se observaron bajos en todas las lagunas y todos los meses analizados, no estando regulados dentro de la normativa cubana (Fig. 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación de la concentración de nutrientes en los meses estudiados y lagunas analizadas mostró una variación temporal en la concentración de estos en cada laguna. Se observó un aumento del contenido

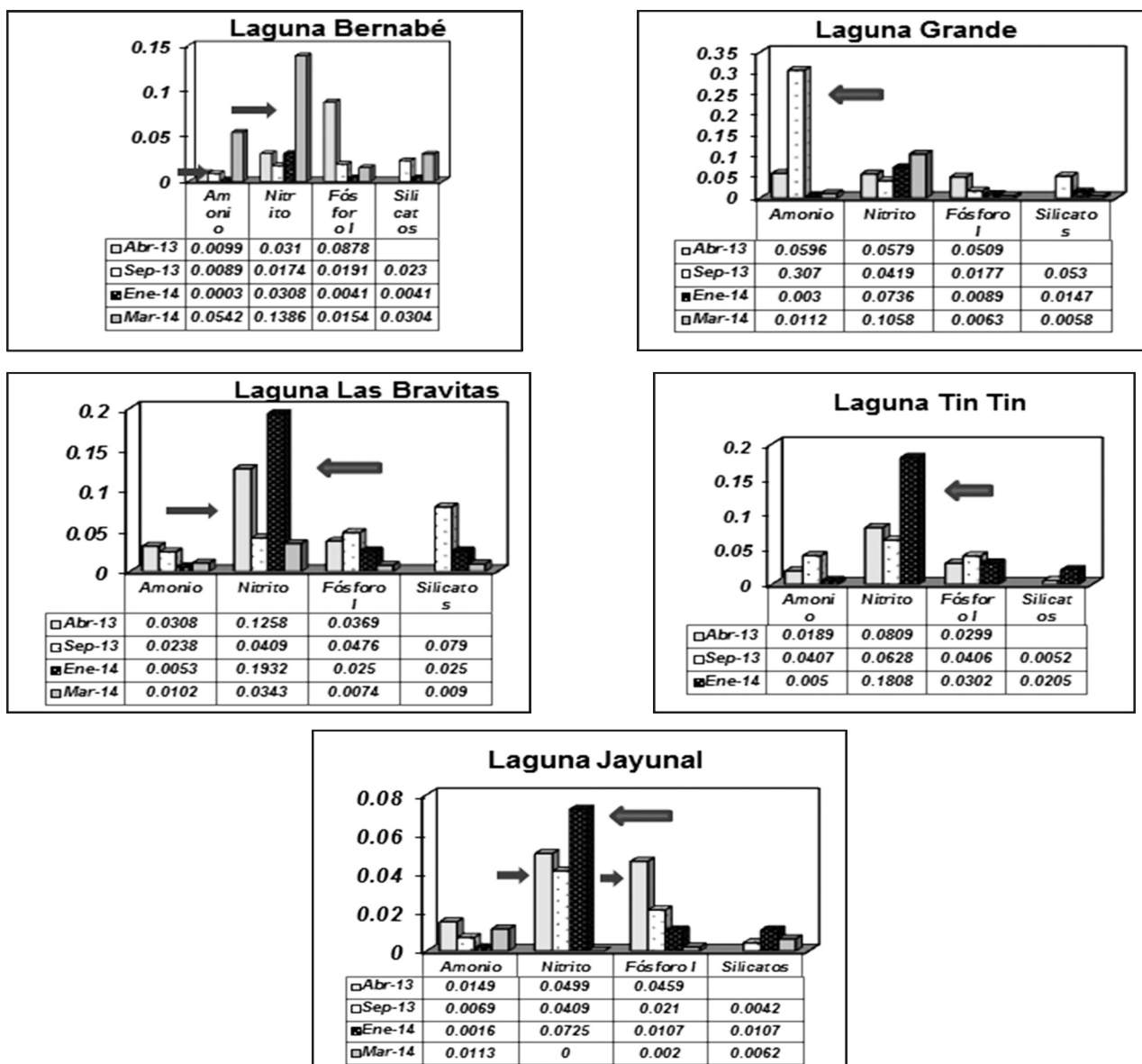


Fig. 2. Variación de la concentración de nutrientes con los meses muestreados en cada laguna del Sistema Lagunar de Tunas de Zaza (2013-2014).

Estas variaciones pueden ser debidas a factores como el aporte fluvial, de las aguas subterráneas y a la entrada de agua de mar a las mismas (Movellán Mendoza, 2004). Ha sido demostrado en otras investigaciones que existe una fuerte correlación entre las cargas de nitrógeno y fósforo total en los ríos con el uso de la tierra, y especialmente con las prácticas agrícolas (Moreau *et al.*, 1998), sobre todo en zonas aledañas a las lagunas y costas. Las actividades humanas, en especial aquellas que ocurren en las cuencas costeras, afectan directa e indirectamente a los ecosistemas acuáticos, como lagunas y estuarios, causando perturbaciones ambientales como la pérdida de la calidad del agua, en ocasiones con destrucción del hábitat, eutrofización, así como cambios en la estructura y dinámica trófica (Wetz & Yoskowitz, 2013).

La variación experimentada en la concentración de nutrientes entre cada laguna mostró diferencias

significativas para $p < 0,05$ en el amonio que se presentó más alto en Laguna Grande; el nitrito, aunque alto en casi todas las lagunas, fue mayor en Laguna Tin Tin y las Bravitas. El fósforo inorgánico experimentó una disminución significativa de la concentración en las lagunas Grande y Jayunal; debido a que los cambios de este nutriente en aguas someras son explicados por su rápido tiempo de renovación y la alta reactividad del fósforo con la materia orgánica y los sedimentos suspendidos que son mayores en ambas lagunas (Deborde *et al.*, 2007). Por su parte los silicatos experimentaron la mayor concentración en Laguna Grande y Las Bravitas, conociéndose que las mayores concentraciones de este nutriente pueden ser debidas a que el silicato disuelto es llevado por escurrimiento de agua dulce hacia el interior de las lagunas costeras, lo cual puede haber sucedido en este caso (Fig. 3).

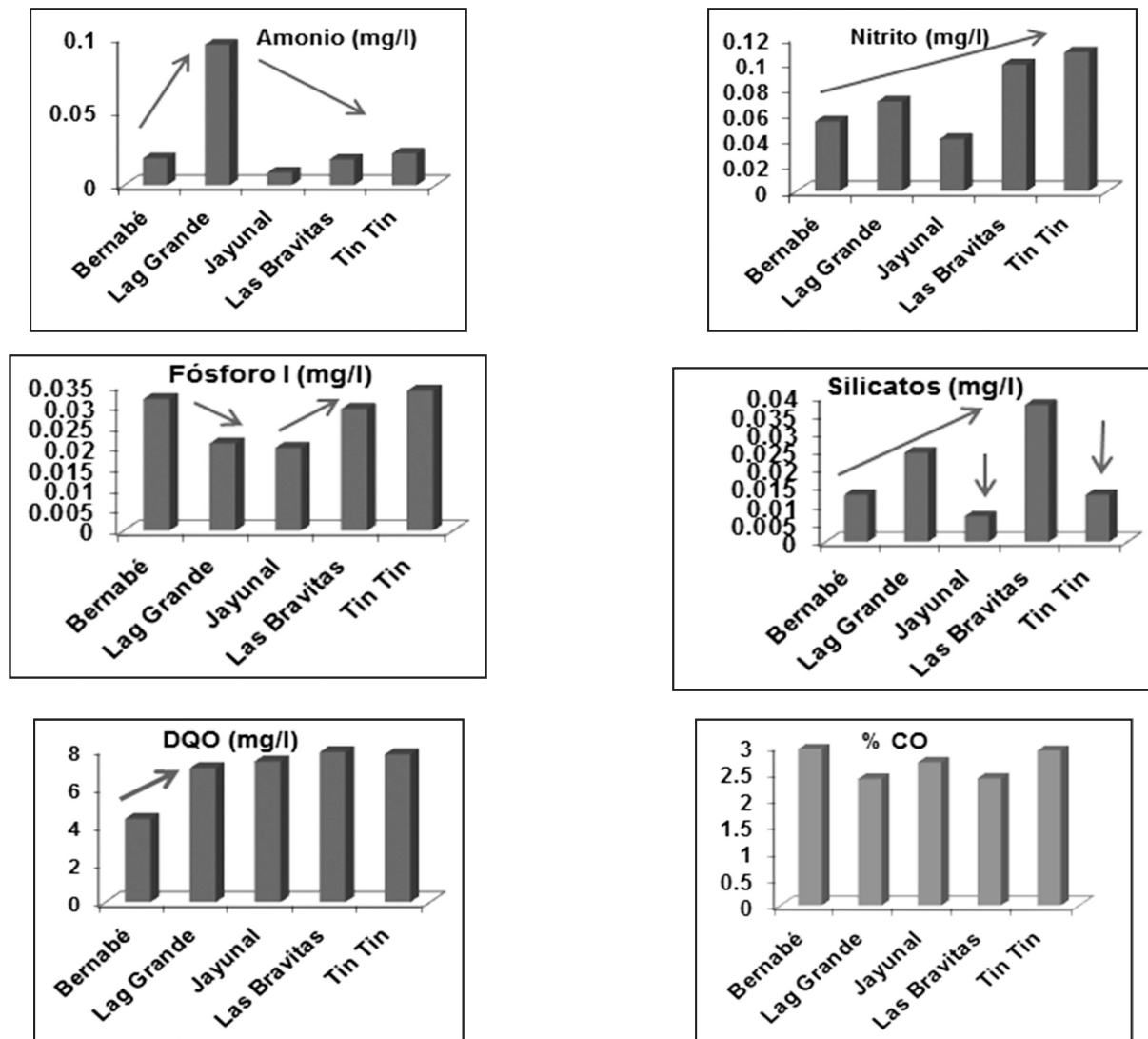


Fig. 3. Comparación de los parámetros químicos del agua en las lagunas costeras de Tunas de Zaza 2013-2014.

En cuanto al sedimento, los valores de carbón orgánico no sufrieron variación significativa entre las lagunas, aunque se registró una disminución de los valores de este indicador en septiembre de 2013 y enero de 2014 en las lagunas Grande y Bravitas res-

pectivamente, debido a que se encontraban en época de seca, donde el arrastre de materia orgánica es menor, no obstante, los valores obtenidos correspondieron a sedimentos estabilizados según lo establecido en la Norma Cubana NC-25: 1999 (Fig. 4).

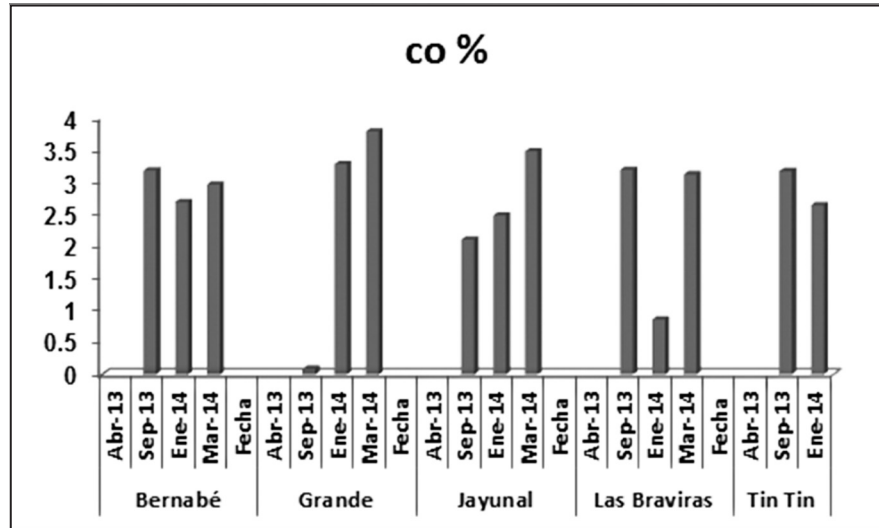


Fig. 4. Variación del CO entre lagunas las lagunas de Tunas de Zaza en los diferentes muestreos.

La variación de la concentración de nutrientes de todo el sistema lagunar muestreado en función de la lluvia caída en la zona: Las mayores concentraciones de amonio, fósforo y silicatos se obtuvieron cuando la lluvia fue mayor, lo que coincide con lo reportado en la literatura donde se plantea que las concentraciones más elevadas de nutrientes se sitúan durante el período de lluvias, cuando además de los elementos autóctonos, se suman los provenientes del arrastre terrígeno originado por los ríos (Contreras *et. al.*, 1996). Con respecto a las formas nitrogenadas, la dominante resultó ser el amonio por su relación con respecto al nitrógeno total inorgánico que va del 60-98 %, debido a la fuerte relación de este con la presencia y dominancia con las formas nanofitoplanctónicas que manifiestan una considerable aportación a la biomasa total del fitoplancton, y captan preferentemente el nitrógeno regenerado, es decir, el amonio (Contreras & Castañeda, 1993) (Fig. 5).

Las épocas lluviosa y seca, al igual que los fenómenos climáticos: el niño y la niña, son de suma importancia ya que modifican el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua, el manglar y el recurso pesquero, alterando el equilibrio y protección de su dinámica y el mantenimiento de las actividades productivas de sus habitantes (Severiche-Sierra *et. al.*, 2013). En general fueron observados comportamientos diferentes en cada laguna analizada en cuanto a los niveles de nutrientes, que puede ser influenciado por una diferente mezcla de agua dul-

ce y salada en cada laguna (López Ortega *et. al.*, 2012). Un comportamiento similar en la variación de los nutrientes fue obtenido por Sosa- Ávalos *et. al.* (2013) en una laguna costera de Cuyutlán, México. El Análisis de Varianza aplicado mostró diferencias significativas en cuanto a los niveles de nutrientes a través de los meses en las lagunas. La aplicación del Análisis Multivariado de los datos expresó correlaciones significativas entre diferentes nutrientes, entre fósforo y silicato en la laguna Tin Tin, y entre amonio y fósforo; así como entre fósforo y nitrito, en las lagunas Bernabé y Bravitas no se encontró correlaciones significativas entre los nutrientes. El Análisis de Componentes Principales (ACP), aplicado con el propósito de obtener un número reducido de combinaciones lineales de las cinco variables analizadas que explicaran la mayor variabilidad en los datos, mostró que en este caso dos componentes en su conjunto explicaban el 100 % de la variabilidad de los datos en las lagunas analizadas como se muestra en la figura 6.

Los nutrientes de mayor importancia en los ecosistemas lagunares son los iones derivados del nitrógeno (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), fosfatos (PO_4^-), y para algunos grupos como las diatomeas, los silicatos (SiO_2^-). El nitrógeno (N), fósforo (P) y silicio (Si) recirculan a través del planeta en los denominados ciclos biogeoquímicos, siendo las lagunas costeras un reservorio importante dentro del ciclo de estos elementos (Marcovecchio & Freije, 2013).

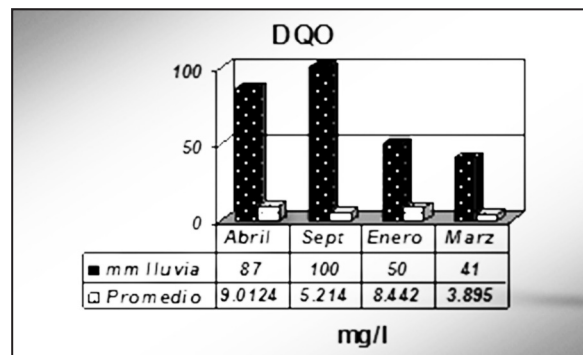
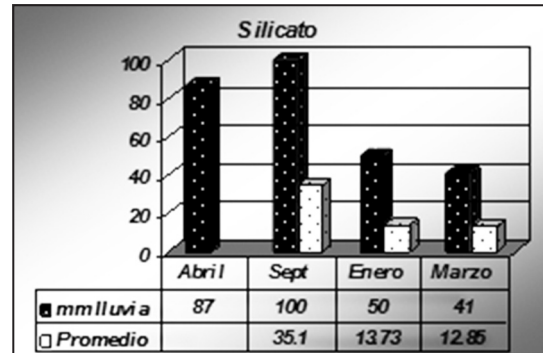
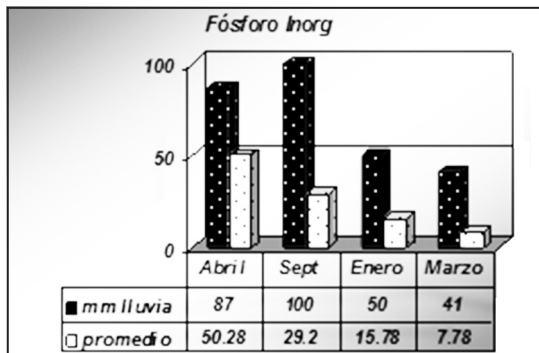
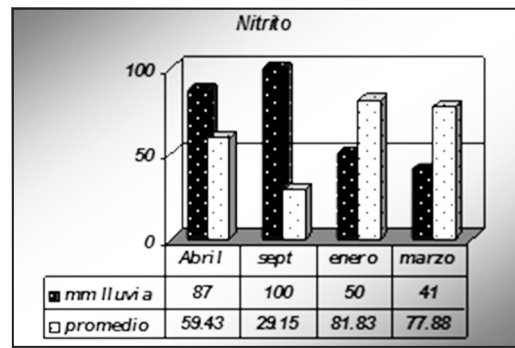
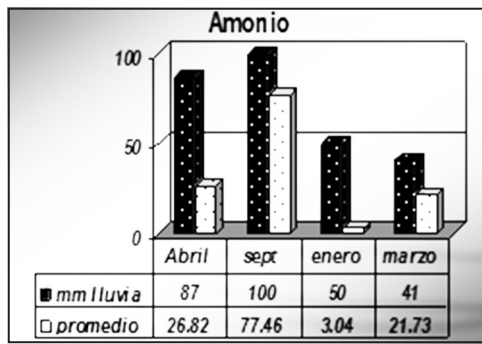


Fig. 5. Variación de los nutrientes en función de la lluvia caída.

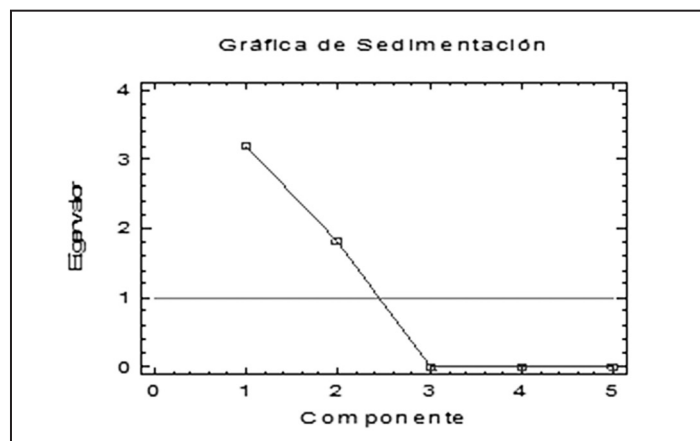


Fig. 6. Análisis de Componentes Principales en los nutrientes de las lagunas de Tunas de Zaza.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se observó una variación espacio-temporal en el contenido de los nutrientes en el agua y el sedimento de las lagunas de Tunas de Zaza, tanto dentro de cada laguna como entre lagunas; así como variación de los mismos en función de los milímetros de lluvia caída en la zona; manifestándose un incremento de la concentración de amonio, fósforo inorgánico y silicato cuando las precipitaciones fueron mayores.
2. Se determinó que las concentraciones y variaciones de nutrientes en el sistema lagunar de Tunas de Zaza se encontraban dentro de las más frecuentes reportadas en la literatura para lagunas y zonas costeras cubanas; no resultando perjudiciales a la vida acuática que allí se desarrolla, recomendándose el chequeo de la calidad de agua y sedimento con frecuencia para mantener la adecuada salud de este ecosistema.

REFERENCIAS

- APHA (1998). *Standard Methods for the examination of water and wastewater* (20th edition).
- Contreras, F. & Castañeda, O. (1993). Contribución del nanofitoplancton en la cantidad de clorofila *a* de dos sistemas lagunares del estado de Chiapas, México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 7, 61-73.
- Contreras, F., Castañeda, O., Torres-Alvarado, R. & Gutiérrez, F. (1996). Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Rev. Biol. Trop.*, 44 (2), 417-425.
- Contreras, F. & Castañeda, O. (2004). La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias*, 76, 46-56.
- Deborde, J., Anschutz, P., Chaillou, G., Etcheber, H., Commarieu, M. V., Lacroix, P. & Abril, G. (2007). The dynamics of phosphorus in turbid estuarine systems: Example of the Gironde estuary (France). *Limnology and Oceanography*, 52, 862-872.
- FAO (1975). Manual of methods in aquatic environment research. *Fisheries Technical Paper No. 137*, Rome.
- Herrera-Silveira, J. (2006). Lagunas costeras de Yucatán (SE. México): Investigación, diagnóstico y manejo. Sociedad Venezolana de Ecología. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. *Ecotropicos*, 19 (2), 94-108.
- Kjerfve, B. (1994). Coastal Lagoons Processes. *Elsevier*, vol. 60, 1st edition, New York.
- López Ortega, M., Pulido Flores, G., Serrano Solís, A., Gaytán Oyarzún, J. C., Monk Sheets, W. S. & López Jiménez, M. A. (2012). Evaluación estacional de las variables físico-químicas del agua de la laguna de Tampamachoco. Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12 (3), 713-719.
- Marcovecchio, J. & Freije, H. (2013). Programas de monitoreo en estuarios: estudios a largo plazo. En Jorge Marcovecchio & Hugo Freije (Eds.), *Procesos químicos en estuarios*. Publisher: Universidad Tecnológica Nacional (UTN).
- Movellán Mendosa, E. (2004): Los nutrientes. Generalidades y su uso modulado. Capítulo 2 Aporte de los nutrientes en los estuarios. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1425/2.NUTRIENTES.pdf>
- Norma Cubana NC-25 (1999). Evaluación de objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones (obligatoria). CEN, Cuba.
- Pis Ramírez, M. A., Delgado Miranda, G. & Alfonso Cherolde, S. (2018). Caracterización del agua y sedimento de las lagunas costeras de Tunas de Zaza, Cuba. Parte I. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 35 (2), 55-60.
- Severiche Sierra, C.; Barreto Lezama, A. J. & Acevedo Barrios, R. L. (2013). Efecto de las lluvias sobre la calidad del agua en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 10 (1).
- Sosa-Ávalos, R., Gaxiola-Castro, G., Olivos-Ortiz, A. & Silva-Iñiguez, L. (2013). Nutrientes y producción primaria en Laguna de Cuyutlán. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48 (1).
- Wetz, M. S. & Yoskowitz, D. W. (2013). An 'extreme' future for estuaries? Effects of extreme climatic events on estuarine water quality and ecology. *Mar. Pollut. Bull.*, 69, 7-18.
- Yáñez-Arancibia, A., Twilley, R. R. & Lara-Domínguez, A. L. (1998). Los ecosistemas de manglar. *Madera y Bosques*, 4 (2), 3-19.