




## Conocimiento de organismos bióticos acuáticos heterotróficos (macroinvertebrados) acumulados en las capas sedimentarias del Lago Cocibolca de los últimos 100 años

### Knowledge of heterotrophic aquatic biotic organisms (macroinvertebrates) accumulated in the sedimentary layers of Cocibolca lake from the last 100 years

Ráudez Reyes, Scarleth Margarita; Cano Espinoza, Roberto Antonio; López Palma, Jairo Luis

 **Scarleth Margarita Ráudez Reyes**  
scarleth.raudez@cira.unan.edu.ni  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,  
Managua, Nicaragua

 **Roberto Antonio Cano Espinoza**  
roberto.cano@cira.unan.edu.ni  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,  
Managua, Nicaragua

 **Jairo Luis López Palma**  
jairo.lopez@cira.unan.edu.ni  
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. 29, 2021  
[revis.torreon.faremc@unan.edu.ni](mailto:revis.torreon.faremc@unan.edu.ni)

Recepción: 16 Julio 2020  
Aprobación: 22 Junio 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/387/3872515011/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/rtu.v10i29.12742>

**Financiamiento**  
Fuente: Vicerrectorado de Investigación, Dirección de Investigación y Postgrado de la UNAN-Managua, a través de los Fondos para Proyectos de Investigación  
Beneficiario: Scarleth Margarita Ráudez Reyes, y coautores

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.

**Resumen:** El lago Cocibolca es el ecosistema de agua dulce más grande de América Central y recientemente ha ganado la atención de la comunidad científica internacional ante la construcción planeada del canal interoceánico que potencialmente podría cruzar e impactar este sistema. Este estudio pretende realizar una reconstrucción cualitativa utilizando proxies biológicos heterotróficos (macroinvertebrados) y su relación con eventos naturales extremos conocidos, así como actividades antropogénicas claves. A través del análisis de  $^{210}\text{Pb}$  se analizaron dos núcleos de alta resolución del lago Cocibolca, para el último siglo ~100 años, los cuales fueron recolectadas: uno en la zona oriental (PLNI), y otro cerca de la Isla de Ometepe (PLNII). Relativo a los chironomidos, se observó un bajo número de restos fósiles, los que concuerdan con los registros limnológicos del Lago, donde esta comunidad exhibe bajas proporciones. Las altas tasa de erosión y sedimentación principalmente en la cuenca sur, aportan al sistema abundante material rico en nutrientes, los que modifican la productividad del ecosistema. En consecuencia, la comunidad de ensamblajes bénticos se ha transformado, favoreciendo a las especies oportunistas y mejor adaptadas a los eventos climatológicos extremos que suman a acrecentar los problemas de enriquecimiento, anudado con las actividades antrópicas que siguen generando cambios y avances en el estado trófico del lago Cocibolca.

**Palabras clave:** paleolimnología, macroinvertebrados, sedimentos, proxies biológicos.

**Abstract:** Cocibolca lake is the largest freshwater ecosystem in Central America and has recently gained the attention of the international scientific community due to the planned construction of the interoceanic canal that could potentially cross and impact this system. This study aims to perform a qualitative reconstruction using heterotrophic biological proxies (macroinvertebrates) and their relationship to know extreme natural events, as well as key anthropogenic activities. Through the  $^{210}\text{Pb}$  analysis, two high-resolution cores of Cocibolca



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

lake were analyzed, for the last century ~100 years, which were collected, one in the eastern zone (PLNI), another near of Ometepe island (PLNII). Relative to the chironomids, a low number of fossils was observed, these conform to the historical limnological records of the lake where this community exhibits low proportions. The high erosion and sedimentation rates, mainly in the southern watershed, provide the system with abundant material rich in nutrients that modify the lake's productivity. Consequently, the benthic assemblages community have been transformed, favoring opportunistic species that are better adapted to extreme weather events that add to increasing enrichment problems, knotted with the anthropic activities that continue to generate changes and advances in the trophic state on a global scale in Cocibolca Lake.

**Keywords:** paleolimnology, macroinvertebrates, sediments, biological proxies.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sedimentos lacustres son una herramienta útil, para la reconstrucción de las condiciones ambientales en determinados intervalos de tiempo debido que preservan información de los cambios del medio en el pasado y su avance en el presente. Para inferir en estos cambios, se utilizan multiproxies subfósiles de macroinvertebrados, los cuales se relacionan con algunos factores físicos químicos que nos ayudan a explicar los acontecimientos históricos encontrados.

La utilización de restos fósiles en investigaciones ambientales tiene gran importancia debido a la pronta respuesta que exhiben cuando se producen cambios en la concentración de nutrientes, materia orgánica y otros elementos, como metales pesados a los que estuvieron expuestos en el tiempo, por tanto, son indicadores del estado trófico del medio en que se encuentran y nos ayudan a predecir posibles cambios en el clima debido a las fluctuaciones del nivel del agua lenticia.

Según Walker (1987), las exuvias bénticas, principalmente remanentes fósiles de la Familia Chironomidae se han usado para rastrear la paleoproduktividad de sistemas lacustres (Stahl, 1959; Bryce, 1962), para evaluar la eutrofización antropogénica y acidificación (Henrikson et al., 1982), para monitorear el impacto de las fluctuaciones de salinidad, así como las variaciones climáticas sobre comunidades acuáticas. Además, chironómidos son indicadores sensibles de la temperatura pasada y ofrecen un gran potencial para proporcionar estimaciones independientes de las condiciones climáticas regionales durante los intervalos de transición (Messafferro, J. et al., 2014).

Por tanto, es importante dar a conocer los grupos subfósiles de macroinvertebrados que conforman los sedimentos del lago Cocibolca en los últimos 100 años y relacionar su presencia con los eventos climáticos ocurridos en el pasado y las actividades de la cuenca hidrográfica dado que proporcionan un entendimiento integral y robusto de los aspectos paleolimnológicos ocurridos espacial y temporalmente en el sistema léntico bajo estudio.

## 2. METODOLOGÍA

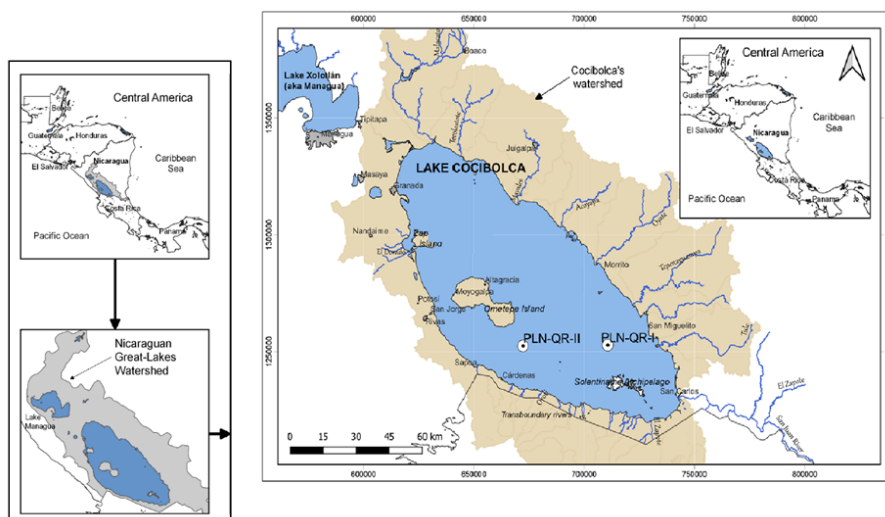
El lago Cocibolca (674510E, 1271751.5N, 32 msnm) es un lago tectónico poco profundo y de gran superficie (8 000 km<sup>2</sup>, Figura 1) con un subsistema hidrológico de casi 24 000 km<sup>2</sup> compartido con Costa Rica

(Montenegro, S. 2003), de los cuales el 64% se ubica en territorio nicaragüense (INETER, 2006) con más de 1,3 millones de personas que allí viven (Ekstrand et al., 2009).

En marzo de 2016, se recolectaron 2 núcleos sedimentarios (PLNI y PLNII) con ayuda del nucleador de gravedad (UWITEC) en los sitios: PLN-QR-I (710672 E, 1252821 N), ubicada a unos 15 km al noreste de la isla Mancarrón en el archipiélago de Solentiname y PLN-QR-II (672275 E, 1252484 N), recolectada desde la zona más profunda del lago a más de 33 m, 15 km al sureste del volcán Maderas.

Los núcleos fueron evaluados visualmente, seleccionando aquellos sin signos de mezcla de sedimentos, con fase de sedimento y agua bien conservada. Los registros fósiles de macroinvertebrados, se obtuvieron a partir de los dos núcleos sedimentarios (PLNI: 15 cortes y PLNII: 18 cortes) y el análisis de las muestras se realizó con la metodología sugerida por Smol, J. (2001) Se realizaron placas fijas y se identificaron los organismos fósiles con las claves de Messaferro, J. et al., 2014, Cummins, K. 1984. Las citas de <sup>210</sup>Pb, la tasa de sedimentación (noviembre 2016-enero 2017) se completaron en PEARL (Queen's University, Kingston, Ontario, Canadá).

Las secciones de sedimento fueron fechadas por espectrometría gamma con detector tipo pozo (sistema de conteo gamma ORTEC), utilizando la tasa constante de Modelo de suministro (Appleby, P. 1998) y el paquete ScienTissIME en MatLab® (ScheerSoftware Solutions, Barry's Bay, ON, Canadá). Las fechas de las secciones intermedias sin fecha fueron interpoladas usando Excel 2013 y SPSS v.20 a través de regresión lineal.



**FIGURA 1.**  
Ubicación del lago Cocibolca  
Mapa compilado con QGIS 3.0.1-Girona, de la base cartográfica del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2006). PLN-QR-I a PLN-QR-II fueron los sitios de extracción del núcleo (para más detalles ver en el texto "extracción de núcleos sedimentarios")

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los núcleos oscilaron en una escala cronológica de ~107 (PLNI) a casi ~144 años (PLNII) de acumulación de sedimentos entre 1872 y 2016 (Tabla 1). Para todos los sitios, la tasa de sedimentación mínima varió de  $0,004 \pm 0,005$  a  $0,014 \pm 0,018 \text{ g.cm}^{-2}.\text{y}^{-1}$ , los sedimentos acumulados en el sitio PLNI reflejó el valor más bajo. El punto PLNII despunta con las mayores tasas de sedimentación ( $0,194 \pm 0,04 \text{ g.cm}^{-2}.\text{y}^{-1}$ ).

TABLA 1.  
 Fechado cronológico de los núcleos sedimentarios PLNI y PLNII en el lago Cocibolca

Profundidad	PLNI	PLNII	Profundidad	PLNI	PLNII
0.5	2015.0±1.0	2015.9±0.2	22.5	-	1991.0±2.1
1.5	2012.1±1.3	2015.3±0.2	23.5	-	*1988.5
2.5	2008.7±1.6	2014.5±0.3	24.5	-	1986.2±2.2
3.5	2005.3±2.2	*2013.9	25.5	-	*1984.3
4.5	2002.2±2.7	2013.0±0.4	26.5	-	1981.0±2.4
5.5	*2000.3	2012.2±0.5	27.5	-	1979.0±2.5
6.5	1998.4±3.5	*2011.7	28.5	-	*1977.2
7.5	*1995.2	n.d.	29.5	-	1975.5±2.7
8.5	1991.8±4.9	n.d.	30.5	-	*1974.2
9.5	1987.6±5.8	n.d.	31.5	-	*1971.9
10.5	1984.4±6.5	n.d.	32.5	-	1968.8±2.9
11.5	*1979.6	n.d.	33.5	-	*1965.8
12.5	n.d.	n.d.	34.5	-	1961.7±3.2
13.5	*1966.5	n.d.	35.5	-	1957.4±3.5
14.5	1959.5±10.4	2003.5±1.5	36.5	-	1953.3±3.8
15.5	1949.1±13.4	n.d.	37.5	-	*1948.0
16.5	1935.6±19.2	n.d.	38.5	-	1944.4±4.3
17.5	1923.1±23.1	n.d.	39.5	-	1937.5±4.9
18.5	1908.2±29.8	n.d.	40.5	-	1927.5±6.2
19.5	-	*1995.9	41.5	-	*1913.6
20.5	-	1994.6±2.0	42.5	-	1897.3±13.0
21.5	-	*1992.4	43.5	-	1872.2±27.1

**Profundidad:** profundidad del punto medio (en cm); n.d. : sin fecha; \*: fechas interpoladas

Desde ~1900 hasta mediados del siglo XX, la tasa de sedimentación en ambos sitios se mantuvo relativamente estable por debajo de  $0,04 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$  (Figura 2), exceptuando un evento no identificado registrado por PLNI c. 1920. Los picos elevados en algunas capas sedimentarias para ambos núcleos parecen estar relacionados con la ocurrencia de fuertes eventos hidrológicos como los huracanes Fifi/Orlene/Félix en PLNII, y Mitch, trazados tanto en PLNI. Desde una perspectiva espacial, la tasa de sedimentación fue mayor en las zonas sudeste (PLNII) que en la zona este del lago (PLNI).

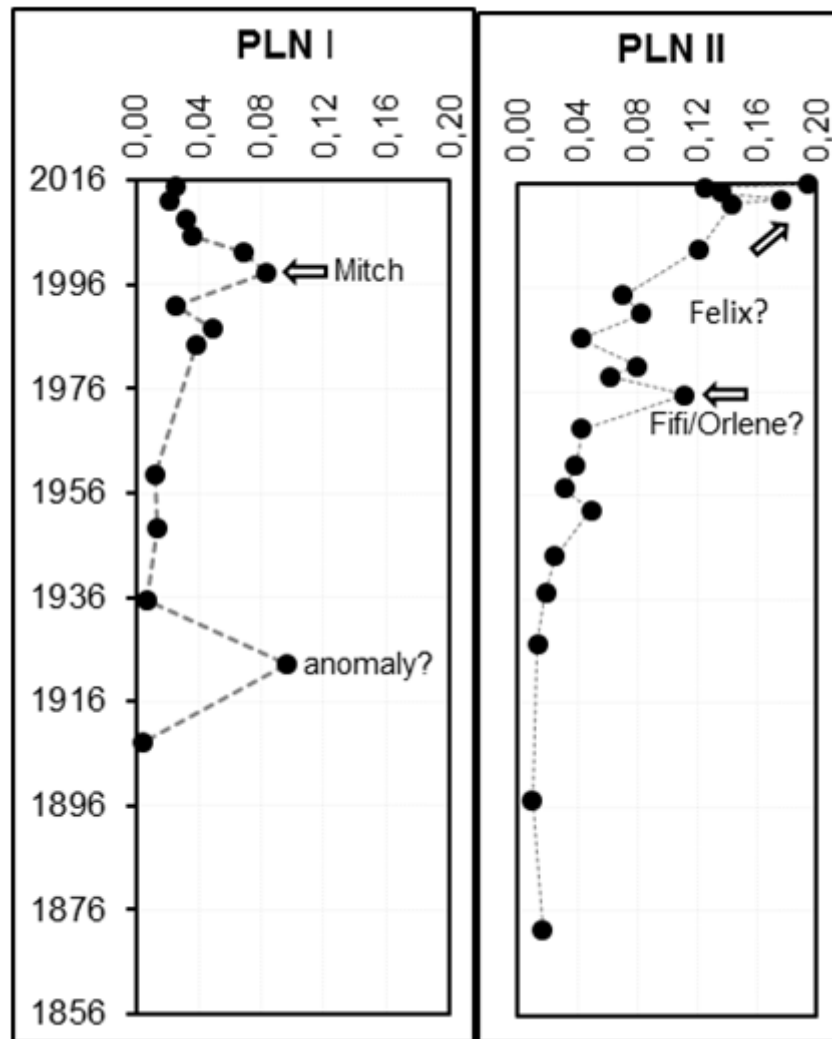


FIGURA 2.

Perfiles de velocidad de sedimentación del lago Cocibolca.

Presentado por sitio de extracción y por año. Unidades en  $g\ cm^{-2}\ y^{-1}$ . Las flechas indican picos en la velocidad de sedimentación, presumiblemente relacionados con eventos naturales extremos (por ejemplo, huracanes).

Fuente: Registro sedimentario de ~100 años de cambios en la producción primaria en el lago Cocibolca (Nicaragua).

Se estima que los mayores aportes de sedimentos que se depositan en el lago, se dan en la zona sudeste, provienen de la cuenca costarricense, seguidas por las sub cuenca de Tule en Nicaragua; pero las sub cuencas que aportan más nutrientes en el lago en orden de contribución de nutrientes son: para fósforo, las subcuencas del Niño, Ochomogo, Tule, Zapote, Sapoá y El Dorado; y las que aportan más nitrógeno son El Dorado, Tipitapa y Ochomogo en Nicaragua, seguidas de Niño en Costa Rica (Figura 3). Estos aportes de sedimento y nutrientes han catalizados cambios acelerados del estado trófico del lago Cocibolca, y por ende de la estructura comunitaria del mismo en un lapso corto en el tiempo en el último siglo.

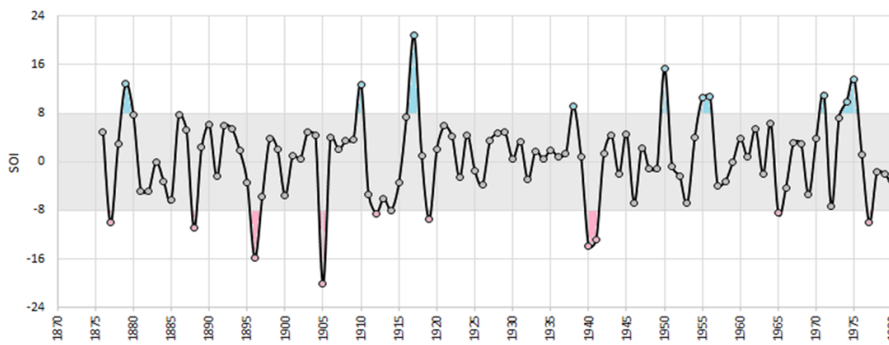


FIGURA 3.

Comportamiento del fenómeno climatológico del niño (rojo) y la niña (azul), para los últimos 150 años.  
 Registro de la NOAA & Australian BM (2017)

Según estudios recopilados por el banco mundial 2013, la tasa de sedimentación en la cuenca del lago Cocibolca se estima en una tasa anual promedio de 13,3 toneladas métricas por hectárea (Tm/ha). Ésta carga de sedimento son altas si se comparan con cuencas que tienen problemas de sedimentación bien conocidos, como la del lago Victoria, cuyo tamaño es diez veces mayor la cuenca del lago Cocibolca, pero con una elevación, patrones de pluviosidad y problemas de deforestación similares.

La eutrofización de los ecosistemas acuáticos está aumentando en todo el mundo debido a las presiones antrópicas relacionadas con los aportes de nutrientes de agricultura, ganadería, urbanización e industria. Este escenario no es ajeno para la cuenca del lago, históricamente este proceso ha acelerado el enriquecimiento del lago, dando sus orígenes con la reforma agraria, esta actividad catalizó el avance de la frontera agrícola, la ganadería extensiva, monocultivos extensivo, deforestación, erosión de suelos, crecimiento de asentamientos poblacionales ~750, 000 habitantes en las zonas costeras en 10 localidades, de acuerdo a registro del último censo poblacional del 2008, estimándose un aporte de 133-177 Ton/año de nitrógeno y de 26-38 Ton/año de fósforo total (Figura 4). Todas estas actividades a menudo se acompañan de cambios estructurales en las redes alimentarias como también en la estructura comunitaria del zooplancton, fitoplancton, y ensamblajes de macrófitas (Tallberg, P. et al., 1999).



FIGURA 4.

Contaminación por sedimentos y nutrientes procedente de poblaciones costeras del lago Cocibolca.

Nota: El grosor de los cursos de agua representa la magnitud de la carga de sedimentos que desembocan en el Lago (cuanto más grueso el trazo mayor carga de sedimentos). Fuente: Estimaciones propias basadas en simulaciones SWAT (para escorrentía y erosión de suelos) y otros cálculos (de otras fuentes). Fuente International Bank. 2013.

Las cápsulas cefálicas de los subfósiles de macroinvertebrados (chironómidos, ostrácoda y moluscos) presentes en los núcleos I y II para el período datado: 1856-2015 fueron escasos, pero se conservaron apropiadamente. En el núcleo I se encontraron 8 taxa, de las cuales 3 son chironómidos (*Chironomus* sp, *Coleotanypus* sp y *Cladotanytarsus* sp), un taxón corresponde a *Chaoborus* sp, 2 pertenecen al grupo Ostracoda (*Darwinula stevensoni* y *Cypria* sp) y 2 ejemplares a los moluscos: *Melanoides tuberculata* y *Pyrgophorus* sp.

En el núcleo I se encontró el mayor número de subfósiles con respecto al núcleo II (corte de 5-6 cm : S=4). Sin embargo, en el núcleo II se encontró un total de 5 ejemplares que corresponden a: *Chironomus* sp, *Coleotanypus* sp, *Cladotanytarsus* sp, *Chaoborus* sp y *Darwinula stevensoni*. Los estratos que albergaron el mayor número de taxa en este núcleo (II) fueron: 14-15 cm (año 2004), 29-30 cm (año 1978), 34-35 cm (año 1969) y 38-39 cm (año 1956). Sin embargo, entre estas secciones no superaron 2 taxa identificadas. Los taxa más frecuente en los sedimentos lacustres del lago del núcleo I y II fueron *Cladotanytarsus* sp y *Coelotanypus* sp respectivamente.

Uno de los hallazgos más importantes de esta investigación fue revelar que estos géneros habitan los sedimentos del Cocibolca desde 1952 (*Cladotanytarsus* sp) y 1969 (*Coelotanypus* sp), según los análisis de datación realizados de manera paralela a este estudio. Otros taxa como *Chironomus* sp se registraron por primera vez en 1956 en las zonas profundas del lago junto con el ostrácoda *Darwinula stevensoni*. Sin embargo, el registro más antiguo corresponde a *Chaoborus* sp, único ejemplar encontrado en los estratos de 1856. Notoriamente, los chironómidos y ostrácodas son los grupos diversos y resistentes entre las capas sedimentarias del sistema lacustre.

También se destaca que en los años datados correspondientes a 2012, 1999 y 1998 no se observaron subfósiles bénticos en las capas sedimentarias del núcleo I, de manera similar se observa el mismo comportamiento para el núcleo II en los años 2015, 2014, 2013, 2012 y 1998. Debido al bajo número

cápsulas cefálicas de chironómidos presentes en los diferentes estratos muestreados del lago Cocibolca, se señala que este registro no cumple con los criterios de selección requeridos para determinar zonación ni análisis estadístico de modo que, los hallazgos reportados no tendrán un tratamiento robusto, pero son la primera base de información datada realizada en este sistema y que revela información cronológica pionera sobre exuvias bénticas de chironómidos en los diferentes estratos de sedimentarios del lago Cocibolca.

Otros investigadores reportan resultados similares, como los publicados por Wu et al., (2016), quien señala bajo número de cápsulas cefálicas de chironómidos (promedio <1,6 cabezas/ml) entre ~1220 y 840 cal. año BP (~ 730–1110 CE), en la zona LZ-2 y LZ-3 en los sedimentos la laguna de Zoncho de Costa Rica, sus registros también fueron pobres en la zona LZ-1 del sistema estudiado donde reporta entre 9 y 16 taxones. Coincidente con este estudio, también se menciona que sus resultados tampoco cumplieron con los criterios de selección requeridos para análisis estadístico en algunos sitios de muestreo, dado que las reconstrucciones se basan en ensambles de chironómidos subfósiles que tienen >95% de subfósiles presentes en el conjunto de calibración y que se consideran confiable (Birks, 1998 citado por Wu, J et al., 2016).

#### 4. CONCLUSIONES

- La comunidad de subfósiles de macroinvertebrados (chironómidos y ostrácodos) del lago Cocibolca datada para los años 1852- 2015 revelan una estructura comunitaria muy pobre y poco diversa. Parece indicar que la falta de vegetación arraigada en los alrededores del lago, el continuo aporte de material sedimentario al sistema lacustre, la granulometría de los sustratos, las relaciones interespecíficas (depredación), las actividades agrícolas desde épocas remotas han incidido negativamente en el bajo número de taxa registradas y en la diversidad del sistema léntico.
- La poca cantidad de datos logrados en este estudio nos impiden hacer conclusiones determinantes sobre la naturaleza del cambio ambiental del lago Cocibolca a través de los subfósiles de chironómidos y ostrácodos, dado que estos datos no cumplen con los criterios para realizar análisis estadísticos y estratigráficos (zonación) de las comunidades proxis del sistema lacustre, pero son la base de nuevas investigaciones que describen los hallazgos del pasado, en los últimos 100 años.
- La baja abundancia de especies litorales bénticas está asociada a los cambios en la hidrodinámica del lago, principalmente a los oscilantes niveles del lago que han alterado los nichos específicos para estas especies. Resultante de los eventos climatológicos extremos para esta zona geográfica.

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al apoyo financiero del Vicerrectorado de Investigación, Dirección de Investigación y Postgrado de la UNAN-Managua, a través de los Fondos para Proyectos de Investigación, al Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua) y a la Universidad de Queen (PEARL, Kingston, Ontario, Canadá).

#### BIBLIOGRAFÍA

- Appleby, P. (1998). Dating recent sediment by 210Pb: problems and solutions. *Stuk A-145*, 7–24.
- Cummins K. (1984). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 702 pags. Second Edition. ISBN 0-8403-3180-0. USA.
- Ekstrand, S. et al., (2009). Twinning Europeand and Latin-American river basins for research enabling sustainable water resources management (TWINLATIN).



- Henrikson, L. et al., (1982), The impact of acidification on Chironomidae (Diptera) as indicated by subfossil stratification. *Hydrobiologia* 86, 223–229. <https://doi.org/10.1007/BF00006140>.
- International Bank (2013). Prioridades de Política e Inversión Para Reducir la Degradación Ambiental de la Cuenca del Lago de Nicaragua (Cocibolca). 1818 H Street NW Washington DC 20433. 118 pág.
- INETER (2006). Cartographic database of the pacific of Nicaragua, scale 1:50000, 3rd Ed. (National basin and sub-basin shapefiles, and also topographic sheet 2951-1).
- Messaferro, J. et al., 2014. Paleobioindicadores del fin del mundo: Ostrácodos y quironómidos del extremo sur de Sudamérica en ambientes lacustres cuaternarios. *Latin American Journal of Sedimentology and basin analysis*. Vol. 21 (2), 97 – 117.
- Messaferro, J et al., 2014. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Quantifying climate change in Huelmo mire (Chile, Northwestern Patagonia) during the last glacial termination using a newly developed chironomid-based temperatura model. Elsevier. Vol. 399, pages 214-224.
- Montenegro, S. (2003). Lake Cocibolca / Nicaragua. In *World Lake Basin Management Initiative* (p. 29). Saint Michael's College, Vermont: The Regional Workshop for Europe, Central Asia & the Americas, LAKENET.
- NOAA (2017). Historical hurricane tracker tool. Retrieved June 1, 2017, from [http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php), accesed in 2016/2017
- Smol, J. (2001). Tracking Environmental change using lake sediments. Volume 4: Zoological Indicators.
- Tallberg, P et al., 1999. Seasonal succession of phytoplankton and zooplankton along a trophic gradient in a eutrophic lake – implications for food web management. *Hydrobiologia* 412, 81-94. <http://doi.org/10.1023/A:1003804417039>
- Wu, J. et al., (2016). Chironomid-based reconstruction of late-Holocene climate and environmental change for southern Pacific Costa Rica. *The Holocen* 1–12. Reprints and permissions: [sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav](http://sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav). DOI: 10.1177/0959683616652702. [hol.sagepub.com](http://hol.sagepub.com)