

Variación estacional en la distribución y diversidad de rotíferos del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México

Seasonal variation in diversity and distribution of rotifers from the Alvarado Lagoon System, Veracruz, Mexico

Nayeli Carmen Benítez-Fernández¹, Verónica Valadez-Rocha¹, Ignacio Alejandro Pérez-Legaspi^{1*}, Eloísa Morales-Castro¹ y Cristina Fuentes-Meza¹

Recibido: 24 de abril de 2020.

Aceptado: 23 de noviembre de 2021.

Publicado: diciembre de 2021.

RESUMEN

Antecedentes. En el Golfo de México, el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA) destaca por sus dimensiones y pesquerías. Los rotíferos están entre los grupos más abundantes del zooplancton en estos ecosistemas. La información sobre su composición y dinámica estacional es escasa a pesar de su importancia estructural y funcional. **Objetivos.** Evaluamos la diversidad, variación estacional e influencia del pH, transparencia, salinidad y temperatura sobre la estructura de las comunidades de rotíferos en el SLA. **Métodos.** Se recolectaron muestras de zooplancton y se registraron parámetros fisicoquímicos durante septiembre 2017 a mayo 2018, en distintas épocas climáticas en cuatro zonas del SLA según el gradiente de salinidad. El zooplancton fue separado por grupos y los rotíferos se identificaron hasta especie. Se estimaron índices de Shannon-Weiner y diversidad efectiva calculando números de Hill Q1 y Q2, analizando diferencias entre zonas y temporadas. Se realizó análisis de conglomerados para determinar similitudes en la composición biológica entre diferentes zonas y temporadas. Se realizó el análisis de correspondencia canónica transformando datos de parámetros fisicoquímicos y abundancia de especies de rotíferos. **Resultados.** Se observó comportamiento oligohalino en lluvias a mesohalino en secas y la gran influencia de ríos durante lluvias en todo el SLA. Se identificaron 24 especies de rotíferos y cuatro especies de cladóceros, todos nuevos registros, siendo la familia Brachionidae la más abundante. La mayor diversidad ocurre en la zona sur en lluvias y la menor en nortes. La salinidad y transparencia estuvieron relacionadas con la distribución de las especies de Brachionidae. **Conclusiones.** El comportamiento hidrológico y variabilidad del gradiente de salinidad concuerda con lo reportado para el SLA.

Palabras clave: Brachionidae, diversidad, estuario, sistema lagunar, zooplancton.

ABSTRACT

Background. In the Gulf of Mexico, the Alvarado Lagoon System (ALS) stands out for its dimensions and fisheries. Rotifers are among the most abundant groups of zooplankton in these ecosystems. Information on its composition, diversity, and seasonal variation is scarce, despite its structural and functional importance. **Objective.** We determined the diversity, seasonal variation, and the influence of pH, transparency, salinity, and temperature in the rotifer community structure in the ALS. **Method.** We collected zooplankton samples and physicochemical parameters from September 2017 to May 2018 in four zones of the ALS along the salinity gradient. Zooplankton was separated into groups, and rotifers identified species level. Shannon-Weiner diversity index and effective diversity Hill numbers Q1 and Q2 were calculated by analyzing differences among seasons and zones. A cluster analysis was performed to determine the similarity in the biological composition between zones and seasons. Canonical correspondence analysis was performed with transformed data of physicochemical parameters and rotifer abundances. **Results.** Oligohaline behavior in the rainy season to mesohaline in the dry season and the influence of the rivers in all the ALS was observed. 24 rotifer species and four cladocerans were identified, all correspond to new records, being Brachionidae the most abundant. The highest diversity occurs during the rainy season in the south zone while the lowest in the dry season. Salinity and turbidity were related to the distribution of the Brachionidae species. **Conclusions.** Hydrological behavior and salinity variation gradient agree with records for ALS.

Keywords: Brachionidae, diversity, estuary, lagoon system, zooplankton.

¹ División de estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Tecnológico Nacional de México. Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, 94290. México

*Corresponding author:

Ignacio Alejandro Pérez Legaspi: e-mail: ialegaspi@yahoo.com

To quote as:

Benítez-Fernández, N.C., V. Valadez-Rocha, I.A. Pérez-Legaspi, E. Morales-Castro & C. Fuentes-Meza. 2021. Variación estacional en la distribución y diversidad de rotíferos del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 31 (3): 209-219.

DOI:10.24275/uam/itz/dcbs/hidro/2021v31n3/
Benítez

INTRODUCCIÓN

Existen 23 Sistemas Lagunares en el Golfo de México, entre los cuales destaca el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA) como uno de los más importantes por su diversidad biológica, dimensiones (26 km de longitud aproximada, 5 km amplitud y un área de 80.6 km²) y actividades pesqueras (De la Lanza-Espino & Lozano, 1999). Este sistema, presenta alto grado de heterogeneidad ambiental con condiciones que permiten la riqueza de hábitats y nichos ecológicos para diferentes especies terrestres y acuáticas. El SLA está considerado en varias categorías de conservación: Región Marina Prioritaria, Área de Importancia para la Conservación de Aves y Humedales, y está incluida en la lista de humedales de importancia internacional o como sitio Ramsar (CONABIO, 2000; De la Lanza-Espino, 2017; Ramsar, 2019).

El SLA cuenta con registros de plantas, hongos, vertebrados e invertebrados como crustáceos y moluscos (Flores-Coto & Méndez-Vargas, 1981; CONABIO, 2000; Cruz-Escalona et al., 2018). Se han registrado sus características fisicoquímicas, identificando el SLA como un sistema heterotrófico (De la Lanza-Espino & Lozano, 1999; De la Lanza-Espino, 2017), donde la variación espacio temporal de los nutrientes se relaciona con la descarga de los ríos distinguiendo tres zonas (Morán-Silva et al., 2005). También, se ha descrito la composición y distribución de bacterias sulfato reductoras en relación con las características de los sedimentos (Torres-Alvarado, 2007). Así como el contenido de clorofila "a" y su relación con el nitrógeno, fósforo y otros parámetros fisicoquímicos (Morán-Silva et al., 2005; De la Lanza-Espino, 2017). Sin embargo, los estudios sobre composición planctónica en lagunas costeras del Golfo de México son escasos, a pesar de que la complejidad natural de las cadenas tróficas entre la comunidad del fitoplancton y zooplancton es de interés para la comunidad científica (Murrell & Lores, 2004).

Margalef (1975) reportó por primera vez la productividad primaria y composición fitoplanctónica del SLA, mencionando dominancia de fitoplancton marino a mesohalino excepto donde desemboca el río Papaloapan. Además, reportó algunos géneros zooplanctónicos como el copépodo *Acartia* sp., los cladóceros *Bosmina* sp. y *Ceriodaphnia* sp., y el rotífero *Testudinella* sp. También, Álvarez-Silva & Gómez-Aguirre (2000) analizaron copépodos en seis lagunas costeras del Golfo de México incluyendo 13 especies para el SLA, siendo las más comunes *Acartia lilljeborgii*, *Acartia tonsa*, *Pseudodiaptomus pelagicus* y *Temora turbinata*. Sin embargo, la información planctónica del SLA está limitada a los estudios mencionados. El conocimiento sobre la variación en la composición de la comunidad zooplanctónica es fundamental, pues está vinculada con la transferencia de materia y energía entre microorganismos y los siguientes niveles tróficos en ecosistemas acuáticos (Murrell & Lores, 2004; Jeyaraj et al., 2014; Pérez-Legaspi et al., 2015, 2019; Rico-Martínez et al., 2016). Entre los grupos más abundantes en sistemas lagunares estuarinos se encuentran los copépodos y rotíferos (Pantaleón-López et al., 2005; Almeida et al., 2012; Jeyaraj et al., 2014). Mientras que los cladóceros son considerados componentes esenciales en lagos dulceacuícolas (Dodson & Hanazato, 1995; José de Paggi et al., 2012; Pérez-Legaspi et al., 2015), su presencia es rara en zonas tropicales y subtropicales con pocas especies representativas (Villalobos & González, 2006), siendo típicamente pequeñas y poco abundantes (José de Paggi et al., 2012).

Los rotíferos pueden encontrarse en ambientes acuáticos marinos, dulceacuícolas y salobres (Pennak, 1989; Wallace et al., 2006; Rico-Martínez et al., 2016); su importancia en ecosistemas acuáticos

reside en conseguir altas densidades poblacionales en poco tiempo, alcanzando a dominar la producción de la comunidad planctónica (Wallace et al., 2006; José de Paggi et al., 2012; Rico-Martínez et al., 2016). La diversidad funcional de rotíferos es mayor que otros grupos del zooplancton debido a su amplio rango de alimentación donde su papel ecológico puede ser más importante por su tasa de filtración (José de Paggi et al., 2012), siendo pieza clave entre la comunidad microbiana y niveles tróficos superiores. Los rotíferos son capaces de colonizar hábitats rápidamente y convertir la productividad primaria en una forma aprovechable para los consumidores secundarios, haciendo disponible su energía para los siguientes niveles tróficos (Wallace et al., 2006; Rico-Martínez et al., 2016). Además, por su pequeño tamaño e impermeabilidad del integumento son susceptibles a cambios físicos y químicos (Nogrady et al., 1993; Pérez-Legaspi & Rico-Martínez, 1998; Moha-León et al., 2015; Rico-Martínez et al., 2016). Su composición, abundancia, riqueza y distribución está influenciada por diversos factores ambientales (Zanatta et al., 2007; Medeiros et al., 2010; José de Paggi et al., 2012; Keppeler et al., 2018); lo que puede influir en la estructura y funcionamiento del ecosistema. Por tanto, los datos obtenidos de este estudio contribuyen con información nueva del zooplancton presente en el SLA con énfasis sobre variación estacional en la diversidad, distribución y estructura de comunidades de rotíferos del SLA, considerando la influencia de algunos factores físicos y químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El Sistema Lagunar de Alvarado se localiza en la línea costera del sureste de Veracruz, México; al suroeste del Golfo de México (Fig. 1), (18°46' – 18°42'N y 95°34' – 95°58'W), tiene una profundidad promedio de 2.5 m y salinidad promedio de 7.5 ups (De la Lanza-Espino & Lozano, 1999; Morán-Silva et al., 2005; Moha-León et al., 2015; De la Lanza-Espino, 2017). La región tiene una temperatura media anual de 18 – 26 °C y está influido por tres épocas climáticas: lluvias (junio-septiembre), nortes (octubre-febrero) y secas (marzo-junio) (Morán-Silva et al., 2005). El SLA está formado por una gran laguna central denominada Alvarado (4.5 m de profundidad máxima), conectada con las lagunas Buen País, Camaronera y Tlalixcoyan; aunque presenta diversos cuerpos acuáticos pequeños y zonas inundables. Este sistema lagunar desemboca hacia el mar, aunque recibe agua dulce de los ríos Papaloapan, Blanco, El Limón, Acula y Camarón (De la Lanza-Espino & Lozano, 1999; Morán-Silva et al., 2005; Calva-Benítez & Torres-Alvarado, 2011; De la Lanza-Espino, 2017). El SLA está clasificado como oligohalino (0 - 3.8 ups) durante temporada de lluvias por la influencia de los ríos y mesohalino durante nortes (0 – 11.5 ups) y secas (0 - 14.5 ups). Esta clasificación de mesohalino a oligohalino se atribuye a la influencia de los ríos (De la Lanza Espino & Lozano, 1999; De la lanza Espino, 2017), con tendencia a la heterotrofia (De la lanza Espino, 2017).

El gradiente de salinidad en el SLA va desde la entrada de la laguna de Alvarado hasta laguna Camaronera y de la conexión de la laguna hacia las áreas de descarga de los ríos Papaloapan y Acula (Morán-Silva et al., 2005). Con base en este gradiente, se identificaron cuatro zonas: 1) Norte "N" comprendiendo estaciones 1, 2, 3 y 4 localizadas en lagunas Camaronera; 2) Centro "C" correspondiente a estaciones 5, 6, 7 y 8 localizadas en laguna de Alvarado y Buen País; 3) Interior "I" con estaciones 9, 10, 11 y 12 comprendiendo zona donde influyen los ríos (Blanco y Papaloapan) en dirección hacia la laguna Tlalixcoyan; 4) Sur "S" correspondiente a estaciones 13 y 14 cerca de la boca de la laguna de Alvarado.

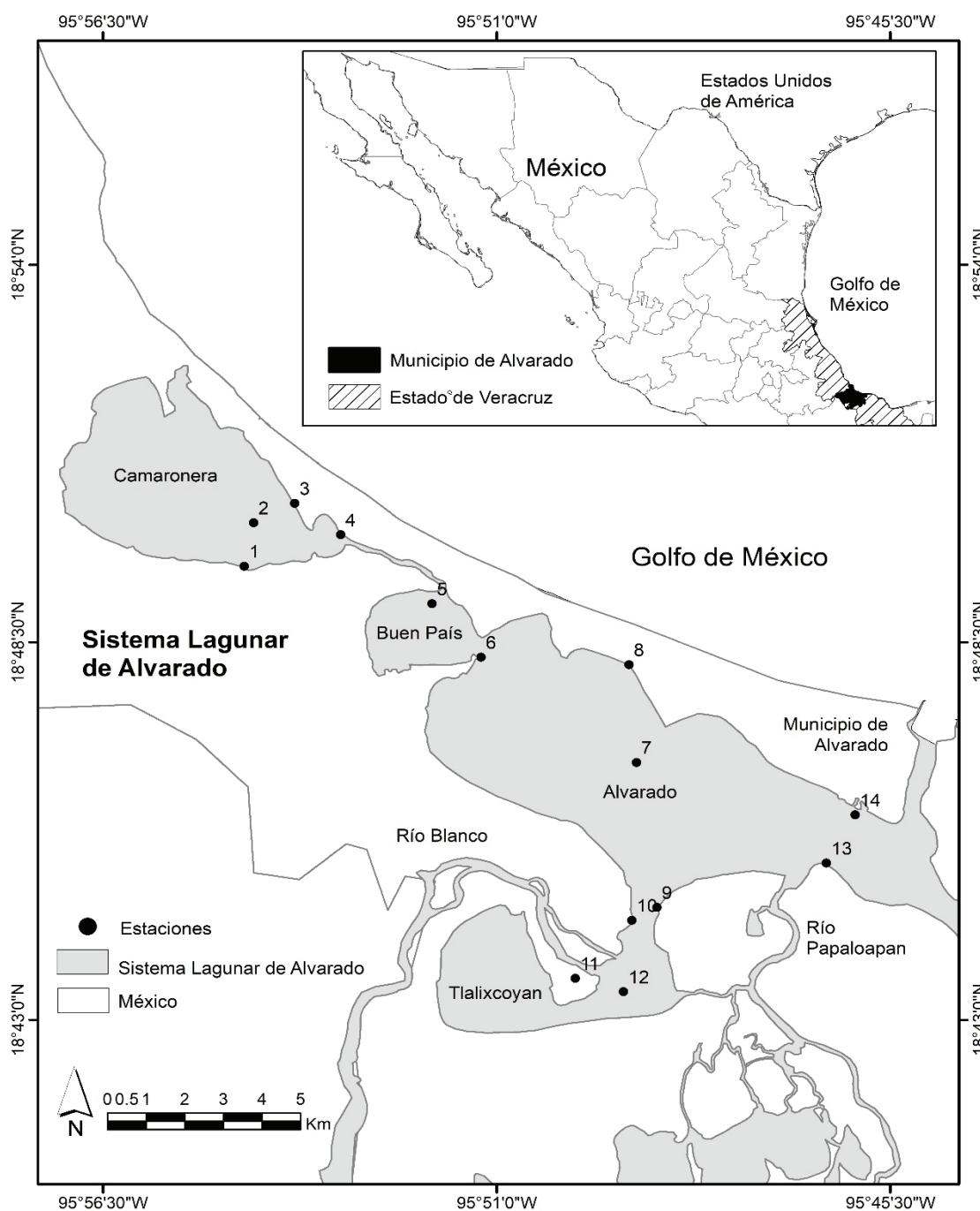


Figura 1. Localización de los sitios de recolecta (●) en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Zonas: Norte (1 - 4), Centro (5 - 8), Interior (9 - 12) y Sur (13 y 14).

Colecta de campo. Se tomaron muestras en el SLA durante un ciclo de ocho meses (septiembre 2017 a mayo 2018), comprendiendo épocas climáticas: secas, lluvias y nortes. Se registró la ubicación geográfica de 14 estaciones mediante un Sistema de Posicionamiento Global o GPS (Garmin eTrex®10) (Fig. 1). Las muestras de zooplancton se obtuvieron filtrando 100 L de agua a través de una red zooplánctonica tipo

Wisconsin de 53 µm de apertura de malla, concentrando cada muestra en 100 mL, éstas fueron fijadas y preservadas con formalina al 4%. También, se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua *in situ*: transparencia (turbidez), salinidad, temperatura y pH utilizando un disco de Secchi, un refractómetro portátil (ATAGO® Master-S/Millim), y un potenciómetro portátil (HANNA pH 211), respectivamente.

Análisis. Las muestras de zooplancton se trasladaron al laboratorio donde fueron separadas a nivel de grupos y de orden cuando fue posible, con ayuda de un microscopio estereoscópico (Stemi DV4 Zeiss) y un microscopio óptico (Primo Star Zeiss). Los rotíferos de la muestra fueron separados y se identificaron a nivel de especie usando claves taxonómicas (Segers, 1995a, 1995b; Nogrady & Pourriot, 1995; De Smet, 1996, 1997; Pourriot, 1997). A pesar de que el objeto de este estudio es el grupo de los rotíferos, se encontraron cladóceros que pudieron identificarse a nivel de especie mediante las claves taxonómicas de Elías-Gutiérrez *et al.* (2008). Para determinar la similitud en la composición biológica de las diferentes zonas del SLA se realizó un análisis de conglomerados entre estaciones de muestreo de las 4 diferentes zonas usando el algoritmo de similitud de Bray-Curtis y el método de unión simple o vecino más cercano, utilizando el programa Past 4.05 (Hammer *et al.*, 2001).

El análisis de diversidad de rotíferos se realizó mediante el software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013). Se calculó el índice de Diversidad de Shannon – Weiner y el número de especies efectivas o “diversidad verdadera” que se basa en los Números de Hill que son la diversidad de orden 0 (q_0) que es igual a la riqueza de especies; diversidad de orden 1, que es el exponencial de la entropía del índice de Shannon (q_1); y la diversidad de orden 2, que es el inverso del índice de Simpson (q_2). El número efectivo de especies se postula como la mejor manera de describir la diversidad de una comunidad ecológica y compararla con otras comunidades (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011). Se analizaron diferencias entre estimadores de diversidad verdadera en las tres temporadas: si una comunidad 1 tiene una diversidad D1 mayor que la diversidad D2 de la comunidad 2, entonces la comunidad 1 tendrá $D1/D2$ veces más diversidad que la comunidad B.

Por su parte, para determinar el efecto de las variables ambientales en la distribución de las especies de rotíferos se transformaron las variables fisicoquímicas y los datos de abundancias usando $\log(x+1)$ y se realizó un análisis de correspondencia canónico (ACC) usando el software Past 4.05 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

El análisis de parámetros fisicoquímicos en las zonas de muestreo del SLA, presenta gradientes de salinidad que disminuyen desde laguna Camaronera (zona “N”) hacia el centro en laguna de Alvarado (zona “C”) hasta zonas con baja salinidad (< 4) en la boca de la laguna de Alvarado (zona “S”) y en la zona interior (zona “I”); esto asociado con el aporte de agua dulce por descarga de los ríos (Fig. 1). En temporada de lluvias el SLA presenta salinidades menores a 2 ups, una mayor transparencia 38.3 ± 17.68 cm. La temperatura promedio del SLA fue de 28 ± 2 °C, disminuyendo en temporada de nortes hasta 20 °C. El pH se mantuvo con valores de 7 y 8 durante todo el año, registrando los valores más bajos en la zona “N” (Fig. 2). Se registraron 18 órdenes de organismos en las muestras de zooplancton pertenecientes a 6 grupos taxonómicos. Los más abundantes son copépodos, rotíferos, moluscos y cladóceros. También, se registraron estadios larvales de los artrópodos Copépoda, Diptera, Ephemeroptera; anélidos Polychaeta y moluscos Ostreoida (Tabla 1). Aunque no son el objetivo de este estudio, se identificaron cladóceros como: *Ceriodaphnia cornuta*, *Moina micrura*, *Leberis davidi* e *Ilyocryptus agilis* ya que no existe registro previo para el SLA (Tabla 2). Se identificaron 24 especies de rotíferos pertenecientes a 12 familias. En temporada de lluvias las familias presentes en el SLA fueron Brachionidae, Dicranophoridae, Euchlanidae, Lecanidae,

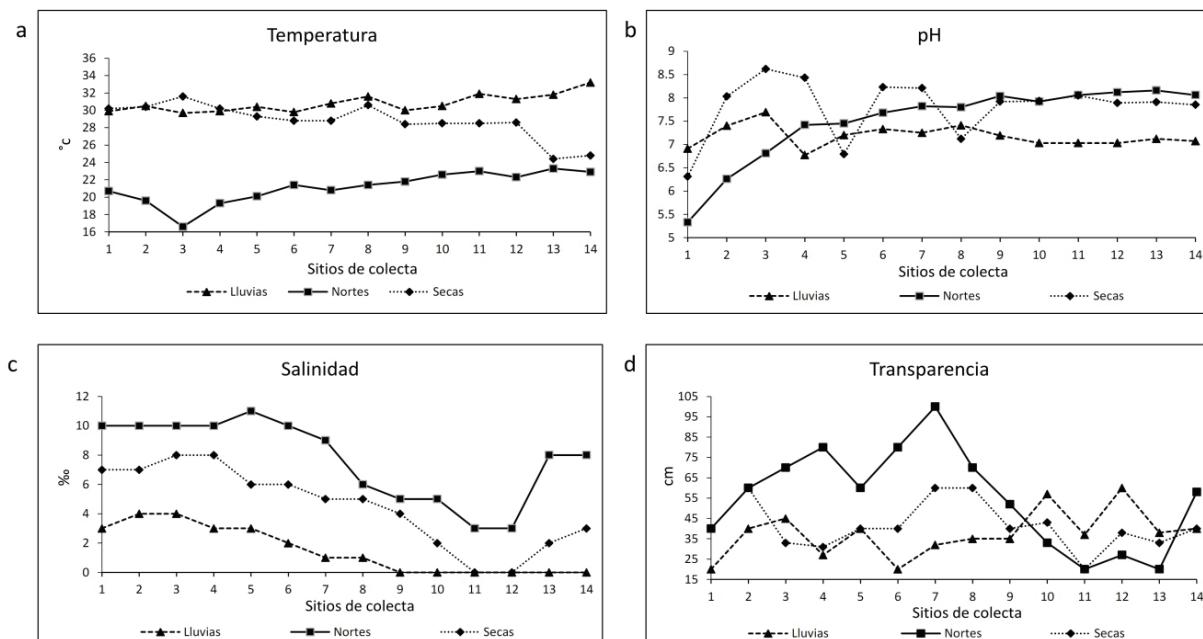


Figura 2. Registro anual de los parámetros fisicoquímicos en el Sistema Lagunar Alvarado por temporada y sitio de colecta: a) Temperatura, b) pH, c) Salinidad, d) Transparencia.

Tabla 1. Zooplancton en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Los valores representan el número de individuos por temporada.

Taxa	Lluvias	Nortes	Secas	Taxa	Lluvias	Nortes	Secas
Sarcomastigophora				Arthropoda			
Clase: Granuloreticulosea				Clase Maxillopoda. Subclase Copepoda			
Orden Foraminiferida	195	110	94	Copepoditos*	13,498	7,486	10,948
N:	195	110	94	Orden Calanoida	4,204	10,970	3,984
Rotifera				Orden Cyclopoida	928	420	772
Clase: Eurotatoria. Subclase Monogononta				Orden Syphonostomatoida	1	-	-
Orden Ploima	12,314	415	2,182				
Orden Flosculariaceae	11,551	3	6	Clase Branchiopoda. Subclase Cladocera			
Subclase: Bdelloidea				Orden Anomopoda	854	10	46
Orden Philodinida	4,369	2	12				
N:	28,234	420	2,200	Clase Ostracoda			
Annelida				Orden podocopida	229	70	203
Clase Polychaeta							
Subclase Palpata*	151	209	401	Clase Malacostraca			
N:	151	209	401	Orden Amphipoda	8	14	3
Clase Clitellata				Orden Isopoda	1	-	2
Subclase Oligochaeta	3	3	3	Orden Decapoda	20	15	9
N:	154	212	404				
Nematoda				Clase Insecta			
Clase Chromadorea	180	470	1,364	Orden Diptera*	27	14	4
N:	180	470	1,364	Orden Ephemeroptera*	11	19	-
Mollusca				N:	19,781	19,018	15,971
Clase: Bivalvia. Superorden Filibranchia (Pteriomorphia)							
Orden Ostreoida*	10,094	94	594				
Superorden Eulamellibranchia (Heterodontia)							
Orden Veneroida	-	1	617				
Clase: Gastropoda. Subclase: Prosobranchia							
Orden Mesogastropoda	-	1	-				
Subclase: Caenogastropoda							
Orden Littorinimorpha	83	37	161				
N:	10,177	133	1,372				

* Estadios larvales; N = Número total de organismos.

Trichocercidae, Hexarthridae, Trochosphaeridae y Philodinidae. En nortes, Brachionidae y Asplachnidae. En secas Brachionidae, Proalidae y Euchlanidae (Tabla 3). La temporada con mayor riqueza de especies y abundancia fue lluvias, seguida de nortes y secas. Las especies de rotíferos presentes todo el año en el SLA son *Brachionus plicatilis* y *B. falcatus*. El rotífero *Asplachna* sp., se observa todo el año en diferentes zonas del SLA. Durante lluvias, la distribución de rotíferos en el SLA muestra que *B. rubens*, *B. plicatilis*, *Filinia* sp. y *Euchlanis* sp., está influida por la salinidad y pH; así como *B. quadridentatus* en menor grado. El rotífero *B. falcatus* es mayormente influido por la temperatura, mientras que *B. caudatus* por la transparencia. *Encontrum uncinatum* y *Hexarthra* sp., están parcialmente influidos por la temperatura.

En nortes, la distribución de *B. plicatilis* es afectada por la salinidad y transparencia, mientras que *B. angularis* por la transparencia. *Philodina* sp. y *Asplachna* sp., son afectadas por la temperatura y pH. En secas, *B. plicatilis* y *B. rubens* son afectados por la salinidad y transparencia, mientras que *Euchlanis* sp. y *P. gammari* por la transparencia y pH, donde el pH influye principalmente sobre *K. americana*, *Philodina* sp., *E. uncinatum*, *B. caudatus*, *B. angularis* y *B. falcatus*. El análisis de diversidad de rotíferos usando estimadores de diversidad verdadera q_0 , q_1 y q_2 se muestran en la Tabla 4. La mayor riqueza de especies q_0 se observa en temporada de lluvias, donde la zona "Sur" y la estación 12 zona "Interior" tienen más especies. A partir del análisis de diferencias entre números efectivos de especies por temporada, en lluvias hay mas

especies que en nortes ($q1L/q1N$) en el centro (estación 8) con 3.5 veces, interior (3.4 – 3.7 veces) y sur (3.9 – 4.0 veces); donde la zona "S" tiene mayor diversidad con 3.9 y 4 veces más especies. En secas hay más especies que en nortes ($q1S/q1N$) en el interior y sur, donde el centro tiene la mayor diversidad con 3.8. El número de especies para $q2$ es mayor en lluvias que en nortes ($q2L/q2N$) para la zona "I" con 3.2 y 3.4 veces más, seguida de la zona "I" y la estación 8 de la zona "C"; donde éste sitio también muestra 3.4 veces más especies en secas que en nortes ($q2S/q2N$) seguida de las zonas "I" y "S" (Tabla 4).

El análisis de conglomerados por temporada muestra similitud en la composición biológica entre estaciones de diferentes zonas del SLA. En lluvias el dendrograma con corte a 30 %, muestra 2 grupos (Fig. 3a): 1) Estaciones 9 a 14 que corresponden a zonas "I" y "S", las cuales están bajo influencia de los ríos en esta temporada; 2) Estaciones 1,3, 4 y 5 de zonas "N" y "C", respectivamente. Las estaciones 7 y 8 de la zona "C", se mantienen como grupos externos. En nortes, el dendrograma con corte al 50% muestra 4 grupos: 1) Estación 5 y 9 de zonas "C" e "I"; 2) Estaciones 2 y 3 zona "N", 7 y 8 zona "C", 10 y 12 zona "I" y 13 y 14 zona "S"; 3) Estación 11 de la zona "I"; 4) Estación 1 y 4 "N" (Fig. 3b). En secas, el dendrograma con corte al 25%, muestra 2 grupos y 3 estaciones no agrupadas: 1) Estación 9 y 12 de zona "I"; 2) Estaciones 1 a 4 de la zona "N", 5 a 7 zona "C" y estaciones 13 y 14 de zona "S". Las estaciones 10, 11 y 8 de las zonas "I" y "C" no se parecen en la composición biológica a otras estaciones (Fig. 3c).

Tabla 2. Cladóceros presentes en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Los valores representan el número de individuos por temporada.

	Lluvias	Nortes	Secas
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1885	168	1	6
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875	565	9	40
<i>Leberis davidii</i> Richard, 1895	121	-	-
<i>Ilyocryptus agilis</i> Kurz, 1878	1	-	-
N:	855	10	46

El análisis de correspondencia canónica (ACC) en lluvias muestra eigenvalores de los ejes 1 y 2 con el 95.8%, estos ejes fueron de 0.187 y 0.034, y explican el 81 % y 14.83 % de la variabilidad acumulativa especies-ambiente; respectivamente (Fig. 4a). En nortes, el ACC muestra eigenvalores de 0.195 y 0.10 para los ejes 1 y 2, que corresponden a 54.37 % y 28.49 % de la variabilidad especies ambiente (Fig. 4b). En secas, el ACC muestra que los primeros dos ejes explican el 83.76 % de la variabilidad especies-ambiente con eigenvalores de 0.25 y 0.095 para los ejes 1 y 2, explicando el 61.27 % y 22.49% de la variabilidad (Fig. 4c).

Tabla 3. Distribución estacional de rotíferos en diferentes zonas del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México.

Familia	Género/especie	Lluvias 2017				Nortes 2018				Secas 2018			
		N	C	I	S	N	C	I	S	N	C	I	S
Brachionidae	<i>Brachionus plicatilis</i> Muller, 1786	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	+	+	+	+			+		+	+	+	+
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898			+	+				+				+
	<i>Brachionus caudatus</i> Barrois & Daday, 1894	+	+	+	+			+		+		+	+
	<i>Brachionus angularis</i> Goose, 1851	+		+		+		+					+
	<i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1911			+	+			+		+		+	+
	<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	+	+	+	+			+		+	+	+	+
	<i>Platyias quadricornis</i> Ehrenberg, 1832	+	+	+	+								
Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i> sp.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Encentrum uncinatum</i> Milne, 1886	+	+	+	+								+
Dicranophoridae	<i>Epiphanidae</i> sp.			+	+								
Epiphanidae	<i>Proalidae</i>												
Euchlanidae	<i>Proales baradlana</i> Varga, 1958	+	+	+									+
	<i>Proales gammari</i> Plate, 1886												+
	<i>Proales theodora</i> Gosse, 1887					+	+			+	+	+	+
	<i>Euchlanis</i> sp.	+	+	+	+					+	+	+	+
Lecanidae	<i>Lecane</i> sp.	+	+	+	+					+	+	+	+
	<i>Lecane quadridentata</i> Ehrenberg, 1830	+	+	+	+								
Notommatidae	<i>Cephalodella</i> sp.			+	+								
Trichocercidae	<i>Notommata</i> sp.								+				
	<i>Trichocerca</i> sp.	+	+	+	+			+	+				+
Hexarthridae	<i>Hexarthra</i> sp.	+	+	+	+								+
Trochosphaeridae	<i>Filinia</i> sp.	+	+	+	+	+		+					
Bdelloidea	<i>Philodina</i> sp.	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+

Nota: N=Zona Norte, C=Centro del Sistema Lagunar, I=Interior, Sur=Sur (Boca del Sistema Lagunar)

Tabla 4. Análisis de diversidad de rotíferos del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México (septiembre 2017 a mayo 2018). Números efectivos de especies, donde q_0 es la riqueza de especies observadas, q_1 es el exponencial de la entropía del índice de Shannon y q_2 es el inverso del índice de Simpson. Se muestra el cálculo de las diferencias de los números efectivos entre lluvias y nortes (q_{1L}/q_{1N}), y entre secas y nortes (q_{1S}/q_{1N}). Los valores obtenidos representan cuantas veces más especies hay en una temporada que en otra.

Estación	Zona	q_0			q_1			q_2			Diferencias de números efectivos de especies			
		Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	q_{1L}/q_{1N}	q_{1S}/q_{1N}	q_{2L}/q_{2N}	q_{2S}/q_{2N}
1	Norte	8	1	5	2.4	1.0	2.5	1.7	1.0	2.2	2.4	2.5	1.7	2.2
2	Norte	12	5	5	1.9	2.0	2.2	1.4	1.5	1.9	1.0	1.1	1.1*	1.3
3	Norte	6	3	4	1.9	1.9	2.3	1.4	1.4	2.0	1.0	1.2	1.0	1.4
4	Norte	11	1	6	2.3	1.9	2.6	1.5	1.4	2.2	1.2	1.3	1.1	1.6
5	Centro	9	2	7	2.4	1.2	3.4	1.6	1.1	2.8	1.9	2.8	1.4	2.6
6	Centro	12	2	6	2.5	1.2	3.5	1.6	1.1	2.9	2.0	2.8	1.5	2.7
7	Centro	6	3	11	2.5	1.3	3.8	1.6	1.1	3.0	1.9	2.9	1.5	2.7
8	Centro	17	2	5	4.6	1.3	5.0	2.6	1.1	3.9	3.5	3.8	2.4	3.4
9	Interior	15	2	5	5.1	1.5	5.1	2.9	1.2	4.0	3.4	3.5	2.4	3.3
10	Interior	17	3	7	5.7	1.5	5.2	3.3	1.2	4.0	3.8	3.5	2.7	3.3
11	Interior	13	5	5	6.2	1.7	5.3	3.5	1.3	4.0	3.6	3.0	2.7	3.1
12	Interior	21	8	1	6.9	1.9	5.3	3.9	1.4	4.0	3.7	2.8	2.9	3.0
13	Sur	20	4	13	7.3	1.9	5.6	4.3	1.4	4.2	3.9	3.0	3.2	3.1
14	Sur	22	4	13	8.0	2.0	6.2	4.9	1.4	4.4	4.0	3.1	3.4	3.1

*Sólo para este caso el número efectivo de especies de orden 2 es mayor en secas que en nortes, por lo que esta celda se calculó como q_{2N}/q_{2L} .

DISCUSIÓN

En este estudio se confirma el gradiente de variación de salinidad en el SLA, comprendiendo desde laguna Camaronera hacia el acceso a la laguna de Alvarado e interior, observando fuerte influencia de los ríos. Los rangos de variación de salinidad confirman que en temporada de lluvias es oligohalino en las zonas “Interior” y “Sur” coincidiendo con Morán-Silva *et al.* (2005). También, durante nortes, la baja profundidad de la laguna junto con las rachas de viento genera una zona de mezcla, condición que fue confirmada por el análisis de conglomerados durante el cual se forman dos grupos de composición biológica similar y solo tres estaciones que no se agrupan y corresponden a zonas donde hay mayor influencia por la descarga de los ríos en la zona “Interior” (11 y 12) y “Sur” (13 y 14). En temporada de secas, la laguna es predominantemente mesohalina, coincidiendo con Morán-Silva *et al.* (2005). Por tanto, el SLA presenta gradientes de oligohalino a mesohalino con poca influencia del mar, coincidiendo con Margalef (1975), De la Lanza Espino & Lozano (1999) y Morán-Silva *et al.* (2005). En este sistema lagunar ocurren variaciones de salinidad estacionales, siendo común observar estos gradientes en estuarios (Morán-Silva *et al.*, 2005; De la Lanza-Espino, 2017). Las características hidrobiológicas del SLA muestran una tendencia a mesohalino durante secas y cambiando a dulceacuícola en temporada de lluvias (Villalobos *et al.*, 1975; Morán-Silva *et al.*, 2005).

Se observó una mayor diversidad de rotíferos en el SLA durante las lluvias. En esta temporada, los aportes fluviales y pluviales disminuyen la transparencia, aumentan la transparencia por turbulencia,

suspensión y acarreo de sedimentos finos de limos, arcillas y materia orgánica (Calva-Benítez & Torres-Alvarado, 2011; De la lanza Espino, 2017). Este patrón es constante en lagunas costeras, donde la mayor diversidad ocurre durante lluvias, por la mezcla de corrientes, que incrementan la disponibilidad nutrientes (Almeida *et al.*, 2012; Jeyaraj *et al.*, 2014). Entre los organismos más representativos encontrados en el zooplancton del SLA se observa que la mayor proporción corresponde a rotíferos seguido de copépodos, copepoditos, moluscos bivalvos en estadios larvales y cladóceros. Es común encontrar copepoditos en humedales costeros con gradientes de salinidad, indicando la continua reproducción de copépodos. Sin embargo, su tipo de reproducción y duración del ciclo de vida limitan su población en comparación con otros grupos (Iannaccone & Alvariño, 2007). Los cladóceros y rotíferos tienen ciclos de vida cortos con altas tasas reproductivas debido a que su reproducción asexual les permite colonizar nichos eficientemente (Dodson & Hanazato, 1995; Wallace *et al.*, 2006; Rico-Martínez *et al.*, 2016; Pérez-Legaspi *et al.*, 2017). Aunque los cladóceros son poco frecuentes en zonas tropicales, es posible encontrar especies como *Moina micrura*, *Diaphanosoma excisum* y *Ceriodaphnia cornuta* debido a su amplia distribución y abundancia (Villalobos & González, 2006). En este estudio se encontraron cuatro nuevos registros de cladóceros (Tabla 2) para el SLA durante lluvias los cuales se asocian con la disminución en salinidad; Margalef (1975) reportó solo el género *Ceriodaphnia* en invierno no obstante ahora se confirma que corresponde a la especie *cornuta* para este sistema tropical, coincidiendo con Villalobos & González (2006).

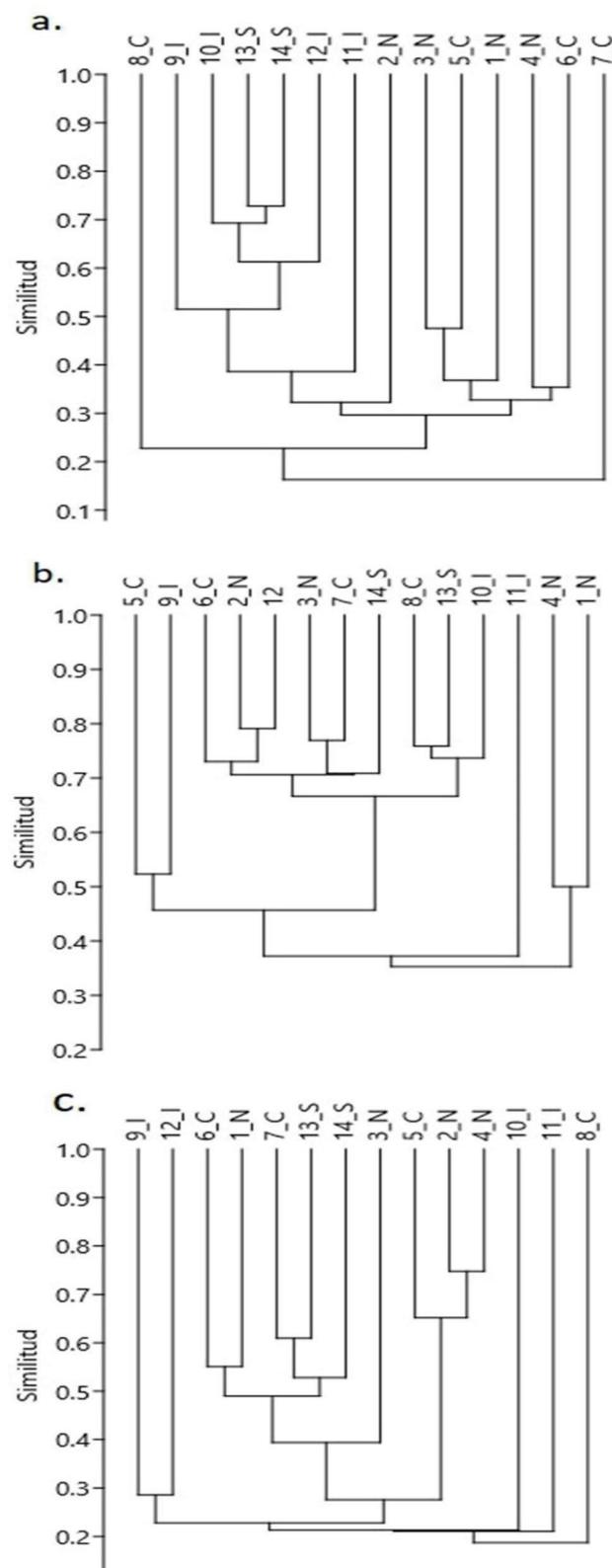


Figura 3. Análisis de conglomerados por temporada por método de unión simple y algoritmo de unión de Bray Curtis. a) Lluvias, b) Nortes, c) Secas. Los números representan las estaciones de muestreo y las letras las zonas en el SLA.

En este estudio, los rotíferos fueron el grupo más abundante del mismo modo que para otros sistemas tropicales y subtropicales (Iannaccone & Alvariño, 2007; Zanatta et al., 2007). La riqueza, abundancia y distribución de rotíferos está determinada por factores bióticos y abióticos que influyen en su dinámica poblacional (Zanatta et al., 2007; José de Paggi et al., 2012). Su distribución se asocia con la disponibilidad del alimento, presencia o ausencia de depredadores y competidores que pueden influir más que algunos parámetros como el oxígeno disuelto y temperatura (Zanatta et al., 2007). Esta disponibilidad de nutrientes influye en la composición de productores primarios y a su vez en la dinámica de los siguientes niveles tróficos (Murrell & Lores, 2004).

Entre los rotíferos, la familia más común en el SLA durante todo el año correspondió a la familia Brachionidae coincidiendo con Zanatta et al. (2007) para la laguna tropical la Escondida, Veracruz, México. Rotíferos de las familias Trochospaeridae y Philodinidae se observaron durante lluvias y nortes. Entre las familias de rotíferos más comunes en ambientes tropicales se mencionan a Brachionidae, Lecanidae y Trichocercidae para quienes su distribución y abundancia depende de las lluvias (Iannaccone & Alvariño, 2007; José De Paggi et al., 2012; Keppeler et al., 2018). En este estudio, se observaron rotíferos típicos de aguas cálidas, tropicales y subtropicales de ambientes oligo a mesotróficos de agua suave, ligeramente ácida como los miembros de la familia Lecanidae (Segers, 2008); rotíferos que prefieren ambientes alcalinos y condiciones eutróficas como la familia Brachionidae, entre quienes destaca el rotífero eurihalino cosmopolita *B. plicatilis*, el cual presenta máximo crecimiento en salinidades moderadas (Moha-León et al., 2015), así como *B. quadridentatus* típico de zonas litorales dulceacuícolas y salobres (García-Morales & Domínguez-Domínguez, 2019).

La distribución de rotíferos observada en el SLA muestra que los cambios temporales en la estructura de la comunidad de rotíferos están relacionados con las fases hidrológicas y ciclos estacionales, así como preferencias de hábitats presentes en este sistema tropical (Keppeler et al., 2018); es decir, en el SLA existe heterogeneidad de hábitats ocasionada por la transparencia, gradientes de salinidad y temperatura (Morán-Silva et al., 2005; Almeida et al., 2012; Jeyaraj et al., 2014) que junto con la disponibilidad de nutrientes son factores que influyen en la distribución espacial, temporal y abundancia del SLA como parte del ensamble biológico en sistemas estuarinos (Almeida et al., 2012). La dinámica de circulación del SLA está influenciada por las mareas, vientos y baja profundidad de este sistema (Morán-Silva et al., 2005). Por otra parte, en lluvias las estaciones 7 y 8 se separan de los grupos, probablemente debido a que la estación 7 se localiza en el centro de la laguna de Alvarado y la 8 en el margen este de la Laguna de Alvarado, muy cerca de la orilla. La mayoría de los análisis agruparon las estaciones 13 y 14, con características muy similares al igual que las estaciones de la zona "Interior" excepto durante nortes. Estas estaciones tienen una fuerte influencia de la descarga de agua dulce de los ríos en lluvias, lo cual reduce la salinidad e influye en la distribución de los rotíferos de este sistema lagunar concordando con Medeiros et al. (2010).

Es importante conocer la composición y distribución del zoopláncton, ya que su monitoreo constante permite conocer el estatus de su biodiversidad e identificar las áreas de productividad para el apropiado manejo del sistema lagunar (Jeyaraj et al., 2014). Estas áreas de productividad son clave, pues influyen en la abundancia y distribución de organismos de interés comercial (Morán-Silva et al., 2005). Entre los rotíferos, la distribución de la familia Brachionidae en el SLA está influenciada por la salinidad y transparencia.

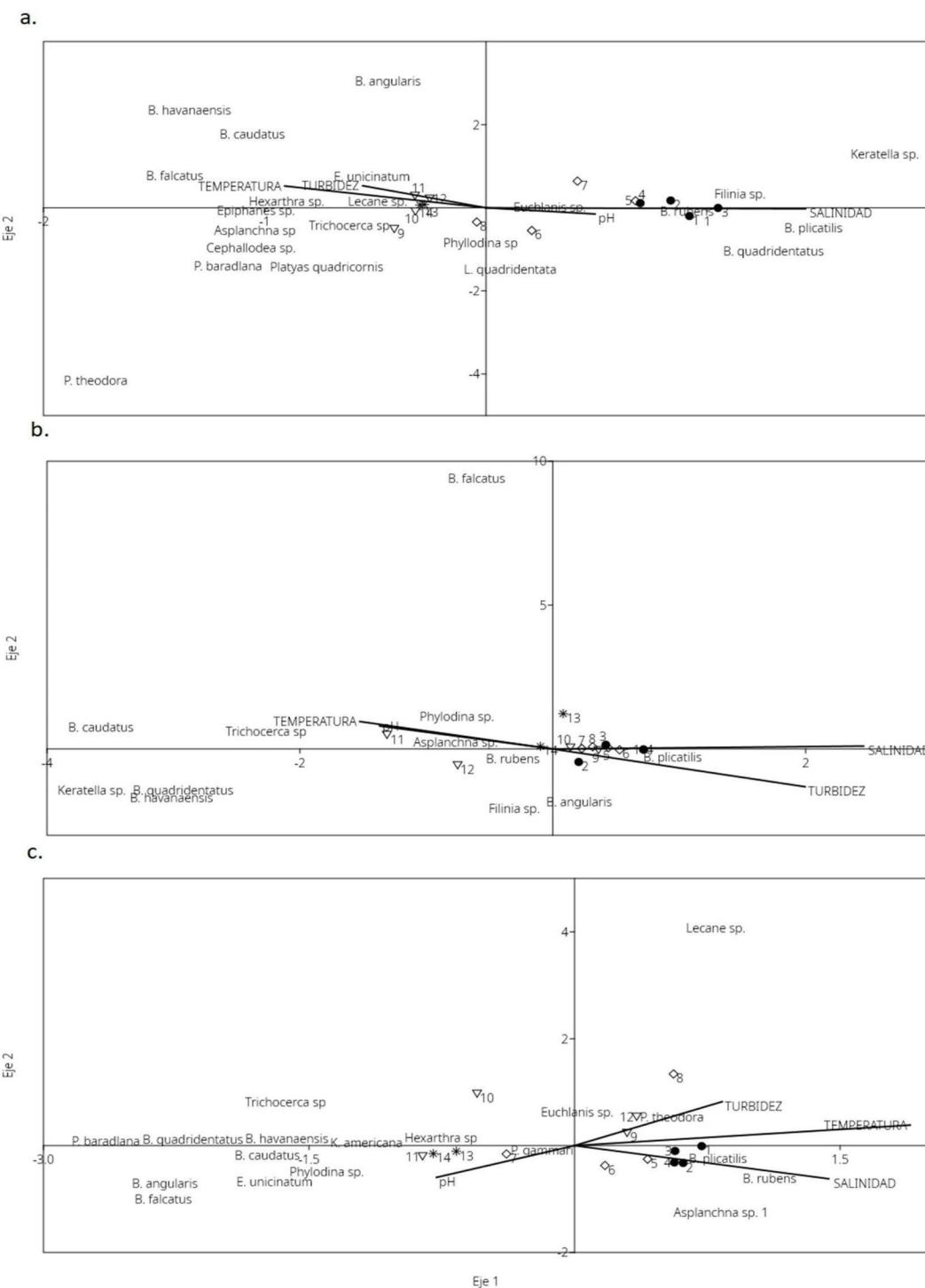


Figura 4. Análisis de correspondencia canónica por temporada en el ciclo anual. a) Lluvias, b) Nortes y c) Secas. Los números denotan las estaciones y los símbolos las zonas del SLA: • Norte; ◇ Centro, △ Interior, * Sur.

Finalmente, el conocimiento de la composición, distribución, y biodiversidad de rotíferos en el SLA es fundamental para entender su importancia como parte de la comunidad zooplanctónica de las lagunas costeras del Golfo de México.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó gracias al financiamiento otorgado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM) mediante el proyecto con clave 6399.18-P. M. en C. Nayeli Carmen Benítez-Fernández agradece el apo-

yo otorgado por el CONACYT (Beca No. 259438). Dr. Ignacio Alejandro Pérez-Legaspi agradece el apoyo al Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT (No. 38530) y de la Dra. Ana Lilia Gutiérrez Velázquez por su apoyo en la elaboración de la Figura 1. Los autores agradecen al Dr. Marcelo Silva-Briano por confirmar las especies identificadas. Agradecemos los valiosos comentarios de los revisores anónimos que contribuyeron para mejorar la calidad de este manuscrito.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, L.R., I.S. COSTA & E.M. ESKINAZI-SANT'ANNA. 2012. Composition and abundance of zooplankton community of an impacted estuarine lagoon in Northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72(1):13-24. DOI:10.1590/s1519-69842012000100002
- ÁLVAREZ-SILVA, C. & S. GÓMEZ-AGUIRRE. 2000. Listado actualizado de la fauna de copépodos (Crustácea) de las lagunas costeras de Veracruz, México. *Hidrobiológica* 10(2):161-168.
- CALVA-BENÍTEZ, L.G. & M.R. TORRES-ALVARADO. 2011. Textura de sedimentos y carbono orgánico en el sistema costero lagunar Alvarado, Veracruz. *Contactos* 81(1):11-16.
- COLWELL, R.K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>
- CONABIO (COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD). 2000. Sistema Lagunar de Alvarado. Disponible en línea en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/GM53_Sistema_Lagunar_de_Alvarado_veracruz_caracterizacion.pdf (consultado el 18 abril 2018).
- CRUZ-ESCALONA, V., M.V. MORALES-ZARATE, J. FRANCO-LÓPEZ, L.A. ABITIA-CÁRDENAS, HERNÁNDEZ-LÓPEZ, E. MARÍN & A.F. GONZÁLEZ-ACOSTA. 2018. Food-Web Structure and Functioning of Coastal Marine Ecosystems: Alvarado Lagoon and Adjacent Continental Shelf, Northern Gulf of Mexico. *The Open Fish Science Journal* 11:73-94. DOI:10.2174/1874401x01811010073
- DE LA LANZA-ESPINO, G. & M. H. LOZANO. 1999. Comparación fisicoquímica de las lagunas de Alvarado y Términos. *Hidrobiológica* 9(1):15-30.
- DE LA LANZA-ESPINO, G. 2017. Physicochemical changes of the water of Alvarado Lagoon, Veracruz, Mexico in interrupted periods in middle century. *Journal of Aquaculture & Marine Biology* 5(4):3-6.
- DE SMET, W.H. 1996. Rotifera 4: The Proalidae (Monogononta). In: Dumont, H.J.F. (ed.). *Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world* 9. SPB Academic Publishing. Amsterdam, The Netherlands, pp. 99.
- DE SMET, W.H. 1997. Rotifera 5: The Dicranophoridae (Monogononta). In: Dumont, H.J.F. (ed.). *Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world* 12. SPB Academic publishing. Amsterdam, The Netherlands, pp. 340.
- DODSON, S.I. & T. HANAZATO. 1995. Commentary on effects of anthropogenic and natural organic chemicals on development, swimming behavior, and reproduction of *Daphnia*, a key member of aquatic ecosystems. *Environmental Health Perspectives* 103(4):7-11. DOI:10.1289/ehp.95103s47
- ELÍAS-GUTIÉRREZ, M., E. SUÁREZ-MORALES, M.A. GUTIÉRREZ-AGUIRRE, M. SILVA-BRIANO, J.G. GRANADOS-RAMÍREZ & T. GARFÍAS-ESPEJO. 2008. *Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México. Guía ilustrada*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. 322 p.
- FLORES-COTO, C. & M. L. MENDEZ-VARGAS. 1981. Contribución al conocimiento del ictioplancton de la laguna de Alvarado, Veracruz. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 1-31.
- GARCÍA-MORALES, A.E. & O. DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ. 2019. Cryptic molecular diversity in the morphologically variable rotiferan *Brachionus quadridentatus* (Rotifera: Monogononta). *Revista de Biología Tropical* 67(6):1114-1130. DOI:10.15517/RBT.V67I6.33996
- HAMMER, Ø., D.A.T. HARPER & P.D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electronica* 4(1):9.
- IANNAcone, J. & L. ALVARÍNO. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Gayana* 71(1):49-65. DOI:10.4067/S0717-65382007000100006
- JEYARAJ, N., J. STEBIN, ARUN, A. SUHAILA, L. DIVYA & S. RAVIKUMAR. 2014. Distribution and abundance of zooplankton in estuarine regions along the northern Kerala, Southwest Coast of India. *Ecología* 4(2):26-43. DOI:10.3923/ecologia.2014.26.43
- JOSÉ DE PAGGI, S.B., S. MUÑOZ, D. FRAU, J.C. PAGGI, P. SCARABOTTI, M. DEVERCELLI & M. MEERHOFF. 2012. Horizontal distribution of rotifers in a subtropical shallow lake (Paraná floodplain, Argentina). *Fundamental and Applied Limnology* 180(4):321-333. DOI:10.1127/1863-9135/2012/0245
- JOST, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2):363-375. DOI:10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x
- KEPPELER, E.C., A.J. SERRA, J.N. SOARES, J.O. PEREIRA, M. TORRES, M.J. ALENCAR & A.S. FERRAUZO. 2018. Seasonal fluctuations of rotifera in a tropical lake in Amazonia (Acre River floodplain, Brazil). *Hidrobiológica* 28(3):335-347. DOI:10.24275/uam/itz/dcbs/hidro/2018v28n3/Keppeler
- MARGALEF, R. 1975. Fitoplancton invernal de la laguna costera de Alvarado (México). *Anales del Instituto Botánico A.J. Cavanilles* 32(2):381-387.
- MEDEIROS, A.M.A., J.E.L. BARBOSA, P.R. MEDEIROS, R.M. ROCHA & L.F. SILVA. 2010. Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró river estuary (Semiarid region of Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 70(3):551-557. DOI:10.1590/S1519-69842010000300011
- MOMA-LEÓN, J.D., I.A. PÉREZ-LEGASPI, M.P. HERNÁNDEZ-VERGARA, C.I. PÉREZ-ROSTRO & R. CLARK-TAPIA. 2015. Study of the effects of photoperiod and salinity in the Alvarado strain of the *Brachionus plicatilis* species complex (Rotifera: Monogononta). *Annales de Limnología—International Journal of Limnology* 51(4):335-342. DOI:10.1051/limn/2015032
- MORÁN-SILVA, Á., F.L.A. MARTÍNEZ, R. CHÁVEZ-LÓPEZ, J. FRANCO-LÓPEZ, C.M. BEDIA-SÁNCHEZ, E.F. CONTRERAS, M.F. GUTIÉRREZ, N.J. BROWN-PETERSON & M.S. PETERSON. 2005. Seasonal and spatial patterns in salinity, nutrients, and chlorophyll a in the Alvarado Lagoon System, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research* 17:133-143. DOI:10.18785/gcr.1701.14

- MORENO, C.E., F. BARRAGAN, E. PINEDA & N.P. PAVON. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249-1261.
- MURRELL, M.C. & E.M. LORES. 2004. Phytoplankton and zooplankton seasonal dynamics in a subtropical estuary: importance of cyanobacteria. *Journal of Plankton Research* 26(3):371-382. DOI:10.1093/plankt/fbh038
- NOGRADY, T., R.L. WALLACE & T.W. SNELL. 1993. *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world*. Volume 4: Rotifera. SPB Academic Publishing, The Netherlands. 142 p.
- NOGRADY, T. & R. POURRIOT. 1995. Rotifera 3: the Notommatidae. In: Dumont H, J. F. (ed.). *Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world*, 8. SPB Academic Publishing. Amsterdam, The Netherlands, pp. 248.
- PANTALEÓN-LÓPEZ, B., G. ACEVES & I.A. CASTELLANOS. 2005. Distribution and abundance of zooplankton of the lagoon system Chacahua-La Pasteria, Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:63-70.
- PENNAK, R. W. 1989. *Freshwater invertebrates of the United States*. 3rd ed. Wiley. Nueva York. 628 p.
- PÉREZ-LEGASPI, I.A. & R. RICO-MARTÍNEZ. 1998. Effect of temperature and food concentration in two species of littoral rotifers. *Hydrobiologia* 387/388:341-348. DOI:10.1023/A:1017099906853
- PÉREZ-LEGASPI, I.A., A.M. GARCÍA-VILLAR, M. GARATACHIA-VARGAS, M.P. HERNÁNDEZ-VERGARA, C.I. PÉREZ-ROSTRO & L.A. ORTEGA-CLEMENTE. 2015. Influencia de la temperatura y tipo de alimento en la historia de vida de *Ceriodaphnia cornuta* SARS 1885 (Crustacea: Cladocera). *Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 64:11-18.
- PÉREZ-LEGASPI, I.A., M. GARATACHIA-VARGAS, A.M. GARCÍA-VILLAR & I. RUBIO-FRANCHINI. 2017. Evaluación de la sensibilidad del cladócero tropical *Ceriodaphnia cornuta* a metales pesados. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 33(1):49-56. DOI:10.20937/RICA.2017.33.01.04
- PÉREZ-LEGASPI, I.A., V. VALADEZ-ROCHA, L.A. ORTEGA-CLEMENTE & M.I. JIMÉNEZ-GARCÍA. 2019. Microalgae pigment induction and transfer in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 12(3):1323-1343. DOI:10.1111/raq.12384
- POURRIOT, R. 1997. Rotifera 5: the Ituridae (Monogononta). In: Dumont, H.J.F. (ed.). *Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world* 8. SPB Academic Publishing Amsterdam, The Netherlands, pp. 344.
- RAMSAR. 2019. The list of wetlands of international importance (The Ramsar List). Current strategic framework. 56 p. Disponible en línea en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf>
- RICO-MARTÍNEZ, R., M.A. ARZATE-CARDENAS, D. ROBLES-VARGAS, I.A. PÉREZ-LEGASPI, J. ALVARADO-FLORES & G.E. SANTOS-MEDRANO. 2016. Rotifers as models in toxicity screening of chemicals and environmental samples. In: Larramendy, M. & S. Soloneski (eds.). *Invertebrates - Experimental Models in Toxicity Screening*. InTech. Rijeka, Croatia, pp. 57-99.
- SEGERS, H. 1995a. Rotifera 2: The Lecanidae (Monogononta). In: Dumont, H. J. F. (ed.). *Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world* 6. SPB Academic Publishing bv. The Hague, The Netherlands, pp. 226.
- SEGERS, H. 1995b. Rotifera 3: The Scarididae (Monogononta). In: Dumont, H.J.F. (ed.). *Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world* 8. SPB Academic Publishing. Amsterdam, The Netherlands, pp. 248.
- SEGERS, H. 2008. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:49-59. DOI:10.1007/s10750-007-9003-7
- TORRES-ALVARADO, M.R. 2007. Distribución especial de las bacterias sulfato-reductoras en el sedimento de una laguna costera. *Hidrobiológica* 17(3):277-279.
- VILLALOBOS, M.J. & E.J. GONZÁLEZ. 2006. Estudios sobre la biología y ecología de *Ceriodaphnia cornuta* SARS: una revisión. *Interciencia* 31(5):351-357.
- VILLALOBOS, F.A., S. GÓMEZ, V. ARENAS, J. CABRERA, D. DE LA LANZA & F. MANRIQUE. 1975. Estudios hidrobiológicos en la Laguna de Alvarado (febrero-agosto 1966). *Anales del Instituto de Biología, UNAM* (1):1-34.
- WALLACE, R.L., T.W. SNELL, C. RICCI & T. NOGRADY. 2006. Rotifera 1: Biology, ecology and systematics. In: Dumont H.J.F (ed.). *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the World*. Kenobi Productions and Backhuys Publishers. Netherlands, pp. 299
- ZANATTA, S.A., B. TORRES-OROZO, J.A. ZAVALA-HURTADO & M.A. PÉREZ-HERNÁNDEZ. 2007. Plankton rotifers from a tropical lake: differences in distribution and migration patterns in two mixing events, with similar abiotic conditions. *Hidrobiológica* 17(1):1-10.