



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Desarrollo Sustentable

Título

Estudio comparativo del zooplancton limnético en dos sistemas acuáticos de Cozumel, durante la interfase de épocas climáticas (lluvias, nortes y secas) 2012-2013

TESIS

**Que para obtener el grado de
LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS
NATURALES**

Presenta

Jovana Lizeth Arroyo Castro

Director de Tesis

Dr. Adrián Cervantes Martínez

Cozumel, Q. Roo, Mayo del 2015.

UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO


División de Desarrollo Sustentable




Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de Tesis del programa de Licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES


COMITÉ DE TESIS

Director: 

Dr. Adrián Cervantes Martínez

Asesor: 

Dra. Martha A. Gutiérrez Aguirre

Asesor: 

Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

Cozumel, Quintana Roo, México, mayo de 2015

DEDICATORIA

A mis padres, Alejandra Castro Chávez & Luis A. Arroyo Martínez, quienes me han dado como herencia el más valioso de todos los tesoros: Mi educación. Les dedico con todo mi corazón este trabajo, como la más humilde muestra que tengo de agradecimiento a su infinito amor, esperando les llene de orgullo y alegría. Gracias por darme durante toda mi vida más de lo que merecía y más de lo que a veces podían, son mis mejores amigos y los mejores padres que mi Dios pudo darme.

A mi hermanito, Natanhael, quien es la alegría de mi vida, esperando ser para él su ejemplo a seguir. Recuerda que siempre estaré para ti.

Al Dr. Adrián Cervantes Martínez & Dra. Martha Gutiérrez Aguirre quienes me abrieron las puertas de su confianza, su tiempo, paciencia y me brindaron cada elemento para hacer de mí una persona de excelencia, esperando que ustedes también se llenen de orgullo y alegría con este trabajo.

A mi único amor y más sincero amigo, Marcos Alejandro Cen Pech ¿Qué hubieran sido de mí estos cinco años sin ti?

A mi abuelo Jesús Pineda Castro, que desde la distancia siempre me ha dado apoyo, aliento y alegría.

A mi Dios que me sostuvo tantas veces.

La vida por darme esta satisfacción.

Y a ti, que lo has sido todo.

¡Gracias, sinceramente muchas gracias!

A G R A D E C I M I E N T O S

Quiero agradecer primeramente a todos los compañeros que me apoyaron con el trabajo en campo y laboratorio, quienes sin tener la certeza porque juntaba tanta agua y me la vivía en el laboratorio me ayudaron incondicionalmente. Pero en especial quiero agradecer infinitamente a Brianna Jacobson, Adriana Vázquez & Enoé Espadas por regalarme horas de su tiempo para que este trabajo fuera posible, gracias por su apoyo y amistad.

A la Dra. Alma Estrella García Morales, por todo el tiempo invertido en las determinaciones taxonómicas y apoyo a distancia, que fue parte importante de este trabajo.

A mis compañeros de generación (2010-2015), pero también de generaciones anteriores y posteriores que difícilmente acabaría de nombrar en esta hoja, que hicieron de la carrera una experiencia única, ustedes saben quiénes son, gracias por hacer de estos cinco años algo que se quedara en el corazón por siempre

A mis amigos a fuera de la universidad, que siempre, siempre han estado para mí, en las buenas, en las malas, las mejores y las peores. Gracias.

Al Dr. Adrián Cervantes-Martínez, la Dra. Martha A. Gutiérrez-Aguirre y al Dr. Víctor Hugo Delgado Blas, por aceptar ser parte del comité de tesis, invirtiendo así valioso tiempo a este trabajo.

A mi familia que se encuentra lejos, gracias porque aun en la distancia han estado presentes y porque los lazos entre nosotros son fuertes.

A los muchos maestros de esta honorable institución Universidad de Quintana Roo, que con ímpetu me brindaron una infinita gama de recursos para mi formación profesional.

Gracias, gracias a todos...

“No debemos tener miedo a equivocarnos, hasta los planetas chocan y del caos nacen las estrellas”

Charles Chaplin

Índice de contenido

RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	13
Rotíferos	14
Cladóceros	15
Copépoda.....	17
ANTECEDENTES	20
JUSTIFICACIÓN.....	24
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
OBJETIVO GENERAL	27
OBJETIVOS PARTICULARES	27
ÁREA DE ESTUDIO.....	28
Climatología	28
Vegetación.....	28
Fauna	29
Edafología.....	29
Hidrología.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
Riqueza específica	33
Abundancia.....	34
Índice de biodiversidad.....	34
Parámetros físico-químicos	35
Clorofila a.....	35
Análisis estadístico	36
RESULTADOS	38
RIQUEZA ESPECÍFICA (S)	38
Descripción de nuevos registros	40
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse 1851).....	40
<i>Mytilina bisulcata</i> (Lucks 1912).....	41
<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg, 1832).....	42
<i>Lecane hastata</i> (Harring, 1913).....	43
<i>Polyarthra cf. dolichoptera</i> Idelson, 1925.....	44
<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg, 1938)	45
<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)	46
<i>Dicranophorus epicharis</i> (Harring y Myers 1928).....	47

ABUNDANCIA DEL ZOOPLANCTON	48
ÍNDICE DE DIVERSIDAD.....	56
Índice de Shannon – Wiener (H').....	56
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.....	58
Temperatura ambiental	58
Precipitación	59
Temperatura del agua del sistema	60
Oxígeno disuelto.....	62
Saturación de oxígeno	64
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$)	66
Clorofila a, profundidad y transparencia	68
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	69
Análisis de Correspondencia Canónica: Pileta UQROO.....	69
Lluvias-Nortes	69
Nortes-Secas	71
Secas-lluvias	73
Análisis de Correspondencia Canónica: Cenote maravillas	75
Lluvias-nortes	75
Nortes-secas.....	77
Secas-lluvias	79
DISCUSIÓN.....	81
Riqueza específica (S)	81
Abundancia del zooplancton (ind/l)	82
Índice de diversidad (H').....	85
Parámetros físico-químicos, análisis de interfases climáticas y análisis estadísticos (CCA)	86
Descripción limnológica básica.....	86
Factores físico-químicos.....	87
LITERATURA CITADA	94
ANEXOS	106
Anexo 1	106
Anexo 2	106
Anexo 3	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Esquema de la morfología externa e interna de un rotífero	14
Fig. 2. Ciclo reproductivo de un rotífero monogononto.....	15
Fig. 3. Esquema de la morfología general de un cladócero.....	16
Fig. 4. Morfología general de un copépodo.....	18
Fig. 5. Isla de Cozumel.....	31
Fig. 6. Sistema acuático artificial “pileta UQROO”.....	32
Fig. 7. Segundo sitio de muestreo “cenote maravillas”.....	32
Fig. 8. <i>Brachionus angularis</i>	40
Fig. 9. <i>Mytilina bisulcata</i>	41
Fig. 10. <i>Squatinella mutica</i>	42
Fig. 11. <i>Lecane hastata</i>	43
Fig. 12. <i>Polyarthra</i> cf. <i>dolichoptera</i>	44
Fig. 13. <i>Cephalodella forficula</i>	45
Fig. 14. <i>Trichocerca pusila</i>	46
Fig. 15. <i>Dicranophorus epicharis</i>	47
Fig. 16. Comportamiento de la abundancia total en cada transición a lo largo del estudio de la Pileta UQROO.	48
Fig. 17. Comportamiento de la abundancia de las especies con más de 1000 ind/L correspondiente a la Pileta UQROO.....	49
Fig. 18. Comportamiento de la abundancia de las especies con ind/L igual o menor a 1000 en la Pileta UQROO.	50
Fig. 19. Comportamiento de la abundancia total en cada transición a lo largo del estudio en el Cenote Maravillas.	51
Fig. 20. Comportamiento de las especies de más de 1000 ind/L correspondiente al Cenote Maravillas.....	52
Fig. 21. Comportamiento de las especies con abundancia menor o igual a 1000 ind/L en el cenote maravillas.	53

Fig. 22. Comportamiento de las especies con abundancias menores o iguales a 100 ind/L en el cenote maravillas.....	55
Fig. 23. Comportamiento del Índice de Shannon- Wiener (H') de una interfase a la siguiente en la Pileta UQROO.....	56
Fig. 24. Comportamiento del Índice de Shannon- Wiener (H') de una interfase a la siguiente en el Cenote Maravillas.....	57
Fig. 25. Comportamiento de la temperatura ambiental durante el periodo de estudio..	58
Fig. 26. Comportamiento de la precipitación correspondiente al periodo de estudio. ...	59
Fig. 27. Comportamiento de la temperatura del sistema durante el cambio de una interfase a la siguiente en pileta UQROO.	60
Fig. 28. Comportamiento de la temperatura del sistema durante el cambio de una interfase en el Cenote Maravillas	61
Fig. 29. Comportamiento del oxígeno disuelto durante el cambio de una interfase a la siguiente en Pileta UQROO.....	62
Fig. 30. Comportamiento del oxígeno disuelto durante el cambio de una interfase a la siguiente en Cenote Maravillas.....	63
Fig. 31. Comportamiento de la saturación de oxígeno durante el cambio de una interfase a la siguiente en pileta UQROO.	64
Fig. 32. Comportamiento de la saturación de oxígeno durante el cambio de una interfase a otra en el Cenote Maravillas	65
Fig. 33. Comportamiento de la conductividad durante el cambio de una interfase a la siguiente en pileta UQROO.....	66
Fig. 34. Comportamiento de la conductividad durante el cambio de una interfase a la siguiente en el Cenote Maravillas.....	67
Fig. 35. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a lluvias-nortes en la Pileta UQROO.	70
Fig. 36. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a nortes-secas en la Pileta UQROO.	72
Fig. 37. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a Secas-Lluvias en la Pileta UQROO.	74
Fig. 38. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a lluvias-nortes en el Cenote Maravillas.	76
Fig. 39. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a Nortes-Secas en el Cenote Maravillas.....	78

Fig. 40. Análisis de correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a Nortes-Secas en el cenote Maravillas..... 80

Fig. 41 Dendograma para la selección de días de muestreo que presentaron diferencias en su agrupación. 106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxas registradas en el estudio. 38

Tabla 2 Clorofila a, profundidad y transparencia Pileta UQROO..... 106

Tabla 3 Clorofila a, profundidad y transparencia Cenote Maravillas..... 106

Tabla 4. Relación de los organismos depositados en El Colegio de la Frontera Sur, usando el prefijo: ECO-CH-Z0, en la colección de zooplancton. 107

RESUMEN

El zooplancton que habita en los sistemas acuáticos epicontinentales (lagos, lagunas, cenotes, aguadas, bordos, charcos), es ecológicamente importante, puesto que este grupo representa dentro de su entorno un eslabón clave para la transferencia efectiva de la energía hacia los siguientes niveles tróficos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto que tienen las variables abióticas como: temperatura del agua (°C), temperatura ambiental (°C), salinidad (ups), oxígeno disuelto (mg/l), concentración de oxígeno (%), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$), clorofila a (mg/l), profundidad (m) y transparencia (m) sobre la estructura y dinámica de las comunidades del zooplancton limnético, en dos sistemas dulceacuícolas de Cozumel: un sistema artificial denominado "Pileta UQROO" y un cenote tipo aguada nombrado "Maravillas". Las muestras biológicas corresponden a la transición del cambio que ocurre entre una época climática a otra, es decir, entre la interfase lluvias-nortes, nortes-secas y secas lluvias (2012-2013). El periodo de colecta comprendió un muestreo intensivo con intervalos aproximados de cinco a ocho días en promedio de diferencia entre cada uno.

Con lo cual se pudo determinar que la limnología básica general que presentan ambos sistemas derivado de sus características físicas y químicas son: un estado oligo-mesotrófico (6.57 ± 0.89 mg/l), con aguas cálido-tropicales (29.7 ± 1.1 °C), bien oxigenadas (16.8 ± 8 mg/l), someras derivado de su poca profundidad (1.3 ± 0.3 m), con una buena visibilidad la mayor parte del tiempo (0.83 ± 0.14 m) y con valores de contenido iónico para ser considerados de agua dulce (0.2 ± 0.0 ups). Se obtuvo una riqueza específica (S) de 26 especies, comprendidas en 4 órdenes, 12 familias y 17 géneros. La estructura de la comunidad estuvo mejor representada tanto en riqueza específica (S) como en abundancia por el grupo de los rotíferos, pues este fue el que domino en ambos sistemas, siendo *Anuraeopsis fissa*, *Polyarthra* cf. *dolichoptera*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca pusilla*, *Lecane bulla* y *Brachionus angularis* los que presentaron las densidades más elevadas a lo largo del estudio, a su vez el mayor número de especies corresponde a este grupo con 22 organismos, seguido de los copépodos con 2 representantes y finalmente cladóceros y ostrácodos que reportan 1 especie para cada caso.

Con ayuda de un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se determinó que la temperatura del agua (°C) es la variable ambiental que tuvo mayor influencia sobre la estructura de la comunidad del zooplancton, durante la transición lluvias-nortes y nortes-secas pues este parámetro fue el que mejor correlación tuvo con el

comportamiento de la abundancia y la riqueza, mientras que secas-lluvias estuvo directamente influenciada por la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$). El índice de biodiversidad se evaluó mediante la aplicación del índice de Shannon- Wiener (H'), teniendo los valores más bajos durante la transición lluvias-nortes 0.47 a 0.75 bits/ind en ambos sistemas, mientras que los más elevados correspondieron a la interfase nortes-secas con valores entre 1.72 a 1.77 bits/ind. Este estudio tiene como propósito principal el contribuir al conocimiento básico sobre la ecología de los sistemas acuáticos de Quintana Roo, ya que actualmente la información sobre este tema para la limnología tropical es escasa. La generación de este conocimiento, permitirá conocer y entender la dinámica a la que se encuentran sometidos los organismos acuáticos (en este caso el zooplancton) con respecto a la transición entre una época climática a otra (fenómeno escasamente estudiado en latitudes tropicales). Por otro lado, servirá para la toma de decisiones sobre la conservación y manejo de los recursos acuáticos en el sentido de obtener conocimiento sobre la vulnerabilidad de dichos sistemas, por efecto de la variabilidad climática

Palabras clave: zooplancton, limnético, interfase, epicontinental, limnología tropical.

INTRODUCCIÓN

Cualquier cuerpo de agua puede ser sometido a estudio. Una vez que este ha obtenido las condiciones adecuadas para sostener vida, se vuelve funcional. Aunque aparentemente el agua que contiene el globo terrestre es muy abundante, ya que esta cubre el 70% de su superficie, la realidad es que de ese porcentaje el 97.5% es salada; el porcentaje restante (2.5%) es agua dulce mayormente concentrada en cascos polares y témpanos y en una porción menor en lagos, lagunas, charcos, embalses, temporales, cenotes o presas es decir en aguas definidas por la Limnología como epicontinentales (CNA, 2011).

En México estos recursos hidráulicos son limitados, ya que constituye tan solo el 0.1% de las reservas que se poseen el mundo (CNA, 2011). Los sistemas antes mencionados son importantes porque en ellos se albergan un gran número de organismos tanto vertebrados como invertebrados. En este último grupo se encuentra el zooplancton.

Estos organismos se caracterizan por ser heterótrofos, con la capacidad de suspenderse en la columna de agua debido a que cuentan con estructuras especializadas para la natación (Gutiérrez-Aguirre y Cervantes-Martínez, 2007; Cervantes-Martínez *et al.*, 2012).

Prácticamente todos los organismos acuáticos pasan al menos una etapa de su vida siendo parte del zooplancton, es decir carecen de la capacidad de nadar contra corriente y son transportados en éstas pasivamente, (Suárez-Morales y Gasca, 1992).

Los organismos dentro de este grupo están conformados por diversas taxas; entre los principales en aguas dulces, notables por su diversidad, abundancia y adaptación, se encuentran los rotíferos, cladóceros y copépodos (Gutiérrez-Aguirre y Cervantes-Martínez, 2008).

Rotíferos

Los rotíferos pertenecen al phylum Rotifera, representados en tres clases que son: Bdelloidea, Monogononta y Seisoidea (los últimos exclusivos de ambientes marinos). Se tienen alrededor de 1500 especies registradas que constituyen a este grupo microscópico (50 a 2000 μm). De acuerdo con Dumont (1983), son considerados de amplia distribución debido a su dispersión pasiva; pero al parecer se originaron en aguas dulceacuícolas ya que más del 90% de las especies son habitantes de estos sistemas (Cervantes-Martínez *et al.*, 2012).

El cuerpo de un rotífero está compuesto de tres regiones funcionales; una cabeza, un tronco y un pie o cola (Fig.1). La corona ciliada tiene función locomotora y de alimentación. La boca está situada en la parte media-ventral de la corona ciliada. El tronco puede tener forma alargada o de saco. La pared del cuerpo está generalmente anillada, lo cual da la apariencia de una segmentación. La región del pie es más estrecha (en algunas especies no existe el pie) por lo general lleva de uno a cuatro dedos; su cutícula puede estar anillada y es completamente retráctil (Sarma, 1996).

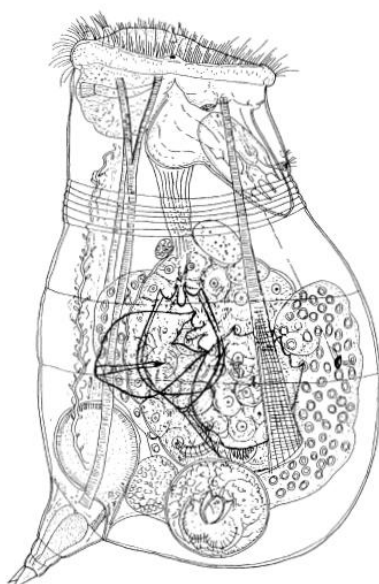


Fig. 1. Esquema de la morfología externa e interna de un rotífero (Miracle *et al.*, 1986)

Gracias a la transparencia de la cubierta corporal de estos animales, es relativamente fácil observar la mayoría de los órganos internos, tanto en preparaciones permanentes como en muestras vivas. El tubo digestivo es completo y es posible observarlo desde la boca hasta la región del ano que se localiza al final del tronco. Entre la región

cefálica y el tronco se encuentra el mástax, el cual representa la característica diacrítica de este grupo.

Las hembras más frecuentemente son partenogenéticas o amícticas, que producen huevos de desarrollo inmediato de los que salen hembras semejantes a las primeras (Margalef 1983) (Fig. 2). Los machos son de organización más simplificada, que presentan una marcada disminución de su anatomía o se desconoce su presencia totalmente como es el caso de los Bdelloideos.

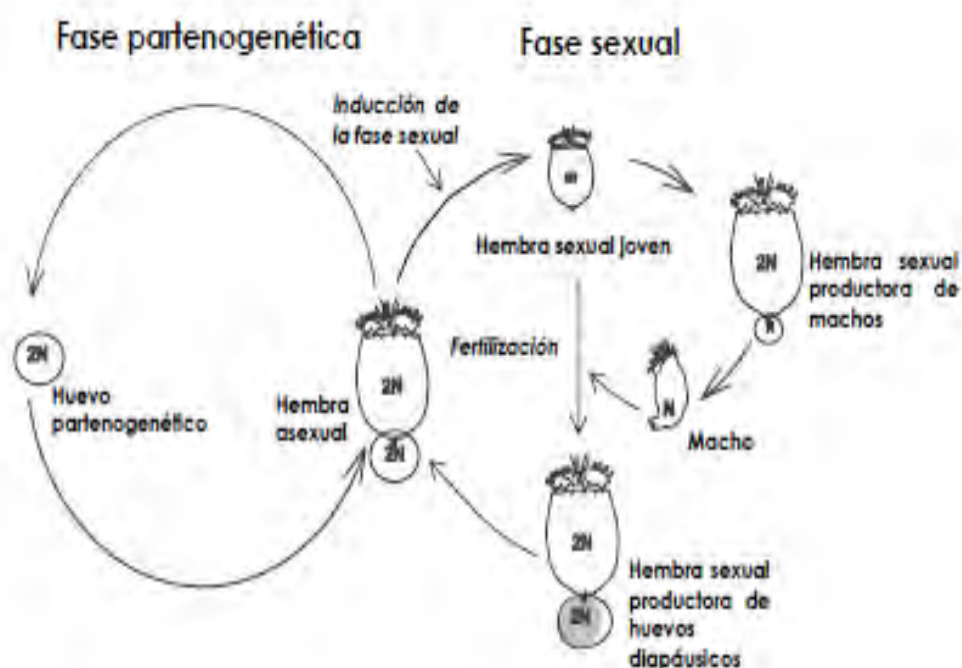


Fig. 2. Ciclo reproductivo de un rotífero monogononto (Tomado de Ortelles, 2002)

Cladóceros

Estos organismos se encuentran en todos los sistemas epicontinentales, desde las latitudes tropicales hasta las regiones boreales (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). Son micro-crustáceos del plancton que ecológicamente se asemejan a los rotíferos, por su tamaño, rápido desarrollo y ciclo reproductivo (Margalef, 1983). Se denominan comúnmente en México como pulgas de agua, lo cual es atribuido a los pequeños saltos hacia atrás que realizan. Son organismos de diminuto tamaño, casi siempre menores a un mm de longitud, considerados muy primitivos del Devónico (o anterior),

la mayoría son de agua dulce y se consideran cosmopolita (Gutiérrez-Aguirre y Cervantes- Martínez 2008). Estos organismo al igual que los braquiópodos, el grupo principal al cual pertenecen, presentan unos apéndices torácicos denominados toracópodos, con funciones filtradoras e incluso algunos sirven para agarrar o hasta para raspar partículas alimenticias del sustrato (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). Un rasgo característico de todos los cladóceros es el caparazón que se halla cubriendo total o parcialmente el tórax y el abdomen que es una concha o carapacho, plegado en dos valvas, las cuales no son abisagradas y cuya forma varia de oval a redondeada (Fig.3).

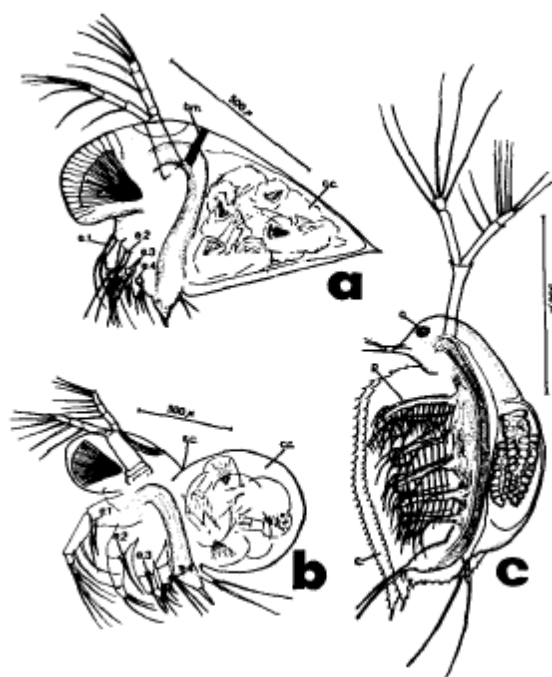


Fig. 3. Esquema de la morfología general de un cladóceros (Tomado de Silva-Briano, 2003)

El principal órgano locomotor es el segundo par de antenas que se encuentran insertadas lateralmente cerca del margen posterior de la cabeza. Cada una presenta un segmento basal y dos ramas (dorsal y ventral) segmentadas. El primer par de antenas es de naturaleza sensorial y pueden ser articuladas o fijas (Elías-Gutiérrez y Suárez-Morales, 1998). Una característica diacrítica de este grupo, es la forma de su yelmo o cabeza, de cambia considerablemente entre especies.

Los cladóceros poseen reproducción partenogenética (no hay fertilización de huevos) o por medio de reproducción sexual, formando huevos de resistencia. Este tipo de reproducción involucra una fase sexual y otra asexual. En la primera solo participan las

hembras, la reproducción es clonal, es decir las hembras simplemente hacen un copiado por mitosis (no hay recombinación) producen hembras juveniles idénticas a la madre, estas se incuban en la cámara embrionaria al final del desarrollo, emergen; no existe la formación de larva de nauplio (Gutiérrez-Aguirre y Cervantes-Martínez, 2008). El dimorfismo sexual de los cladóceros es notable, pero menor que en los rotíferos; aunque los machos son menores, no se puede decir que son reducidos (Margalef, 1983); sin embargo en algunas especies los machos son raros o jamás observados (Suárez-Morales *et al.*, 2000).

Copépoda

En general, los copépodos dulceacuícolas viven en ambientes con alto grado de inestabilidad. A pesar de eso se les considera un grupo muy exitoso por su diversidad y distribución (Gutiérrez-Aguirre *et al.*, 2006). Actualmente se reconocen diez ordenes, de las cuales, en México se tiene un inventario de alrededor de 100 especies de tres órdenes que han colonizado exitosamente las aguas continentales: Calanoidea, Cyclopoida y Harpacticoida (Suárez-Morales y Elías Gutiérrez, 2003). En general, las especies del grupo Calanoidea ocupan usualmente la región pelágica de los sistemas acuáticos, mientras que los Cyclopoida están más adaptados a la vida de la región litoral (aunque hay representantes limnéticos) y Harpacticoida a la zona béntica (Cervantes-Martínez *et al.*, 2012).

De acuerdo a las descripciones realizadas por Suárez-Morales (2000), el cuerpo de los copépodos de vida libre presenta formas y configuraciones diversas, tienen el cuerpo alargado, más o menos cilíndrico, presentan cuerpo cubierto por segmentaciones visibles, carente de caparazón. En uno de los sitios de unión cerca de la región posterior del tórax, la articulación permite movimientos más amplios que en el resto del cuerpo, dividiéndolo en dos partes: el metasoma (cefalotórax), que es la parte anterior a la articulación y el urosoma (abdomen), de la articulación hacia atrás. Los cinco primeros segmentos que corresponden a la cabeza se encuentran fusionados con el primero o los dos primeros segmentos torácicos, para constituir el cefalón con cinco pares de apéndices. Las primeras antenas o anténulas son siempre unirramias, con funciones locomotoras y sensoriales; las segundas antenas son más cortas y desempeñan funciones sensoriales. Las mandíbulas, primeras maxilas y segundas maxilas participan en el proceso de la alimentación. Los maxilípedos también intervienen en este proceso y constituyen los apéndices del primer segmento torácico.

Siguen cuatro o cinco segmentos torácicos en cada uno de los cuales hay un par de patas, los primeros cuatro pares tienen funciones natatorias, semejantes a remos por su forma y función. La quinta pata es vestigial como lo es en cyclopoideos o presenta un marcado dimorfismo sexual como en calanoideos. El primer segmento abdominal de la hembra está modificado en segmento genital, en el extremo posterior exhiben una estructura que se denomina furca, presente en ambos sexos, con longitud variable y en ella se insertan una serie de setas plumosas (Fig. 4).

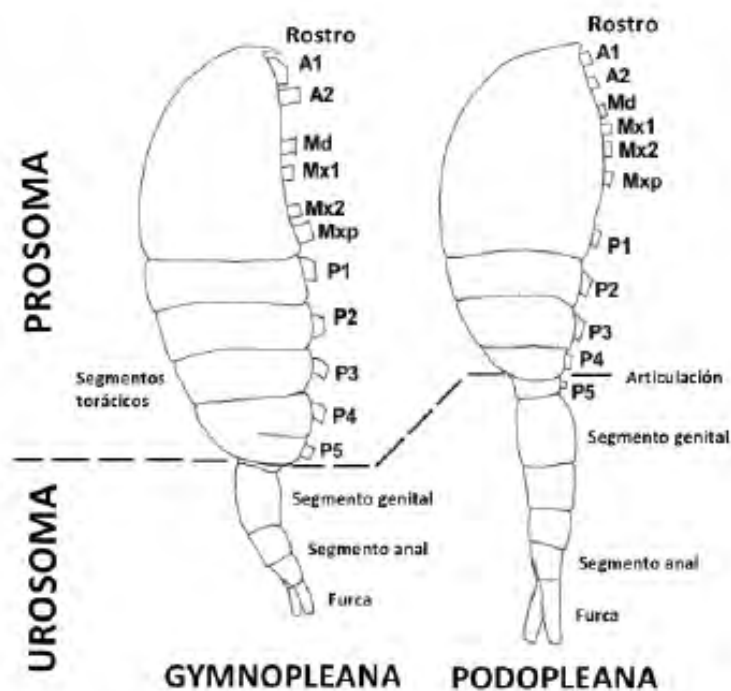


Fig. 4. Morfología general de un copépodo (Tomado de Sabido-Villanueva, 2011)

El zooplancton comprende una gran variedad de organismos que pueden considerarse como indicadores naturales de contaminación y también proporcionan información sobre las características del medio. Además sirven como base para programar acciones tendientes a eliminar o minimizar los impactos adversos en los cuerpos acuáticos, esto es debido a las propiedades que poseen como modelo ecológico (ciclos de vida cortos, la estructura del tamaño, entre otros).

Se ha sido utilizado ampliamente como indicador de las condiciones en las que prevalecen los cuerpos de agua (López-López y Serna-Hernández, 1999). Su respuesta casi inmediata a cualquier cambio que se genere en su entorno permite que sean altamente manejables como modelo ecológico, es por tal motivo que se debe de

mencionar que en latitudes tropicales, donde la luz y la temperatura son relativamente constantes, las variaciones estacionales del zooplancton dependen del efecto de las lluvias, la sequía, e incluso de la mezcla de agua. Las fluctuaciones de la biomasa planctónica suelen ser de amplitud mayor en lagos tropicales, que en los templados (Harris 1980). De acuerdo con Cervantes-Martínez (2005), en el trópico húmedo mexicano, específicamente en la Península de Yucatán, la estacionalidad queda representada por tres épocas climáticas durante el año: secas (Febrero-Mayo), lluvias (Junio-Octubre) y nortes (Noviembre- Enero).

Se ha observado que dicha estacionalidad puede tener efecto sobre los patrones físicos, químicos y biológicos. Un ejemplo de ello es la atelomixis descrita por primera ocasión por Lewis (1973) que la definió como el momento donde ocurre el rompimiento de la estratificación térmica en la columna de agua, debido al cambio temporal de la temperatura ambiental Lewis (*op cit*). Este autor, menciona que la atelomixis, es un fenómeno ignorado cuando se realizan estudios sobre las comunidades de zooplancton; esta aseveración se confirma con el hecho de tener solo algunos registros y estudios realizados principalmente en lagos de grandes dimensiones. Del efecto que causa sobre el zooplancton, en reservorios pequeños como los charcos, cenotes y aguadas no se tiene registros alguno, excepto en el lago Alchichica en la parte central de nuestro país (Alcocer *et al.*, 2000)

Fenómenos físicos como este tipo son pocos estudiados y se han realizado en sistemas grandes, en donde se puede observar una estratificación bien marcada, sin embargo en ambientes tropicales pequeños (que no alcanzan a estratificarse), se desconoce cómo reaccionan los organismos a cambios de interface o transición entre las épocas climáticas (época de lluvia-norte, nortes-secas y secas-lluvias).

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo conocer los cambios que ocurren durante la transición de una época climática a otra, sobre variables ecológicas (riqueza y abundancia) de zooplancton limnético en dos sistemas acuáticos de diferente naturaleza y origen (pileta UQROO y cenote Maravillas).

ANTECEDENTES

En México el estudio de los cuerpos de agua continentales es ciertamente limitado; generalmente se restringe a temas específicos, como puede ser su estructura limnológica, tal como lo presentan en su obra De la Lanza Espino y García Calderón (2002), donde exponen el estado que guardan estos ambientes respecto a sus características fisicoquímicas, biológicas y su función en relación con las actividades humanas.

Existen estudios respecto a estos cuerpos acuáticos que han recibido menos atención, tal es el caso del zooplancton, que en latitudes tropicales específicamente en diversas masas de agua que posee México puede diversificarse de manera significativa (Suárez-Morales *et al.*, 2000).

Los primeros trabajos que se tienen en México con respecto al estudio de este grupo conformado principalmente por rotíferos, cladóceros y copépodos, que basado en muestras obtenidas en el país por expediciones europeas o americanas que las enviaban el material biológico a especialistas extranjeros (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). Esta situación prevaleció durante décadas, donde se puede mencionar las contribuciones principalmente a los listados faunísticos de copépoda y cladócera de autores como:

Juday (1915) que elaboró el primer escrito sobre cladóceros mexicanos, registrando 14 especies en tres localidades de cercanas de la ciudad de México, durante una escala de una expedición limnológica inicialmente dirigida a Centroamérica. Señalo además una lista de especies que encontradas en estas localidades, reportando *M. albuquerquensis*, *Megacyclops viridis*, *Macrocyclus albidus*, *Eucyclops serrulatus* y *Microcyclus bicolor*. Esta etapa culmina con la creación de una estación biológica en el lago de Pátzcuaro Michoacán, que beneficio a los estudios enfocados al zooplancton. Como resultado de los trabajos realizados en esta estación se encuentran las publicaciones de Brehm (1932, citado en: Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008) quien realiza a partir del material procedente de una zona cercana a Chupícuaro, Michoacán, la identificación de un género inexistente en América, que correspondió a *Cyclops* sp. Uéno (1939) incluye a *M. cf. albuquerquensis* en las listas taxonómicas y Osorio-Tafall (1942) quien describe *Leptodiptomus cuauhtemoci*. Se reporta además

estudios elaborados por Jaczewski y Wolski 1931, Wilson 1936, Rioja 1940b, Rioja 1940 a y Rioja 1940 (Citados en Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008). Esta es considerada la primera mitad de la década de los 50's, de intensa actividad dirigida básicamente a listados taxonómicos sobre cladóceros y copépodos (Elías-Gutiérrez, 2000).

La segunda etapa de esta década que comprendió desde los mediados de los 50's hasta los 80, corresponde a las valiosas aportaciones de: Brehm (1942, 1955 Citado en: Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008) realiza entre sus trabajos una lista que comprende únicamente de siete cladóceros de diez localidades (Hidalgo, México, Distrito Federal, etc), describiendo a *Mastigodiatomus montezumae*. El siguiente listado publicado que se realizó, fue hecho por Van de Velde *et al.*, (1978), a partir de un recorrido que abarco desde la Ciudad de México hasta Guatemala, donde solo muestreo seis localidades y registro 25 especies.

El último trabajo de este periodo es la recopilación que realizó Frey (1982) con la escasa información que existía hasta el momento, en el cual presentó una lista de 44 especies, algunas identificadas erróneamente.

La tercera época inicia a partir de la década de los 90's y aún continúa. Se caracteriza por una generación de investigadores con un particular interés por el estudio de los principales grupos, que fueron influenciados por una serie de cursos denominados "*international training in lake zooplankton*" impartidos en Bélgica por el Prof. Dr. Henri J. Dumont, de dicho curso seis estudiantes elaboran actualmente en México (Roberto Rico Martínez, Marcelo Silva Briano, Manuel Elías Gutiérrez, S.S.S Sarma, Jorge Cirios Pérez y Nandini Sarma) (Elías-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Es así que en 1996 se describe por primera vez la primer especie mexicana nueva para la ciencia *Macrothrix mexicanus* por Cirios-Pérez *et al.*, (1996), y es a partir de esa fecha que se incrementa notablemente la producción de trabajos científicos principalmente en el área taxonómica.

En el 2000 se describe *Ilycryptus nevadensis* por Cervantes-Martínez *et al.*, (2000), un cladóceros que aparentemente limita su distribución a una sola localidad, correspondientes a las lagunas en el cráter del volcán Nevado de Toluca.

Por otro lado, de lagunas cercanas al aeropuerto de la Ciudad de Villahermosa, en el estado de Tabasco, es descrito por Elías-Gutiérrez y Smirnov (2000) uno de los macrotrícidos más especializados que se conocen *Macrothrix marthae*.

En cuanto a estudios realizados en el estado de México Sarma y Elías-Gutiérrez (1999a), reportaron 34 especies de rotíferos en lagos naturales, con aguas ácidas.

Para la región sur, se encuentran los trabajos realizados por Zannata *et al.*, (2007) donde se reportaron un total de 28 especies, de 15 géneros y 11 familias de rotíferos. A su vez García-Morales y Elías-Gutiérrez (2004), en muestras obtenidas de Guatemala y Belice determinaron un total de 119 especies de rotíferos, de los cuales 68 fueron nuevos registros para Guatemala y 91 por primera ocasión para Belice, se destaca en este amplio estudio que el grupo de los *Lecane* representó el número más alto de especies. Estos resultados a su vez concuerdan con Sarma y Elías-Gutiérrez (1999b) donde el género más común fue *Lecane* seguido por *Lepadella*.

Trabajos realizados en la parte central de Quintana Roo (Cervantes-Martínez, 2005) en dos cenotes cercanos el Padre y Minicenote, represento uno de los primeros estudios del zooplancton desde el aspecto taxonómico-ecológico, quien reporto distintas familias de rotíferos, además de indagar en su variación espacial y temporal.

Gutiérrez-Aguirre y Cervantes-Martínez (2008), presentan el primer listado de cladóceros y copépodos de los sistemas acuáticos dulceacuícolas de la isla de Cozumel procedentes de diversos sistemas del área urbana. Cervantes-Martínez *et al.* (2012) realizaron el primero listado taxonómico de los principales pertenecientes al grupo del zooplancton dulceacuícola de la isla de Cozumel, (donde se incluye a los rotíferos), generando y ampliando la lista elaborada para el sitio en años anteriores. En el mismo año Puch-Delgado y Uh-Moo, realizaron el estudio de un cenote tipo aguada denominado Sin Barda, donde establecieron la riqueza y abundancia del zooplancton limnético de Cozumel. Koh-Pasos en 2013, realizó un estudio taxonómico enfocado en la riqueza de especies pertenecientes exclusivamente al phylum rotífera en Cozumel, procedentes de ocho sistemas acuáticos distribuidos en la isla, con lo cual contribuyo al incremento de este listado de 23 a 32 especies.

Los trabajos anteriores abordan aspectos taxonómicos de los tres principales grupos y en menor grado aspectos ecológicos (riqueza, abundancia, distribución etc.).

Sin embargo el comportamiento ecológico del zooplancton, con respecto a los efectos de variabilidad ambiental, específicamente sobre la transición climática de una época a otra, son escasos o inexistentes en la región (Lewis, 1973).

JUSTIFICACIÓN

Se observa la contundente labor por establecer nuevos conocimientos sobre la biodiversidad del zooplancton en los sistemas epicontinentales de México, enfocando mayor atención a los estudios en registros de nuevos taxos alrededor de todo el país, que tienen como objetivo central el poder resolver muchos de los problemas taxonómicos que aún tienen algunos géneros o especies pertenecientes a este grupo, sin embargo aún sigue siendo mínimo en los amplios ambientes que presenta la República Mexicana.

En los estudios citados anteriormente, se hace evidente, la importancia que tienen estos grupos para la dinámica productiva y la estabilidad de los ecosistemas, ya que presentan cambios importantes tanto ecológicamente como taxonómicamente, a pesar de estos esfuerzos, el conocimiento en las latitudes tropicales aun es escasa.

En ambientes acuáticos tropicales, son insuficientes los trabajos que expliquen las posibles variables ambientales que influyan en la dinámica y/o estructura de las comunidades de zooplancton durante la transición entre una época climática a otra.

Richardson (2008) asegura que el zooplancton es excelente indicador de los efectos del cambio climático y plantea que este fenómeno, puede crear alteraciones en su fenología, abundancia, distribución y adaptación. Esta aseveración es sustentada por el trabajo realizado por Winner y Farrell (1976) que afirman que las poblaciones de zooplancton responden inmediatamente a cualquier perturbación que se pueda ocurrir, como efecto del cambio generado directo o indirectamente en los factores químicos, físicos o biológicos.

Debido a las particularidades propias del zooplancton, se consideran excelentes individuos para la formulación de modelos ecológicos (ciclos de vida cortos, alta sensibilidad a la temperatura, su casi nula explotación comercial, sus altas tasas de reproducción entre otros) lo cual los hace objetos convenientes para desarrollar diversas hipótesis.

Por lo cual es deseable que este conocimiento se intensifique principalmente en las regiones tropicales, donde la diversidad biológica es amplia pero no es plenamente

entendida ni conocida. Lo anterior concuerda con el propósito perseguido de este trabajo, el cual será generar conocimiento ecológico-taxonómico en dos sistemas acuáticos dulceacuícolas de la isla de Cozumel (de diferente origen y naturaleza) y el efecto que pueda tener la variabilidad ambiental, (expresada en transiciones climáticas, entre una época y otra), con respecto a la dinámica ecológica de las especies de zooplancton que habitan en los sistemas bajo estudio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por lo anterior se plantean las siguientes preguntas:

¿Cuál es el comportamiento en la estructura de las comunidades (riqueza y abundancia) de zooplancton dulceacuícola en dos sistemas epicontinentales de diferente origen y naturaleza?

¿Qué ocurre con los organismos del zooplancton limnético, cuando comienza una interface climática y cuando esta cambia a la siguiente?

¿Cuándo es el punto en que las comunidades aumentan o disminuyen y que factores influyen en ese comportamiento?

OBJETIVO GENERAL

Evaluar y comparar los cambios que ocurren en la estructura y dinámica del zooplancton limnético (rotíferos, cladóceros y copépodos) durante la transición entre una época climática a otra (lluvias-nortes; nortes-secas y secas-lluvias) en dos sistemas dulceacuícolas de Cozumel.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar a los organismos de cada sistema acuático hasta el mínimo taxón posible como sea en caso, con claves taxonómicas especializadas.
- Determinar la abundancia, diversidad de Shannon y riqueza específica del zooplancton limnético de dos sistemas acuáticos dulceacuícolas de Cozumel, durante la transición que ocurre entre época climática (lluvias-nortes; nortes-secas y secas-lluvias).
- Determinar los cambios que presenta la estructura del zooplancton (riqueza, abundancia) con respecto a la transición entre una época climática a otra.
- Determinar el cuadro ambiental de los sistemas acuáticos a partir de la medición de variables físicas: temperatura del agua y del ambiente °C; Profundidad (m) y Transparencia (m) y químicas: Salinidad (ups), Oxígeno Disuelto (mg/l), Concentración de oxígeno (%), Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$), Clorofila a (mg/l),
- Determinar si los factores físicos, químicos y ambientales de cada sistema influyen sobre los indicadores de la estructura de las comunidades del zooplancton a partir de métodos estadísticos como los análisis de componentes principales (CCA).

ÁREA DE ESTUDIO

La Isla de Cozumel se ubica en las coordenadas 20° 30´ 30" Latitud norte y 86° 58´00" longitud Oeste, la cual cuenta con una superficie de 473 Km² que representa el 10% de la superficie del estado de Quintana Roo (Coronado-Álvarez 2009).

Climatología

Cozumel presenta un clima predominante tipo Am; cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con vientos cargados de humedad sobre todo en los meses de julio y agosto originando lluvias de gran intensidad con una precipitación anual promedio en 1504.3 mm (Anónimo 1998)

La oscilación diaria entre máximas y mínimas es muy pequeña, por lo que la temperatura media es de 25.5°C, es isoterma casi todos los meses del año con excepción de la temporada invernal cuando las temperaturas varían cerca de los 20°C (Anónimo, 1998).

Vegetación

En la isla de Cozumel se encuentra presente aproximadamente un 40% de la flora total reportada para el estado de Quintana Roo la cual pertenece a la denominada selva mediana subcaducifolia. Está constituida primordialmente por dos estratos arbóreos de entre 8 y 20 m de altura. Selva baja caducifolia. Comunidad compuesta generalmente por un estrato arbóreo principal y otro arbustivo o subarbóreo, sin presentarse un estrato herbáceo, con escasas trepadoras y epífitas, aunque en lugares susceptibles a permanecer inundados una parte del año la composición se halla complementada por otros elementos, y existen más epífitas y trepadoras.

Los manglares son comunidades vegetales que se desarrollan sobre suelos inundables salinos y que están dominadas por especies arbóreas de hojas coriáceas y mecanismos adaptativos que les permiten tolerar la salinidad del sustrato y la falta de oxígeno en las raíces. Las comunidades de manglares presentan una zonación bien definida, según el nivel de oxigenación, la inundación y la salinidad del sustrato.

Los matorrales costeros se desarrollan fundamentalmente en la barra de la laguna La Colombia, así como en la barra de Celarain. Se desarrollan sobre suelos arenosos sueltos y dunas fijas (en el caso de la barra de La Colombia), y sobre areniscas calcáreas consolidadas (en el caso de barra de Celarain). Ambos se clasifican como regosoles (Huntunich, en maya). Existe vegetación introducida a la isla como es la palma de coco (*cocos nucifera*), el pino de mar (*casuarina equisetifolia*) y diversas plantas ornamentales (Anónimo, 1998).

Fauna

En cuanto a la fauna registrada para la Isla de Cozumel, la parte terrestre alberga cuatro clases de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), que representan un total de 136 especies. Las aves son el grupo más abundante, con 93 especies. Las aves residentes (que viven todo el año en la isla o anidan ahí) suman un total de 73 especies, que significa un 78% del total de aves, cantidad muy significativa para la región. Por otro lado, los anfibios son el grupo menos diversificado, ya que solamente representa un 2.94% del total, lo cual es razonable, dado que este grupo de vertebrados es sumamente sensible a la salinidad, por lo que únicamente las especies más tolerantes pudieron llegar a la isla. Entre éstos puede mencionarse a *Bufo marinus*, *Leptodactylus labialis*, *Hyla staufferi* y *Smilisca baudini*. (Anónimo, 1998)

Edafología

La isla está constituida por calizas sedimentarias; probablemente se encuentra, al igual que toda la península de Yucatán, sobre un basamento metamórfico del Paleozoico cubierto por más de 500 m de depósitos, fundamentalmente lechos rojos del Jurásico, que subyacen bajo una sucesión de areniscas y calizas depositadas durante el Cretácico y el Paleoceno, y sobre las que son comunes afloramientos del Terciario. La naturaleza kárstica de la isla impide la formación de ríos en su superficie, ya que toda el agua de lluvia percola a través de fracturas y fisuras en el terreno hasta el nivel freático; por lo que los escurrimientos hacia el mar prácticamente no acarrearán sólidos en suspensión. Dentro del área se distinguen tres tipos de suelos claramente definidos: los suelos de mesetas calcáreas, que se encuentran en las partes altas, cubiertos por selva mediana subperennifolia; los suelos de barras costeras y playas, cubiertos de matorral costero o cocotero y, por último, los suelos de cuencas cubiertas por vegetación de manglar y otras halófitas (Anónimo, 1998)

Hidrología

Existen en la Península de Yucatán tres cuencas hidrológicas principales: la cuenca criptorreica, sobre el estado de Yucatán y el norte de Quintana Roo, la del Río Hondo en el sur de Quintana Roo y la de Champotón en Campeche (Alcocer y Escobar, 1996). En la cuenca criptorreica se encuentran la mayor parte de los varios cientos de cenotes de la Península (unos 70 de ellos con un diámetro mayor de 100 metros: Suárez-Morales y Riviera-Arriaga, 1998).

En la Península de Yucatán presenta diferentes tipos de cenotes, (el término denota cualquier espacio subterráneo con agua, con la única condición de que este abierto al exterior por algún grado) los cuales fueron clasificados por Hall (en 1936; Citado en: Yáñez-Mendoza *et al.*, 2008 y Schmitter-Soto *et al.*, 2002) quien de acuerdo a su geomorfología determinó: Cenotes tipo cántaro, que presentan una pequeña apertura a la superficie y un circunferencia que gradualmente se expande hacia las cercanías del nivel del agua y por debajo de éste; cenotes abiertos con paredes casi verticales; cenotes “antiguos” cuyas paredes se separan gradualmente sobre la superficie del agua y muchos de los cuales presentan poca profundidad; y cenotes tipo cueva que presentan una entrada hacia uno de sus lados.

Navarro-Mendoza (1988) distinguió dos tipos de cenotes en la vertiente caribeña, de los cuales los costeros suelen ser menos profundos que los de tierra adentro. Sus paredes son de roca, a menudo cubierta de materia orgánica (MO) compactada entre las raíces del mangle. Los cenotes más alejados del mar pueden llegar hasta los 30 metros de profundidad y suelen estar bordeados por paredes hasta de 20 metros de altura.

De acuerdo con Doerhring y Bultler (1974, citado en Suárez-Morales y Riviera-Arriaga, 1998) determinan que la alta permeabilidad de las rocas de la zona de Yucatán han favorecido a la creación de sistemas más o menos homogéneos en el que el agua dulce yace por encima de las aguas salinas, establecieron que en las zonas internas (planicie central) de la península se recibe una precipitación pluvial intensa, el cual genera una presión hidrostática que hace que el agua subterránea fluya de las porciones centrales a las zonas costeras. Estos flujos no corren propiamente como ríos subterráneos, si no que se escapan por numerosas fracturas de las rocas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra ubicado dentro de la Isla de Cozumel (considerada la más grande de México) en las coordenadas 20°31' latitud norte y 86°30' longitud oeste, en dos sistemas epicontinentales de diferente naturaleza (Fig.5).

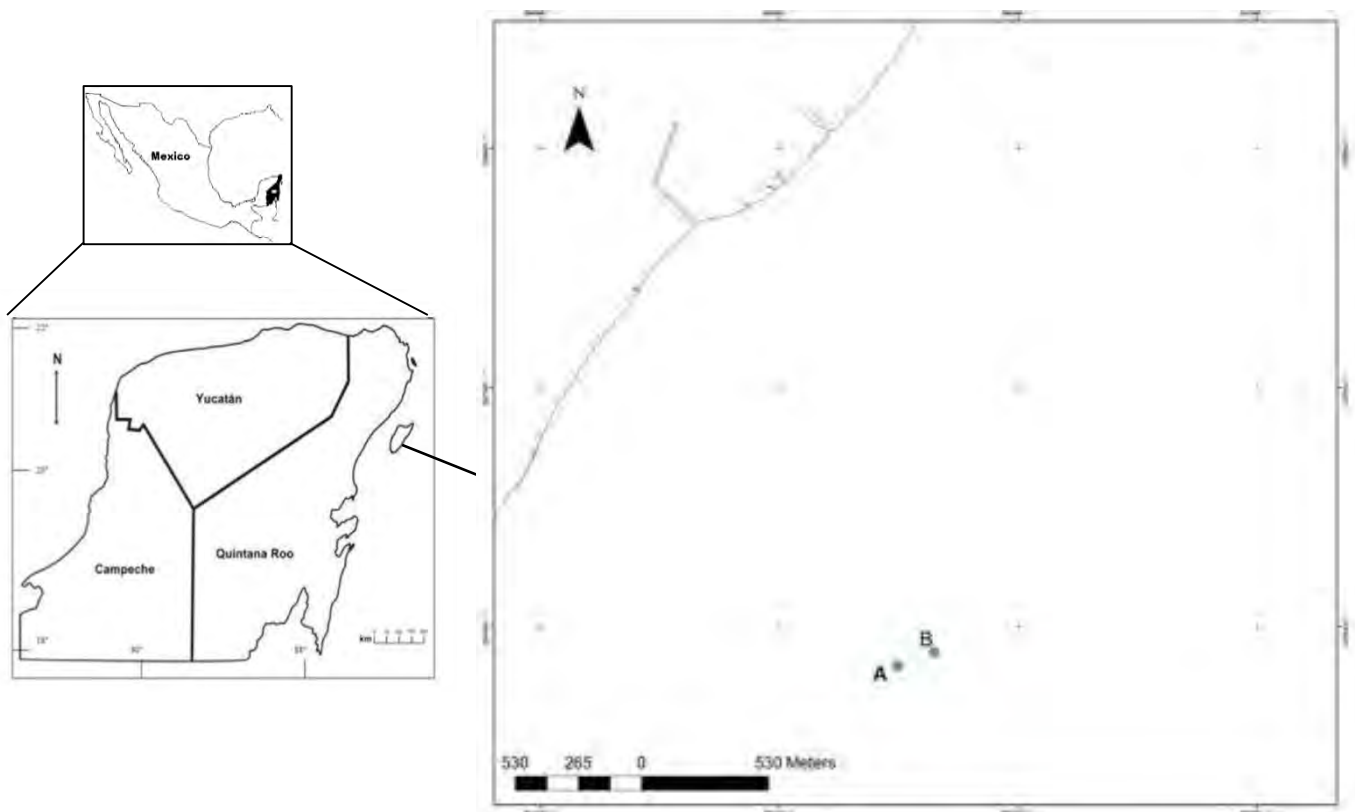


Fig. 5. Isla de Cozumel se localiza en las coordenadas 20° 31' latitud norte y 86°30' longitud oeste.

El primer sitio de muestreo corresponde a un sistema acuático artificial, ubicado al interior de las instalaciones de la Universidad de Quintana Roo, que se seleccionó ya que de acuerdo con López-López y Serna-Hernández (1999); De la Lanza Espino y García (2002); Granados-Ramírez y Álvarez-Del-Ángel (2003) cumple con los criterios para ser considerado como reservorio o pequeño estanque artificial, ya que se encuentra construido de manera rustica, estando por arriba de los 100 cm de altura, su balance hidráulico se basa en llenado por capacidad de agua (precipitación pluvial) y la pérdida de la misma es mediante evaporación o escurrimiento, muchos de estos son favorecidos por características limnológicas, por lo que los zoopláncteres

encuentran las condiciones idóneas para desempeñar su papel dentro de la dinámica de estos ecosistemas (Fig.6).



Fig. 6. Sistema acuático artificial "pileta UQROO"

El segundo sitio seleccionado fue un Cenote denominado como "Maravillas" se describe como un sistema conocido en la región como "aguada", de origen pluvial, sin influencia de corrientes subterráneas, ubicado en una zona urbana (Fig.7)



Fig. 7. Segundo sitio de muestreo "cenote maravillas"

El trabajo de campo, comprendió en primera instancia en la elaboración de un cronograma específico para la selección de días claves y representativos de los meses en los que ocurre la transición, mediante la revisión de los datos históricos del clima, que se tienen para Cozumel colectados de la estación meteorológica MMCZ 766493 (base militar) de los últimos diez años no consecutivos (1991, 1993, 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011). Ya que de acuerdo con Cervantes-Martínez (2005), en el trópico húmedo mexicano, específicamente en la Península de

Yucatán, la estacionalidad queda representada por tres épocas climáticas durante el año: secas (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October) y nortes (Noviembre- Febrero) para llevar a cabo el muestreo biológico. De esta manera el período de colecta intensivo tuvo un intervalo de cuatro a siete días en promedio aproximadamente entre cada uno, en un horario entre las 15:00 y 18:00 horas, obteniendo de esta manera un total de 192 muestras biológicas para ambos sistemas (muestra y replica), de las cuales se eligieron un total de 96 (muestra y replica) para su revisión las cuales fueron seleccionadas a partir de un análisis de conglomerados, donde se tomaron aquellos días que presentaran agrupaciones diferentes a simple vista (anexo 1).

La colecta de material biológico se realizó con ayuda de 2 botellas de Van Dorn de 2.5 litros de capacidad, posteriormente se filtraron a través de una red de plancton con apertura de malla de 45 μm , para la concentración de los organismos, al instante se preservaron las muestras con alcohol etílico al 90%.

Con las muestras biológicas se determinó la riqueza específica y la abundancia de los sistemas acuáticos analizados. A continuación se enuncian ambos parámetros ecológicos.

Riqueza específica

La riqueza específica (S) es una manera sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa en conocer el número de especies que se encuentran en un determinado ambiente. Para determinar la riqueza específica (S), se utilizaron claves específicas y literatura especializada tal como Koste (1978), Rico-Martínez 1992, Serranía-Soto (1993), Segers (1995), Shiel (1995), Suárez-Morales y Gutiérrez -Aguirre (2001), Elías-Gutiérrez *et al.*, (2008), Cervantes-Martínez *et al.*, (2012) y Jersabek y Leitner (2014) para determinar la identidad de cada individuo hasta su mínimo taxón posible.

En algunos casos fue necesario llevar a cabo la extracción del máxtas agregando una gota de hipoclorito de sodio (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1997; Serranía-Soto, 1996). Posteriormente los organismos fueron preservados en preparaciones permanentes y semipermanentes (Nogrady *et al.*, 1993).

Los organismos que se determinaron como nuevos registros, fueron ilustrados mediante fotografías, las cuales se realizaron mediante el uso de una cámara unida al microscopio óptico Nikon.

Se realizó el depósito en la Colección de Referencia de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) de los organismos de interés.

Abundancia

Para determinar la abundancia específica, se utilizó un colector de agua tipo Van Dorn con capacidad de 2.5 litros y posteriormente se contabilizó la totalidad de individuos por especie, auxiliándose de un microscopio Olympus CX31. La abundancia se expresó en individuos litro ind/l.

Índice de biodiversidad

Uno de los índices más utilizados para cuantificar a la biodiversidad específica es el de Shannon. Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad basándose en dos factores: su riqueza específica (S) y su abundancia relativa (ind/l).

Se define de la siguiente manera:

$$H' = -\sum \pi \ln \pi$$

Donde π = abundancia relativa

Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie (Moreno, 2011)

Parámetros físico-químicos

Se realizó *in situ* la medición de los parámetros físicos y químicos como: Temperatura del sistema (°C), concentración de oxígeno disuelto (mg/l), saturación de oxígeno (%), conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$), salinidad (mg/l); dichas variables se obtuvieron mediante el uso de un Oxímetro marca Ysi, modelo 85- 100FT, todas las muestras (incluyendo material biológico) contaron con muestra y replica. Se realizó con ayuda de un disco de secchi las mediciones de la profundidad y transparencia de los sistemas.

Clorofila a

Se usó la concentración de clorofila a como un indicador de la biomasa de algas disponible (Lewis, 1990) en los sistemas acuáticos analizados. Las muestras para la determinación de dicho pigmento, se colectaron en periodos aleatorios.

Obtenida la cantidad necesaria de agua procedente del sistema, ésta se filtró con ayuda de un portafiltro y una bomba de vacío Felisa Fe-150 a una presión de 500 mmHg con capacidad de filtrar 500 ml a la vez. Se usaron filtros Millipore con apertura de poro de $0.45\mu\text{m}$, en el cual aísla el fitoplancton. El filtro se colocó en un tubo de ensayo graduado de plástico (Cornie 10 ml), con acetona al 90% (logrando que el pigmento se libere) dejándose reposar por un lapso de 24 horas en refrigeración.

Posteriormente, las muestras se centrifugaron, utilizando una centrifuga Solbat C-600 a 3000 revoluciones por minuto, durante un tiempo de 10 minutos, con el objetivo de separar los pigmentos y suspenderlos en la acetona.

Finalmente se realizaron lecturas de absorbancia (630nm, 647nm, 664nm) del sobrenadante, empleando el espectrofotómetro Thermo Spectronic Genesys 20. Para calibrar el equipo se usó un blanco de acetona al 90%, la cual reposo 24 horas con las muestras colectadas.

La concentración de clorofila se determinó mediante las lecturas obtenidas aplicando la siguiente fórmula:

$$Chla \text{ mg/m}^3 = (Ca \cdot v) / (V \cdot 10)$$

Dónde:

$$Ca = (11.85 \cdot E664) - (1.54 \cdot E647) - (0.08 \cdot E630)$$

v = volumen de la acetona

V = volumen de la muestra filtrada

Chla = Clorofila a

Todos los datos serán tratados con el programa Excel 2007.

Análisis estadístico

Con el propósito de conocer los cambios en la estructura de las comunidades del zooplancton se realizó el siguiente análisis:

El Análisis multivariado es un conjunto de métodos estadísticos y matemáticos, destinados a describir e interpretar los datos que provienen de la observación de varias variables estadísticas, estudiadas conjuntamente. En un sentido amplio, el análisis multivariado hace referencia a cualquier método estadístico que analice simultáneamente múltiples características en cada uno de los individuos o muestras objeto de la investigación. Sin embargo, para que un análisis sea considerado verdaderamente multivariado, todas las variables deben de ser aleatorias y deben de estar interrelacionadas de tal manera que los diferentes efectos no puedan ser interpretados de manera independiente. Se considera como técnica multivariante al análisis de correspondencia canónica (CCA).

El análisis de correspondencia canónica (CCA) es una técnica multivariante que permite representar en un espacio geométrico de dimensiones próximas existentes un conjunto de objetos condicionado por una serie de variables predictoras. El CCA es una técnica de ordenación restringida, lo que significa que la ordenación de los objetos representa solamente la estructura de los datos que maximiza la relación con una segunda matriz de variables predictores. Normalmente el CCA relaciona dos matrices: la matriz de variables dependientes y la matriz de variables independientes. La

relación entre ambas matrices se hace por medio de técnicas de regresión multivariante (Legendre y Legendre, 1998).

En el CCA, la variabilidad es explicada por los ejes de ordenación que se generan de la relación de los datos, donde generalmente toda la información se resume en los primeros 2 o 3 ejes.

Para la aplicación de dichos métodos estadísticos fue necesaria la estandarización de los datos, es decir, para que la magnitud de los números fuera similar entre sí, las siguientes ecuaciones matemáticas fueron aplicadas:

- $y' = y' / y \text{ máx}$ (Físico- químicos)
- $y' = \log (yi + 1.1)$ (Datos biológicos)

Una vez estandarizados se usó el software MVSP 3.2, mediante el cual fue posible crear los análisis estadísticos para observar la influencia de las variables ambientales tales como: temperatura del agua, saturación de oxígeno, oxígeno disuelto y conductividad, y abundancia, riqueza específica en cada uno de los sistemas estudiados para determinar su influencia en ellos.

RESULTADOS

RIQUEZA ESPECÍFICA (S)

Se presenta a continuación el inventario taxonómico de los grupos del zooplancton registrado en ambos sistemas a lo largo del estudio (Tabla 1).

Se reporta la presencia de 26 especies, comprendidas en 4 órdenes, 12 familias y 17 géneros. El mayor número de especies corresponde al grupo de los rotíferos con 22 (90%), seguido de los copépodos con 2 (8%) especies representantes y finalmente cladóceros y ostrácodos reportan 1 (2%) especie para cada caso.

Se determinó que el sistema correspondiente al cenote “Maravillas” presenta 23 de las 26 especies registradas, mientras que el sistema pileta “UQROO” presentan 9 de las 26, con ausencia de cladóceros. Ambos sistemas presentaron una composición específica muy diferente entre ellos, ya que solo compartieron 6 especies entre ellos (Tabla 1). A su vez en el cenote “maravillas” se encontraron estadios en desarrollo de copépodos (nauplios y juveniles CI, CII, CIII, CIV Y CV), lo cual hace que este sistema presente una amplia riqueza.

Tabla 1. Taxas registradas en el estudio. Donde 1= Pileta UQROO 2= Cenote Maravillas, localizados en Cozumel, Quintana Roo. (*)Nuevos registros en el sitio de estudio, (x) presencia y (-) ausencia.

Especies	1	2
SUBCLASE: MONOGONONTA		
ORDEN: PLOIMIDA		
Familia: Brachionidae		
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse 1851)	x	x
<i>Brachionus patulus</i> (O.F. Müller 1786)	-	x
<i>B. angularis</i> (Gosse 1851) *	-	x
<i>Keratella americana</i> Carlin 1943	-	x
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg 1832)	-	x
Familia: Mytilinidae		
<i>Mytilina bisulcata</i> (Lucks 1912)*	-	x
Familia: Colurellidae		
<i>Lepadella patella</i> (O.F. Müller 1786)	x	-
<i>L. rhomboides</i> (Gosse, 1886)	-	x
<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg 1832)*	-	x

Familia: Lecanidae

<i>Lecane bulla</i> (Gosse 1851)	X	X
<i>L. closterocerca</i> (Schmarda 1859)	-	X
<i>L. hastata</i> Harring 1913 *	-	X
<i>L. hamata</i> (Stokes 1896)	X	X
<i>L. elsa</i> Hauer 1931	-	X
<i>L. luna</i> (O.F. Müller 1776)*	-	X
<i>L. quadridentata</i> (Ehrenberg 1832)	-	X

Familia: Notommatidae

<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg 1832)*	-	X
---	---	---

Familia: Trichocercidae

<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)*	X	X
--	---	---

Familia: Synchaetidae

<i>Polyarthra</i> cf. <i>dolichoptera</i> Idelson , 1925*	-	X
<i>P. vulgaris</i> Carlin 1943	X	-

Familia: Dicranophoridae

<i>Dicranophorus epicharis</i> Harring & Myers, 1928*	-	X
---	---	---

CLASE: Digononta

ORDEN: Bdelloidea

Familia: Philodinidae

sp.	X	X
-----	---	---

SUBCLASE: Crustacea

ORDEN: Anomopoda

Familia: Daphniidae

<i>Ceriodaphnia cornuta</i> (Sars 1885)	-	X
---	---	---

SUBCLASE: Ostracoda

ORDEN:

Familia:

sp.	X	X
-----	---	---

SUBCLASE: Copepoda

ORDEN: Cyclopoida

Familia: Cyclopidae**Subfamilia: Cyclopinae**

<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer 1936)		X
<i>Mesocyclops</i> sp	X	

Algunos de los organismos colectados fueron depositados en la Colección de Referencia de El Colegio de la Frontera Sur, usando el prefijo: ECO-CH-Z0, los cuales se pueden consultar en el Anexo 2.

Descripción de nuevos registros

Debido a que la mayoría de las especies reportadas en este trabajo han sido descritas en otros autores, para el presente estudio se realizaron únicamente las descripciones taxonómicas de las especies que constituyen un nuevo registro para la localidad de Cozumel Quintana Roo, las cuales fueron ocho taxas que se presentan a continuación:

***Brachionus angularis* (Gosse 1851)**

Lórica en forma hexagonal con un aspecto ovalado. Margen dorsal anterior de la lorica con dos espinas medias pequeñas, cada espina separada por una muesca en forma de U. Cuenta con un pie amplio, del cual se observan dos dedos cortos y rombos bien marcados. La superficie del cuerpo es generalmente rugosa y en ocasiones ligeramente opaca (Koste y Shiel, 1987; Jersabek y Leitner, 2014) (Fig. 8 A-D).

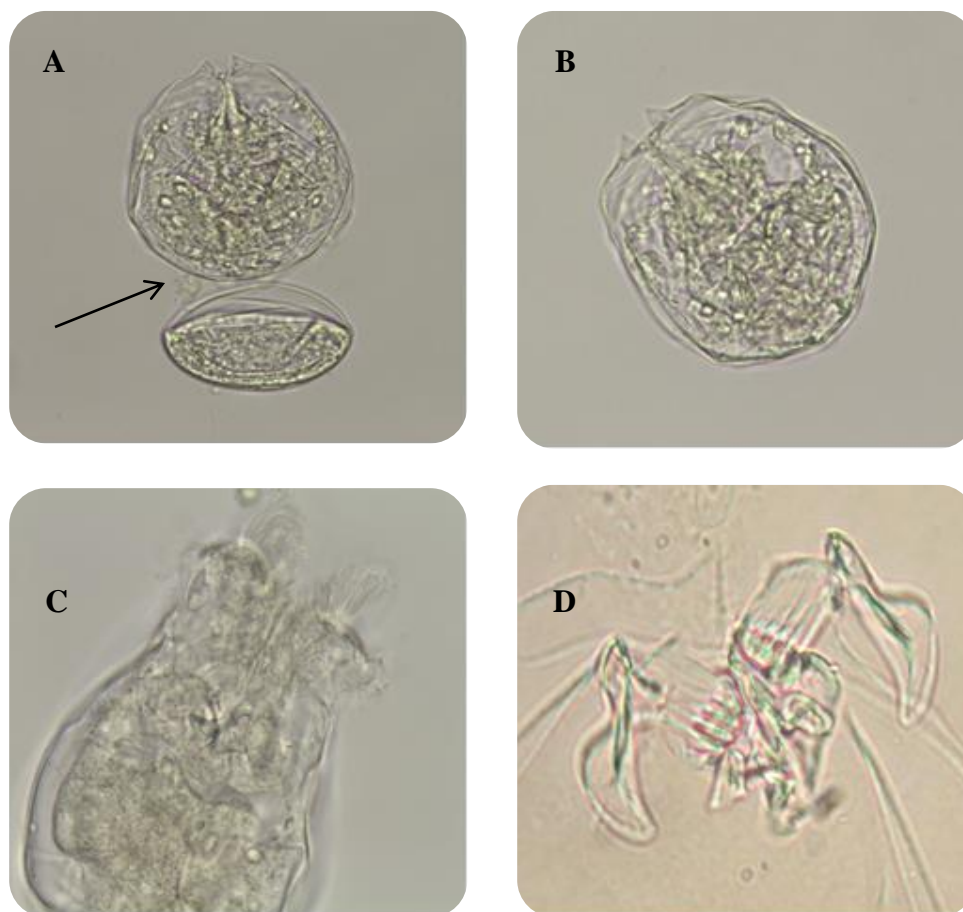


Fig. 8. *Brachionus angularis* A) Vista ventral del organismo con la presencia de un huevo subitáneo, se observa una porción del pie B) Vista ventral del organismo sin la presencia de huevo subitáneo, se puede apreciar la lórica con dos espinas detalladas en forma de U. C) Vista ventral del organismo, se observa la contracción de la corona ciliar. D) Mástax del organismo.

***Mytilina bisulcata* (Lucks 1912)**

DESCRIPCIÓN: Se observa una lorica con pliegues en el margen anterior ligeramente plana con una formación tipo arco en el borde anterior cercano a la cabeza. Con tres estructuras dorsales en la vista anterior similares a una quilla, los dedos son largos y puntiagudos (Serranía-Soto, 1996) (Fig. 9 A-C).

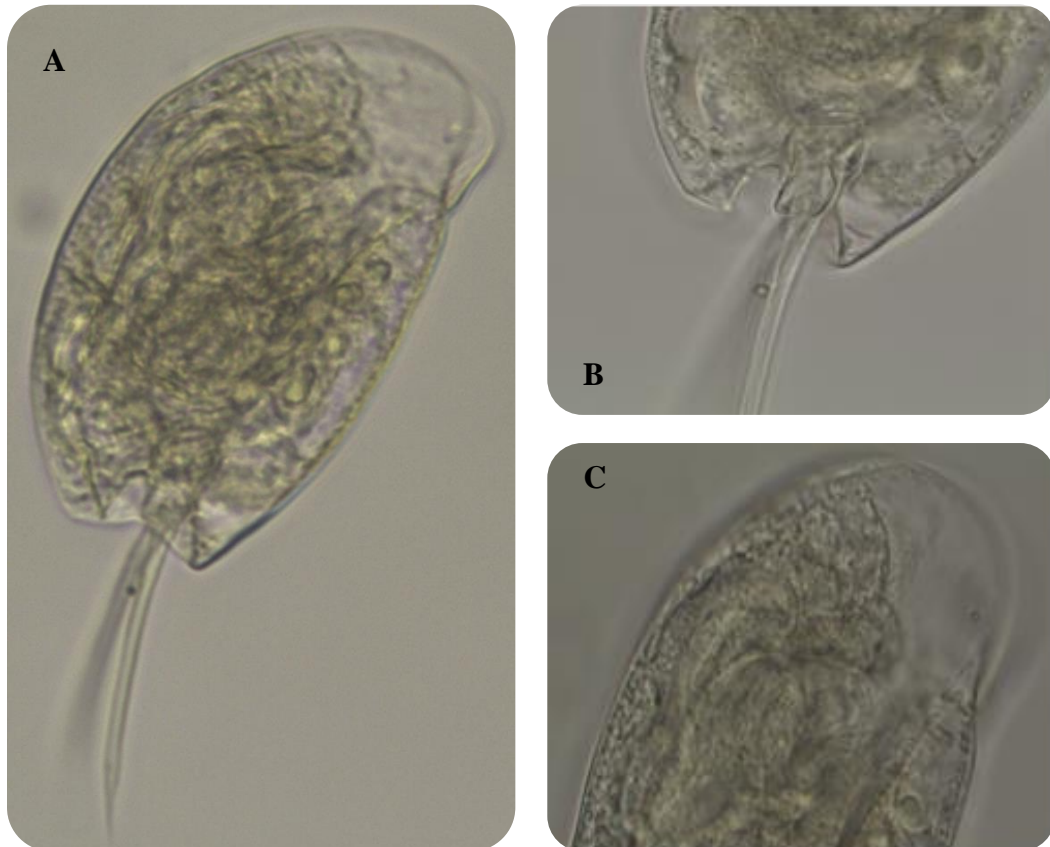


Fig. 9. *Mytilina bisulcata* A) Morfología general del organismo B) Detalle en la parte anterior del organismo, se puede observar la estructura dorsal de donde salen un par de dedos largos C) Detalle de la cabeza.

***Squatinella mutica* (Ehrenberg, 1832)**

DESCRIPCIÓN: Este organismo presenta un cuerpo ovoide, en la cabeza y la corona ciliar se encuentran bajo un escudo hialino semicircular, la lórica tanto dorsal como ventral son lisas. La parte posterior del cuerpo es redondeada. EL pie está formado por dos segmentos y presenta dos dedos largos, que terminan en puntas agudas, sin la presencia de uñas o pseudouñas (Koste, 1978) (Serranía-Soto, 1993) (Fig.10 A-C).

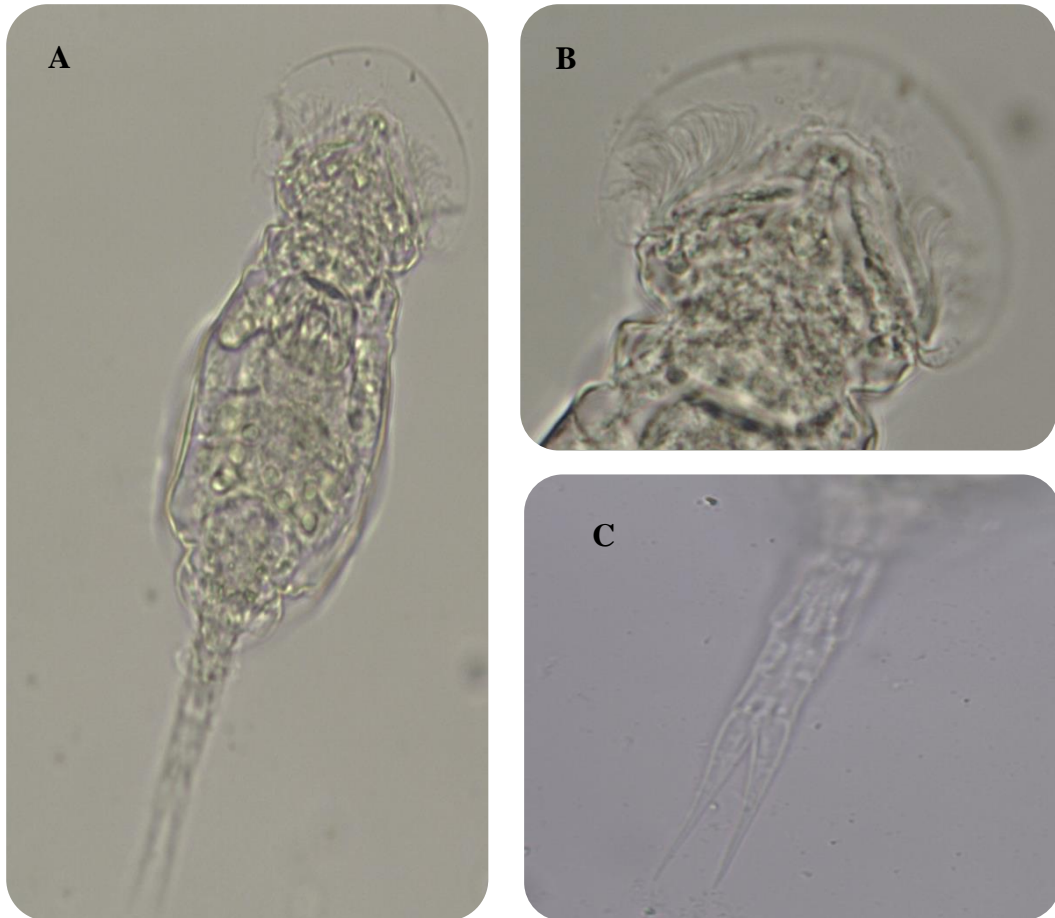


Fig. 10. *Squatinella mutica* A) Morfología general del organismo que presenta un cuerpo ovoide B) Detalle en la cabeza, la cual posee un escudo hialino semicircular el cual cubre la corona ciliar. C) Detalle en el pie, el cual esta segmentado en dos partes y presentan dos dedos largos que terminan

***Lecane hastata* (Harring, 1913)**

Placa dorsal casi tan estrecha como la placa ventral, con algunos pliegues longitudinales ligeramente lisos. El margen de la apertura de la cabeza es recto o ligeramente convexo en la parte dorsal, con la presencia de espinas antero laterales coincidentes con el margen. La placa del pie es ancha con placas coxales triangulares redondeadas, cuya base de donde salen los pies es aparentemente bordo, distal en la proyección media. Los pies son largos y paralelos completamente separados con la presencia de uñas separadas con una pequeña muesca proyectada (Segers, 1995) (Jersabek y Bolortsetseg, 2010) (Fig.11 A-D).

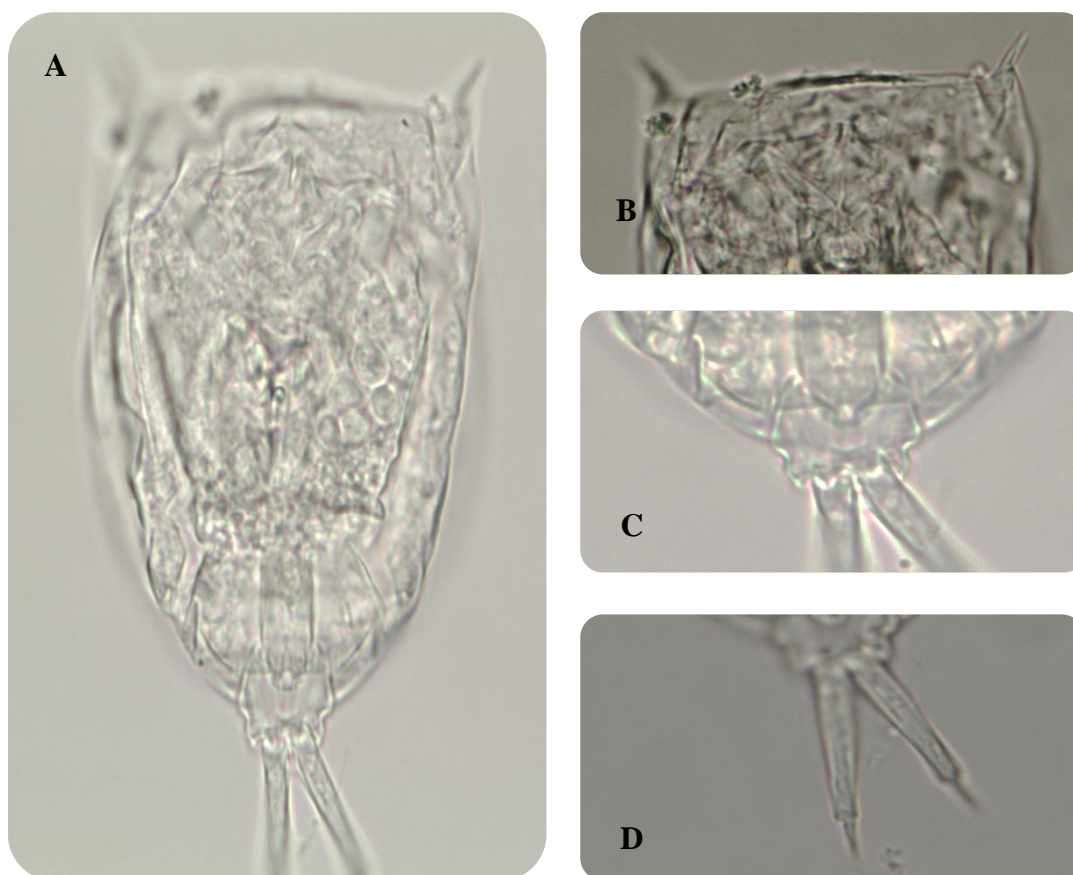


Fig. 11. *Lecane hastata* A) Morfología general del organismo, presenta placas dorsales y ventrales del mismo tamaño B) Detalle de la cabeza, se puede apreciar el margen completamente recto con la presencia de dos espinas antero laterales visibles C) Placa dorsal del pie, donde se puede observar ligeramente bordeada. D) Los pies son largos y paralelos completamente separados con la presencia de uñas en punta.

***Polyarthra cf. dolichoptera* Idelson, 1925**

Los rotíferos pertenecientes a este género, se caracterizan por poseer una serie de musculatura estriada a lo largo de la parte dorsal. Sus pínulas poseen un contorno dentado. Se pueden observar la zona de inserción de las aletas o remos que son semejantes a una ramificaciones bastantes visibles, las cuales son casi del mismo tamaño del cuerpo, las cuales se impulsa mediante una gran fuerza que ejercen los músculos ahí concentrados. En ocasiones se puede observar la presencia de huevos diploides los cuales tienen una cascara durable para sobrevivir las condiciones climatológicas (Jersabek y Bolortsetseg, 2010), (Jersabek y Leitner, 2014) (Fig. 12. A-C).

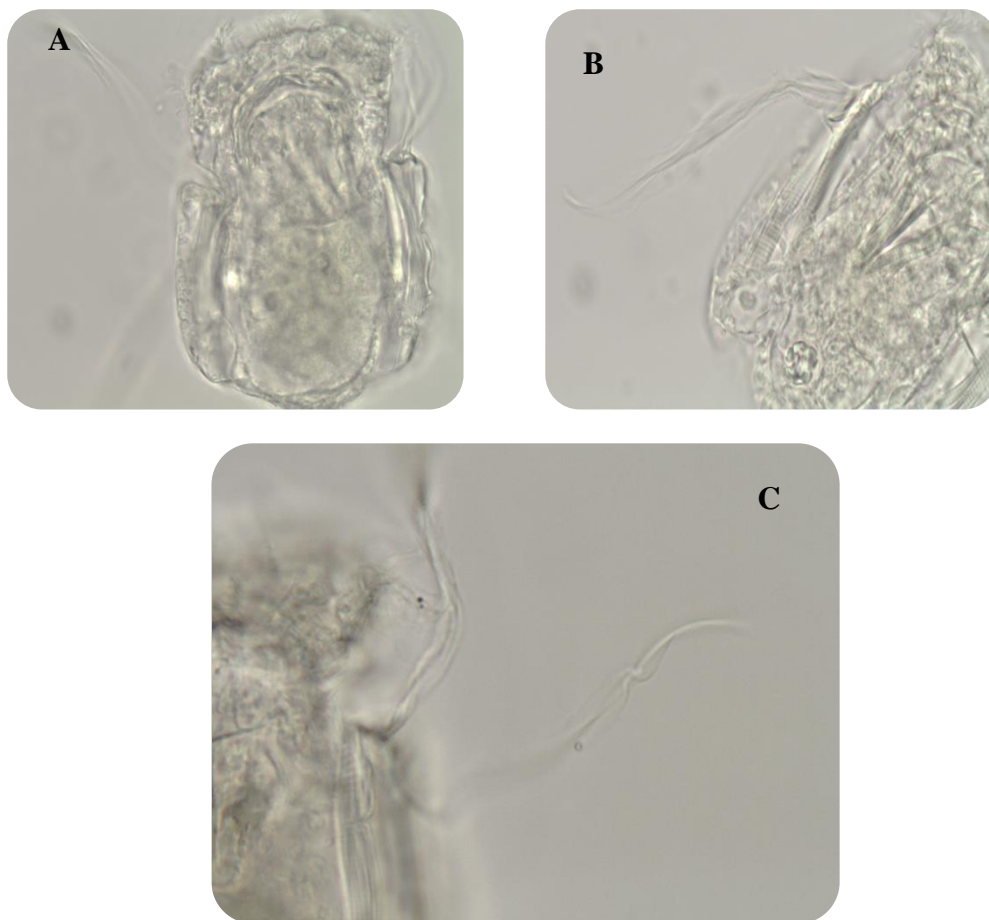


Fig. 12. *Polyarthra cf. dolichoptera* A) Morfología general del organismo B) Acercamiento a la musculatura estriada sobre la parte dorsal del organismo C) Segunda sección donde se observa la inserción de las aletas o remos delanteros.

***Cephalodella forficula* (Ehrenberg, 1938)**

DESCRIPCIÓN: El cuerpo es alargado, donde es notable la diferencia entre la cabeza y el tronco. Presenta una loriga suave y flexible sin placas. Se presentan dedos característicos, los cuales son cortos, robustos y recurvados, en su parte dorsal cuentan con una espina ligeramente larga y por encima de esta se encuentra una pequeña hilera de espinas o espículas (Serranía-Soto, 1993), (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998) (Fig.13. A y B).

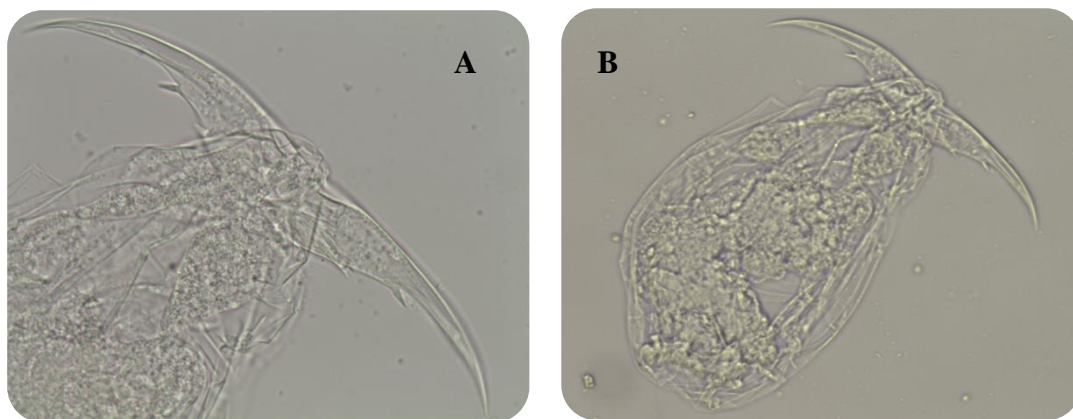


Fig. 13. *Cephalodella forficula* A) Se aprecia con detalle la forma del pie, del cual se observa dos dedos característicos los cuales son cortos, robustos y recurvados B) Morfología general del organismo.

***Trichocerca pusilla* (Jennings, 1903)**

Cuerpo cilíndrico, lateralmente está comprimido, dedo largo, aparato rotatorio bien desarrollado. Pie en forma cónica corto ligeramente torcido, del que se extiende un dedo visiblemente largo con ausencia de pseudouñas. En el marco de la cabeza se presenta una espina proyectada de forma lateral (Koste, 1978) (Fig.14 A y B).



Fig. 14. *Trichocerca pusilla* A) Morfología general del organismo el cual presenta un cuerpo cilíndrico B) Mástax del organismo.

***Dicranophorus epicharis* (Harring y Myers 1928)**

DESCRIPCIÓN: El cuerpo es delgado y elongado, posee una cabeza larga (1/3 de la longitud del cuerpo), con surcos a cada lado del mismo que hacen distinguibles la parte dorsal y la ventral del cuerpo. El pie es bastante largo y grueso mientras que sus dedos son cortos y rectos (ocasionalmente pueden ser ligeramente curvados) que terminan en puntas cónicas. El ramus del trofi cuenta con dos dientes anteriores gruesos y el margen interno de cada ramus tiene de 8 a 9 dientes que disminuyen en tamaño hacia el fulcrum, los uncus son largos y casi rectos con un diente ventral grande y otro dorsal más pequeño. Mide entre 325 y 380 micras y los dedos entre 45-60 micras, mientras que el mástax mide alrededor de 60 micras. (De Smet y Pourriot, 1997) (Fig.15. A-D).

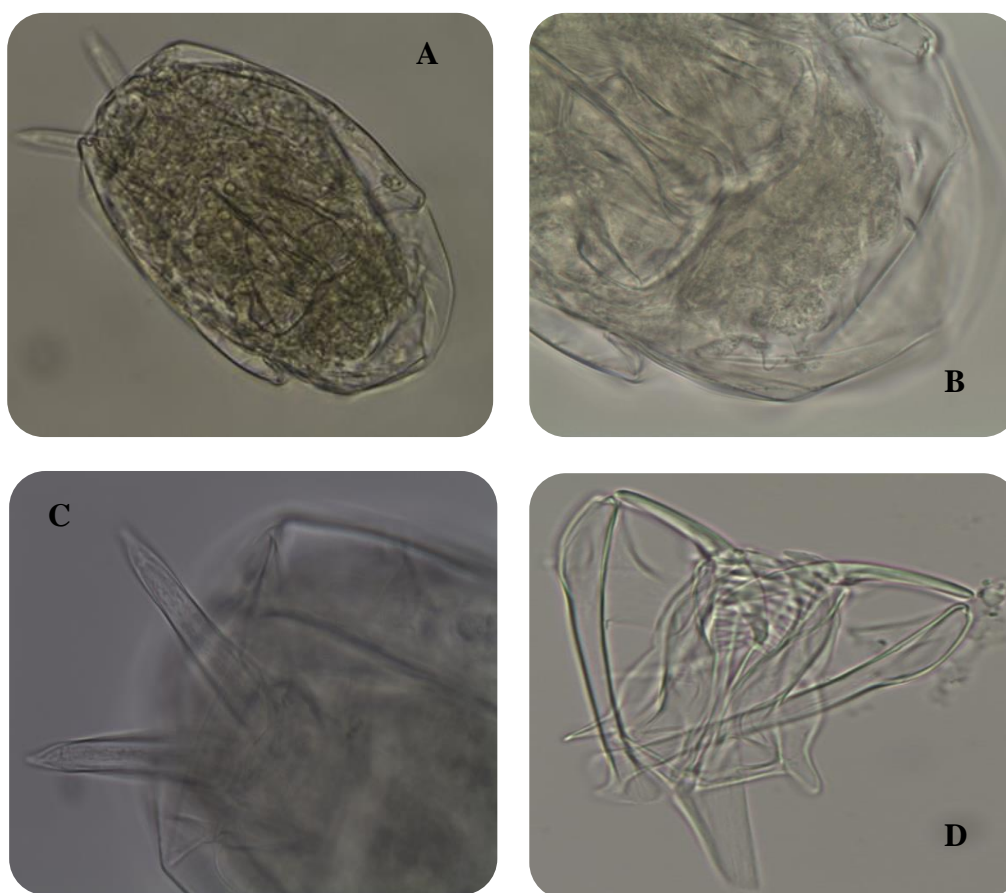


Fig. 15. *Dicranophorus epicharis* A) Morfología general del organismo, el cual presenta un cuerpo delgado y alargado B) Detalle de la cabeza, la cual representa prácticamente 1/3 parte del cuerpo C) Detalle del pie, posee dos dedos cortos y rectos los cuales terminan en puntas cónicas. D) mástax del organismo el cual tiene una medida de 60 micras aproximadamente.

ABUNDANCIA DEL ZOOPLANCTON

De manera general el comportamiento de la abundancia en ambos sistemas (Pileta UQROO y Cenote Maravillas) presentó cambios notables durante el periodo de muestreo, es decir en la transición de una interfase climática a otra, esto se evidencia con el aumento y decremento de este parámetro en las especies encontradas. Para una mejor apreciación de los resultados, se construyeron gráficas en donde los organismos fueron agrupados de acuerdo a sus abundancias, utilizando el logaritmo base 2 (Log_2) para aquellas especies que en rangos normales no sería posible observar su comportamiento, quedando la clasificación de la siguiente manera:

- ❖ Mayor a 1000 individuos por litro ($> 1000 \text{ ind/L}$)
- ❖ Menor o igual a 1000 individuos por litro (≤ 1000)
- ❖ Menor a 100 individuos por litro ($< 100 \text{ ind/L}$)

Pileta UQROO

Para este sistema, la mayor abundancia total se presentó durante la transición correspondiente a nortes-secas (22678.34 ind/L), mientras que la mínima se reportó durante la transición lluvias-nortes (2940.9 ind/L) (Fig. 16).

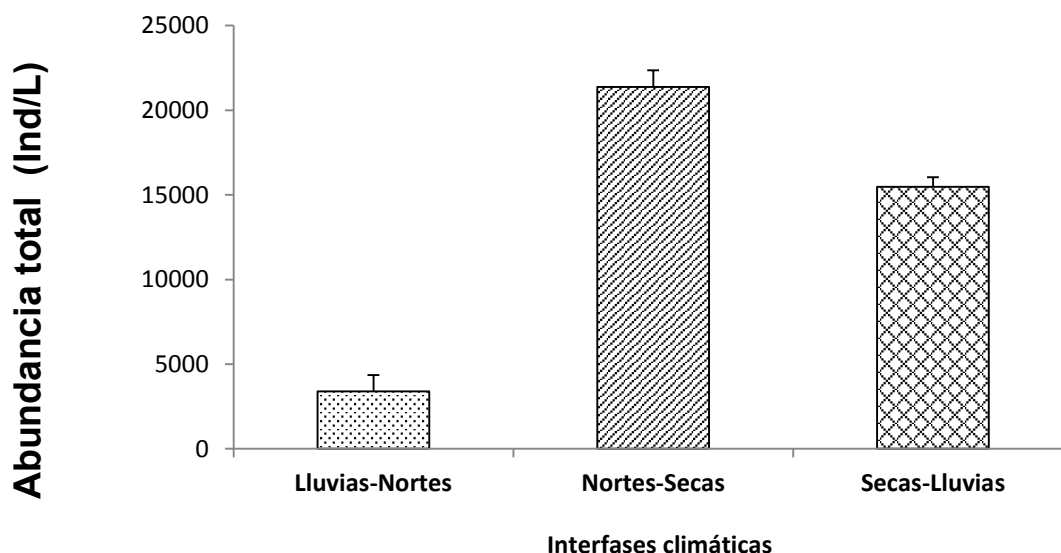


Fig. 16. Comportamiento de la abundancia total en cada transición a lo largo del estudio de la Pileta UQROO.

Se puede observar que la especie que presentó la abundancia más elevada durante todo el tiempo de muestreo fue *A. fissa* (Fig.18), su máxima se registró durante la transición correspondiente a secas-lluvias (2336.8 ± 36.5 ind/L). Sin embargo es notable durante la etapa temprana de la interfase lluvias-nortes tiene un pico de abundancia alta de 675.6 ± 18.6 ind/L, la cual tiende a disminuir hasta desaparecer en la fase tardía de la misma interfase.

Otras dos especies con abundancias altas fueron, *P. vulgaris* y *T. pusilla*, que presentaron una máxima de 524 ± 15.2 ind/L (nortes-secas) y 510.6 ± 8.6 ind/L (secas-lluvias) respectivamente, ambos son ausentes durante la interfase de lluvias-nortes y en el caso de *T. pusilla* se observa además su ausencia en la fase temprana de la interfase nortes-secas, para posteriormente presentarse en la etapa media de la interfase para aumentar considerablemente hasta su abundancia más elevada (Fig.18).

Se identificaron además dos especies cuyas abundancias además de presentar valores considerablemente elevados, se observa su constante presencia durante todo el tiempo de estudio, que fueron *L. patella* y *Bdelloidea* sp, con abundancias máximas de 390.3 ± 17.2 ind/L y 213.6 ± 3.9 ind/L respectivamente durante la transición correspondiente a lluvias-nortes (Fig. 17).

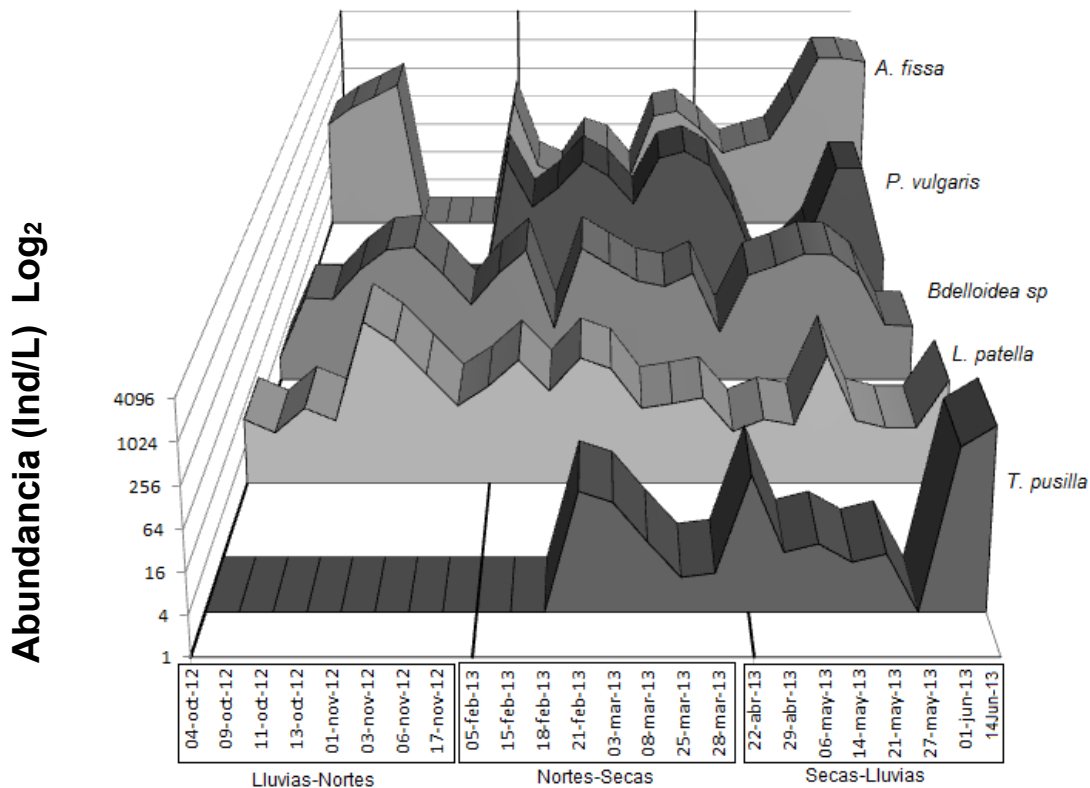


Fig. 17. Comportamiento de la abundancia de las especies con más de 1000 ind/L correspondiente a la Pileta UQROO.

En cuanto a los organismos reportados en este trabajo, con abundancias menores a los 100 ind/L, se encuentra *Ostracoda* sp que presentó valores máximos de 76.2 ± 1.4 ind/L, el además mantuvo una constante presencia en todo el período de estudio (Fig.18).

Para el caso de los copépodos, se identificó únicamente a *Mesocyclops* sp, su máxima se registró durante la interfase de secas-lluvias (37.7 ± 5.2 ind/L), con una ausencia total durante lluvias-nortes y nortes-secas se nota además una ausencia parcial durante el comienzo de la interfase secas-lluvias (Fig.18).

Finalmente, durante la transición de secas-lluvias, se observa que *L. bulla* y *L. hamata* con presentan sus máximas abundancias con 87.2 ± 3.6 y 10.1 ± 0.3 ind/L respectivamente (Fig. 19). Por otro lado *L. bulla* y *L. hamata* son completamente ausentes durante la interfase lluvias-nortes, esta última especie, esta también ausente en la interfase de nortes-secas (Fig.18).

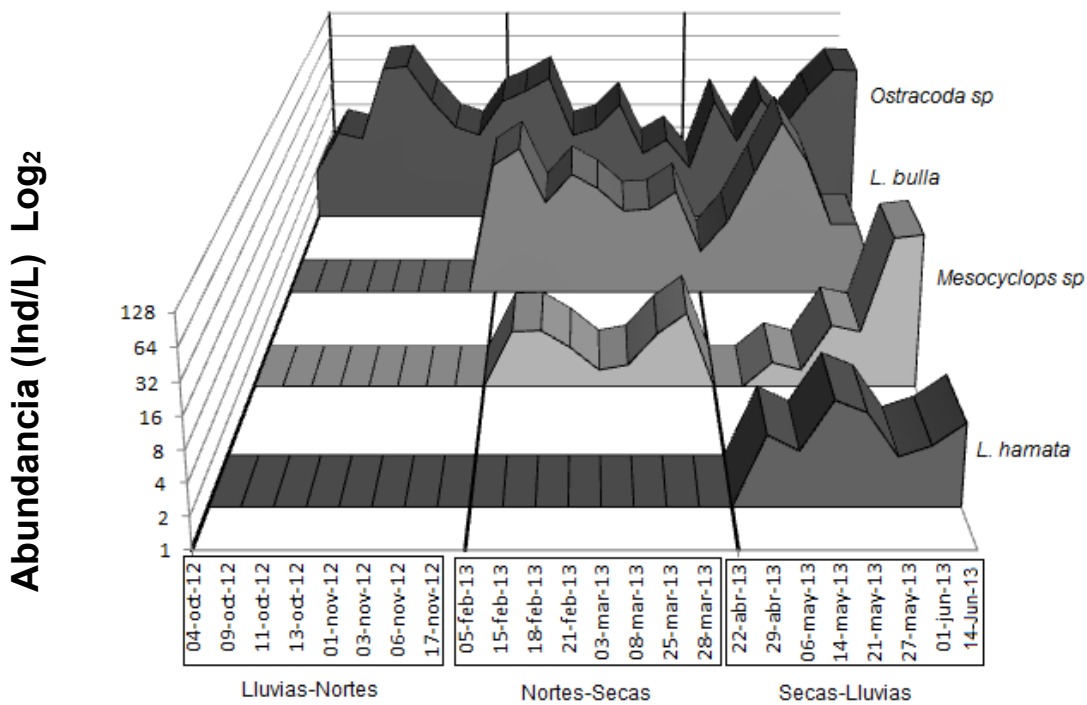


Fig. 18. Comportamiento de la abundancia de las especies con ind/L igual o menor a 1000 en la Pileta UQROO.

Cenote Maravillas

En este sistema se encontró la mayor abundancia total durante la transición correspondiente a nortes-secas con 21,379.3 ind/L, en cuanto a la menor se reportó para la interfase de lluvias-nortes con 3,399.5 ind/L (Fig. 19).

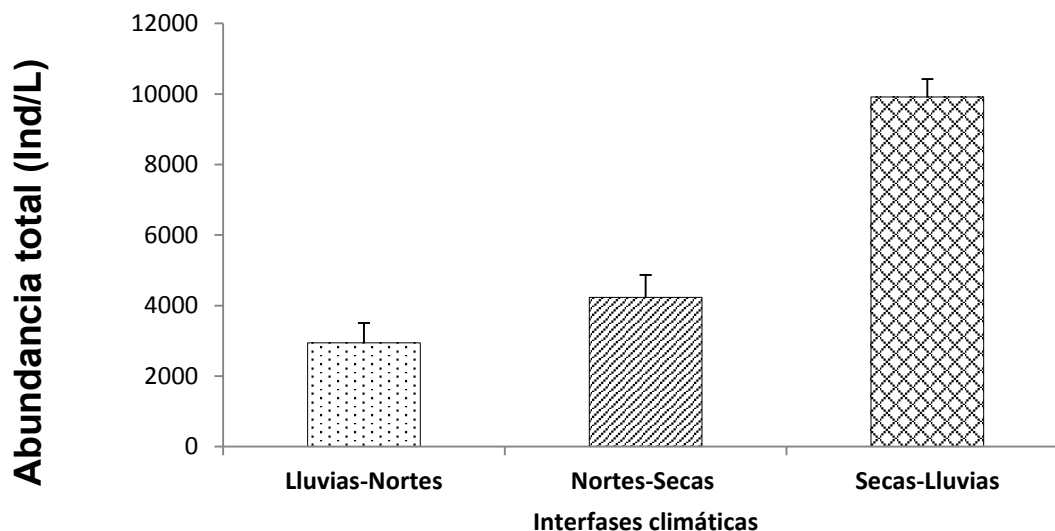


Fig. 19. Comportamiento de la abundancia total en cada transición a lo largo del estudio en el Cenote Maravillas.

Semejante a lo encontrado en el otro sistema bajo estudio (Pileta UQROO) la especie con la mayor abundancia dentro de este sistema fue *A. fissa*, quien presentó su máxima abundancia durante la interfase nortes-secas con $2,523.8 \pm 23.8$ ind/L (Fig. 20), su abundancia presenta dos decrementos visibles, el primero durante la interfase seca-lluvias, disminuyendo a los 1446.1 ± 15.9 ind/L y el segundo durante lluvias-nortes decayendo hasta los 32.6 ± 5.9 ind/L específicamente en la etapa temprana de la interfase (octubre) para posteriormente desaparecer completamente del sistema en la etapa tardía de dicha interfase (noviembre) (Fig. 20).

Aunque *A. fissa* fue la especie con la abundancia más elevada, se puede notar la presencia de al menos dos especie de rotíferos que presentaron valores considerablemente elevados, además de estar presente durante cada transición climática, las cuales fueron *P.cf. dolichoptera* y *T. pusilla*, con abundancias máximas de 1688.9 ± 32.1 ind/L en secas-lluvias y 1632.9 ± 21.1 ind/L nortes-secas (Fig. 20).

Para el caso de *L. bulla*, aunque su presencia es permanente durante todo el período de estudio, su abundancia es inferior a las especies mencionadas con anterioridad, presentando abundancias máximas de 426.9 ± 3.3 ind/L durante la interfase de lluvias-nortes (Fig. 21). *B. angularis* por su parte es completamente ausente durante la interfase de lluvias-nortes, su presencia comienza a registrarse al inicio del período de muestreo de nortes secas con 9.9 ± 0.8 ind/L, teniendo un incremento paulatino y presentando su máxima abundancia (342.2 ± 5.8 ind/L) entre la etapa tardía y etapa temprana de las transiciones de nortes-secas y secas-lluvias, para después permanecer con una abundancia similar hasta finalizar el período de estudio (Fig. 20).

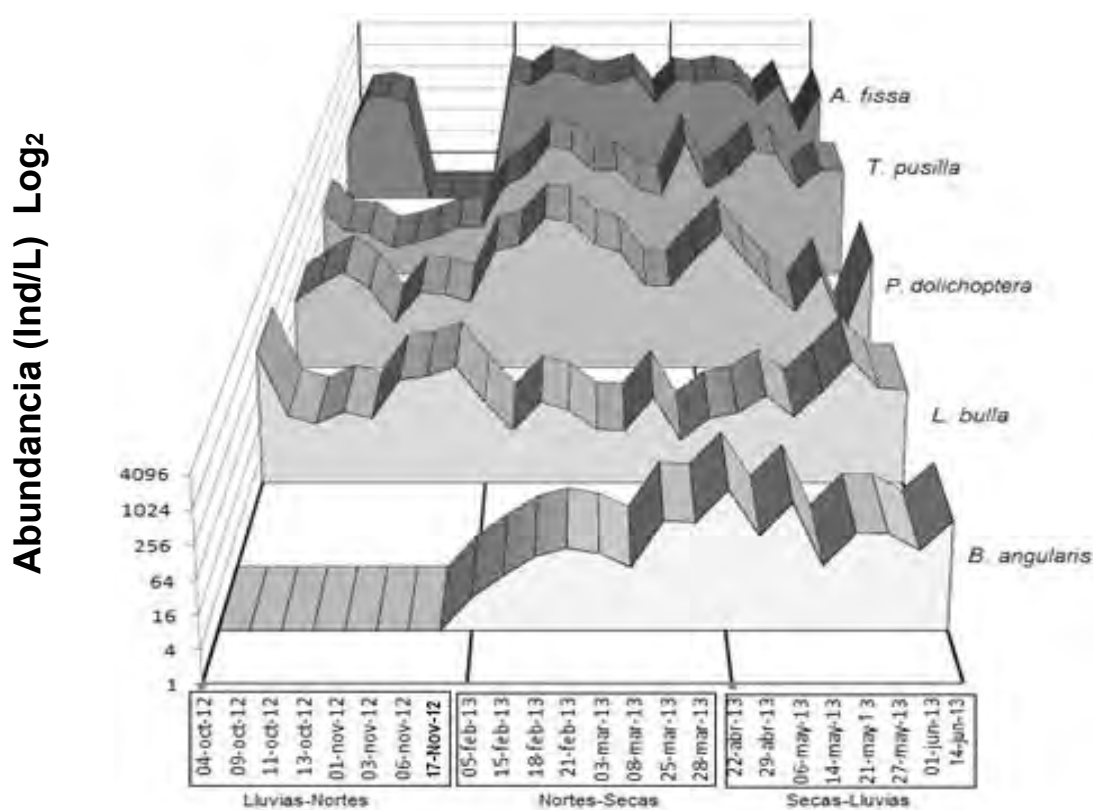


Fig. 20. Comportamiento de las especies de más de 1000 ind/L correspondiente al Cenote Maravillas.

El comportamiento de las especies con abundancias que no rebasaron los 1000 ind/L en sus registros máximos (seis especies), son presentados en la Fig. 21. Se puede observar que *L. hamata*, tienen una presencia continua, con dos picos de incremento en la abundancia, el primero durante la transición de la interfase lluvias-nortes con 38.6 ± 7.8 ind/L y el segundo en la fase final de la transición secas-lluvias con 24.8 ± 2.5 ind/L. Para la transición de nortes-secas las especies que presentaron su máxima

abundancia fueron *L. rhomboides* (106.3 ± 5.8 ind/L) y *Ostracoda* sp (14.3 ± 2.2 ind/L), los cuales de igual manera estuvieron presentes durante todo el tiempo de estudio; para el caso de *Bdelloidea* sp se registró su máxima abundancia en la transición correspondiente a secas-lluvias con 47.2 ± 13.5 ind/L, esta presenta además una serie de declives visibles en la abundancia, sin embargo el cambio más drástico hacia el decremento se reportó para la etapa temprana de la interfase secas-lluvias con donde descendió a 0 ± 0 ind/L. En cuanto al comportamiento en la abundancia de *L. closterocerca* está tiene una presencia estable durante las interfases de lluvias-nortes y nortes-secas, presentando su máxima en esta última transición con 14.0 ± 2.2 ind/L, sin embargo durante la interfase secas-lluvia presenta ausencias en tres ocasiones, la primera en la etapa temprana de la interfase (abril) y dos durante la fase media de la transición (mayo), con un pico de incremento notable de 9.1 ± 1.2 ind/L al finalizar la misma. Finalmente dentro de este grupo se registró a *L. quadridentata* que se presentó únicamente en tres ocasiones a lo largo del período de estudio, con dos picos de abundancia, uno al inicio de la temporada de la interfase lluvias-nortes (96.9 ± 5.8 ind/L) y otro al finalizar (18.5 ± 2.8 ; 76.3 ± 10.5 ind/L) para posteriormente desaparecer completamente del sistema.

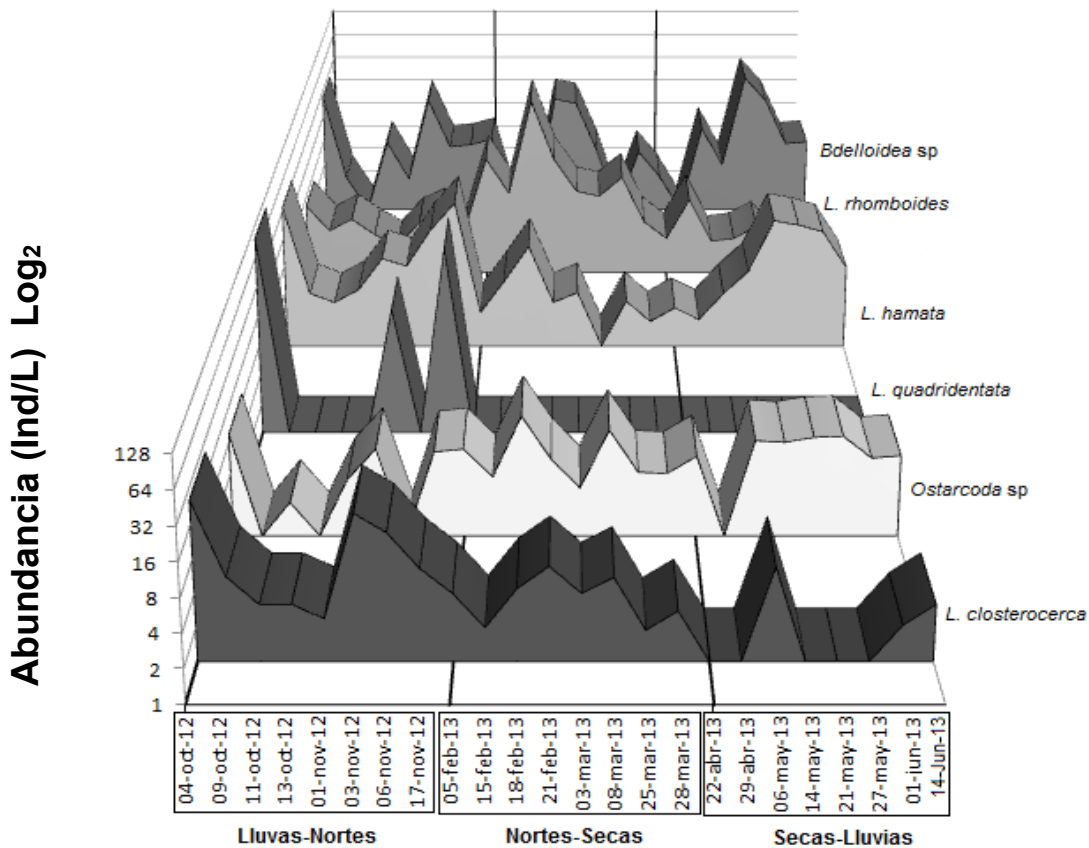


Fig. 21. Comportamiento de las especies con abundancia menor o igual a 1000 ind/L en el cenote maravillas.

Se identificaron siete especies dentro de este sistema, cuyas abundancias no rebasaron los 100 ind/L, las cuales además sólo se encontraron de forma ocasional o única, como lo fue el caso de *K. americana* (1.7 ± 0 ind/L), *B. patulus* (2.1 ± 0 ind/L), *C. forficula* (3.2 ± 1.3 ind/L), *L. luna* (3.9 ± 0.2 ind/L), *L. elsa* (4 ± 1.5 ind/L), *P. quadricornis* (4.9 ± 1.1 ind/L) y el cladóceros *C. cornuta* (1.9 ± 0) (único representante del grupo de los cladóceros) (Fig. 22).

Dentro de este criterio de agrupamiento, pero con una presencia más constante, se encuentra *M. bisulcatala* cual es ausente durante la fase temprana de lluvias-nortes, alcanzando su máxima de 7.39 ± 2.2 ind/L en nortes-secas, se observa además un pico de incremento de la abundancia durante etapa tardía de secas-lluvias (4.6 ± 0.8 ind/L), para *D. epicharis* su máxima abundancia se reporta para la interfase correspondiente a lluvias-nortes con 8.7 ± 1.1 ind/L, es notable su constante presencia a lo largo de todo el período de estudio con pico de aumento durante nortes-secas de 5.7 ± 0.9 ind/L en la etapa media de la interfase. En cuanto a *L. crepida*, se observó que durante la fase media de la transición lluvias-nortes presenta un ligero incremento de 2.1 ± 0.2 ind/L para desaparecer por completo al finalizar la misma, su presencia es más estable durante nortes-secas hasta alcanzar su máxima en la interfase secas-lluvias con 11.3 ± 2.3 ind/L y en el caso de *S. mutica* se registró su máxima abundancia para la transición secas-lluvias con 14.8 ± 3.5 ind/L en la fase temprana de la interfase (abril), su presencia durante la interfase lluvias-nortes es casi nula pues presenta dos ligeros picos de abundancia durante esta transición el primero al inicio en la fase temprana (3.4 ± 1.1 ind/L) y el segundo al concluir la misma (1.5 ± 0.4 ind/L), de igual manera se observa su ausencia durante la fase tardía secas-lluvias (mayo) (Fig.22).

Para el caso de los copépodos se encontró únicamente la presencia de *Thermocyclops inversus*, su máxima abundancia se registró al inicio de la transición correspondiente a lluvias-secas (24.5 ± 5.8 ind/L), con ligeros picos de abundancia al inicio de la interfase nortes-secas, para posteriormente desaparecer en la etapa final de la misma y en la interfase secas-lluvias (Fig. 22).

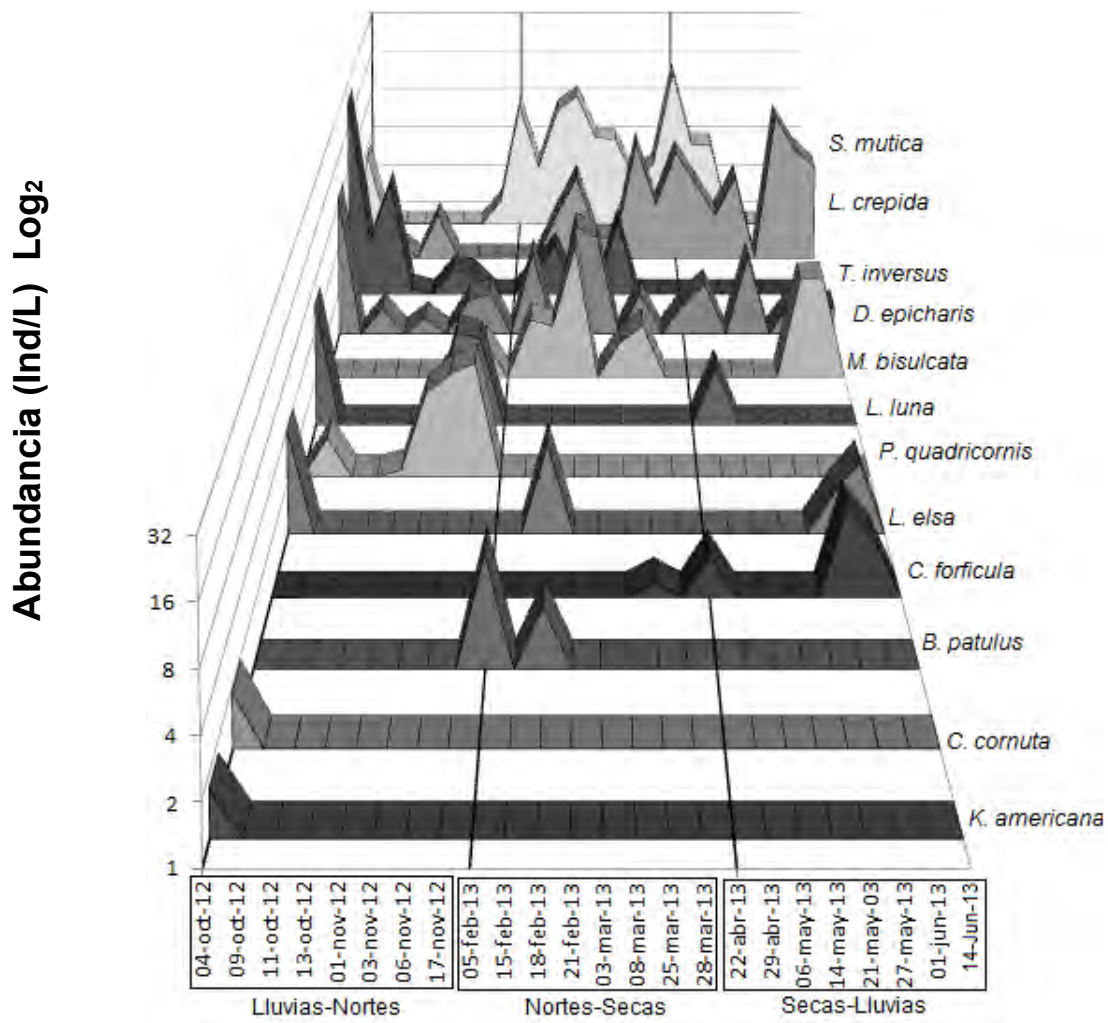


Fig. 22. Comportamiento de las especies con abundancias menores o iguales a 100 ind/L en el cenote maravillas.

ÍNDICE DE DIVERSIDAD

Índice de Shannon – Wiener (H')

De manera general la biodiversidad, medida mediante el índice de Shannon-Wiener (H'), no rebaso 2 bits/ind en ningún cambio de transición, se observó que su comportamiento en los valores obtenidos fue relativamente bajo.

El índice de biodiversidad por cambio de una interfase climática a la siguiente dentro del sistema Pileta UQROO, reporto sus valores mínimos durante la interfase corresponde a lluvias-nortes de 0.47 bits/ind, mientras que sus valores máximos fueron registrados durante nortes-secas con 1.72 bits/ind (Fig. 23).

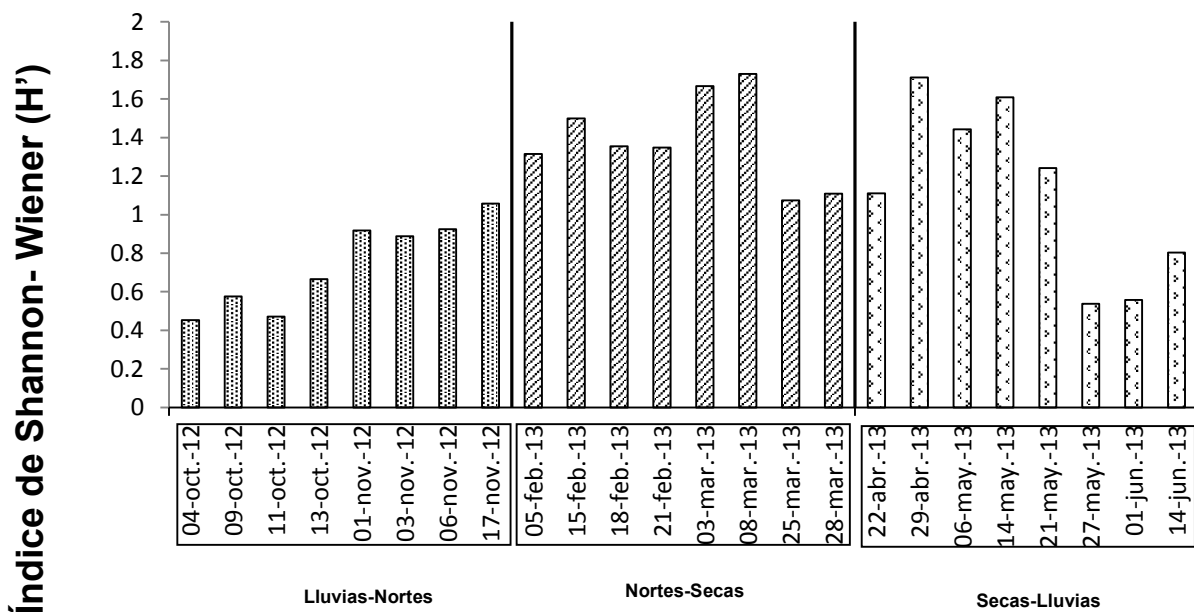


Fig. 23. Comportamiento del Índice de Shannon- Wiener (H') de una interfase a la siguiente en la Pileta UQROO

Para el caso de Cenote Maravillas el comportamiento de esta variable con respecto al cambio de una transición climática a la siguiente registro en su máxima 1.77 bits/ind en lluvias-nortes, mientras para la mínima fue de 0.75 bits/ind nortes-secas (Fig.24).

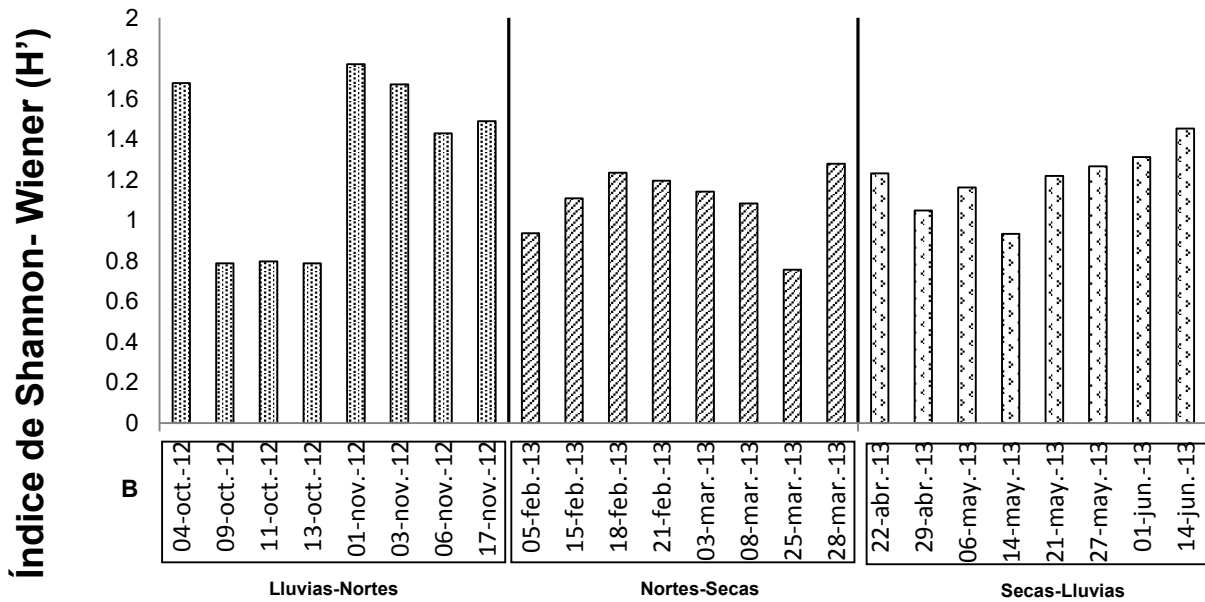


Fig. 24. Comportamiento del Índice de Shannon- Wiener (H') de una interfase a la siguiente en el Cenote Maravillas

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Temperatura ambiental

Se recopiló información relacionada con el comportamiento de la temperatura del ambiente a lo largo del periodo de estudio. Se puede observar que este parámetro incrementa notablemente en la transición de secas-lluvias presentando la temperatura máxima promedio en este periodo con 32 °C, mientras que por el contrario se reporta la mínima promedio de este parámetro en lapso correspondiente a lluvias-nortes con 21°C. Las oscilaciones que se presentan en la gráfica (Fig. 25) corresponden a los promedios registrados en los días de realización del tiempo de estudio.

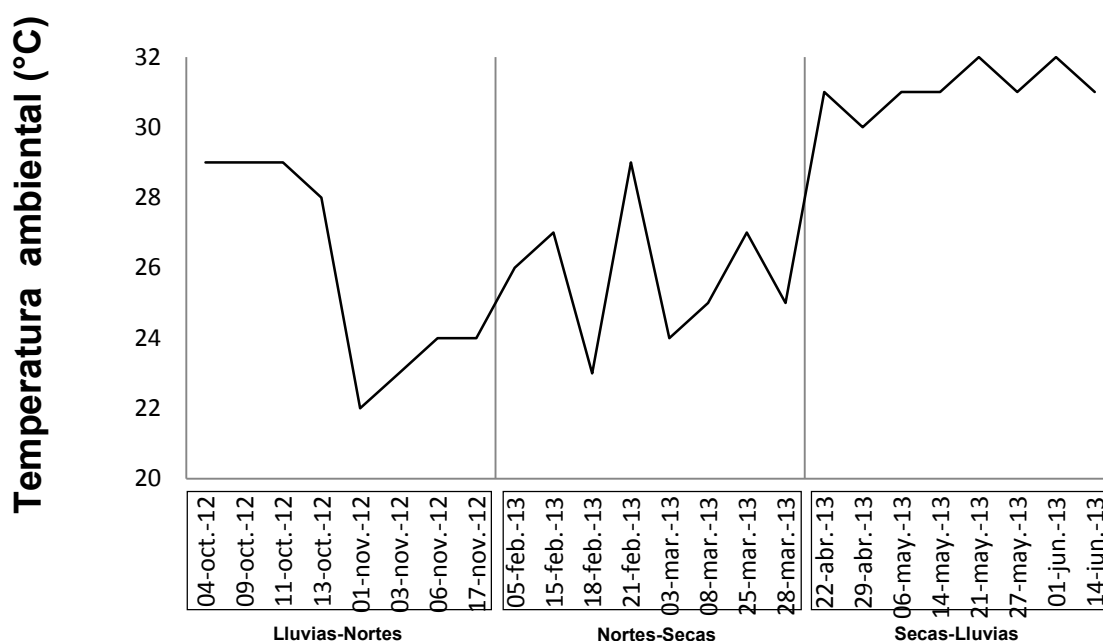


Fig. 25. Comportamiento de la temperatura ambiental durante el periodo de estudio.

Precipitación

Se observa que el comportamiento de la precipitación a lo largo del periodo de estudio muestra una mayor precipitación durante la temporada de lluvias-nortes con lluvias máximas de 44 mm, mientras que la transición nortes-secas se observan oscilaciones de precipitación con valores bajos de esta variable y nula presencia de precipitación en la temporada de transición de secas-lluvias, donde solo se registra una ligera precipitación al final de la misma (2 mm), lo cual es típico de la temporada de secas (Fig. 26).

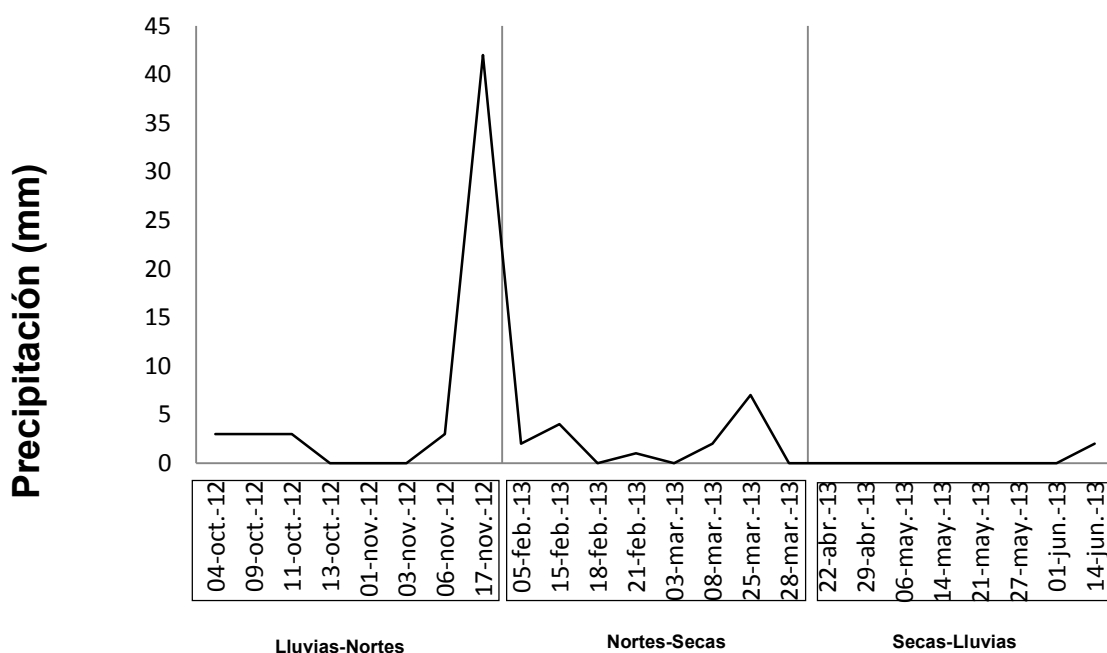


Fig. 26. Comportamiento de la precipitación correspondiente al periodo de estudio.

Temperatura del agua del sistema

Pileta UQROO: La temperatura máxima reportada en este sistema fue de $27.4 \pm 0.1^\circ\text{C}$ en la interfase secas-lluvias; mientras que la mínima se encontró en la interfase nortes-secas con valores de $21.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$.

Se puede observar que el comportamiento de la temperatura entre interfases climáticas fue relativamente diferente, durante la interfase lluvias-nortes se registró un promedio de 24.06°C , mientras que en nortes-secas el promedio general del sistema oscilo en los 22.9°C siendo esta interfase la más fría del estudio, contrario a la transición secas-lluvias la cual que fue la más cálida durante el periodo de muestreo con una temperatura promedio de 26.5°C , manteniéndose de manera constante durante toda la temporada (Fig. 27).

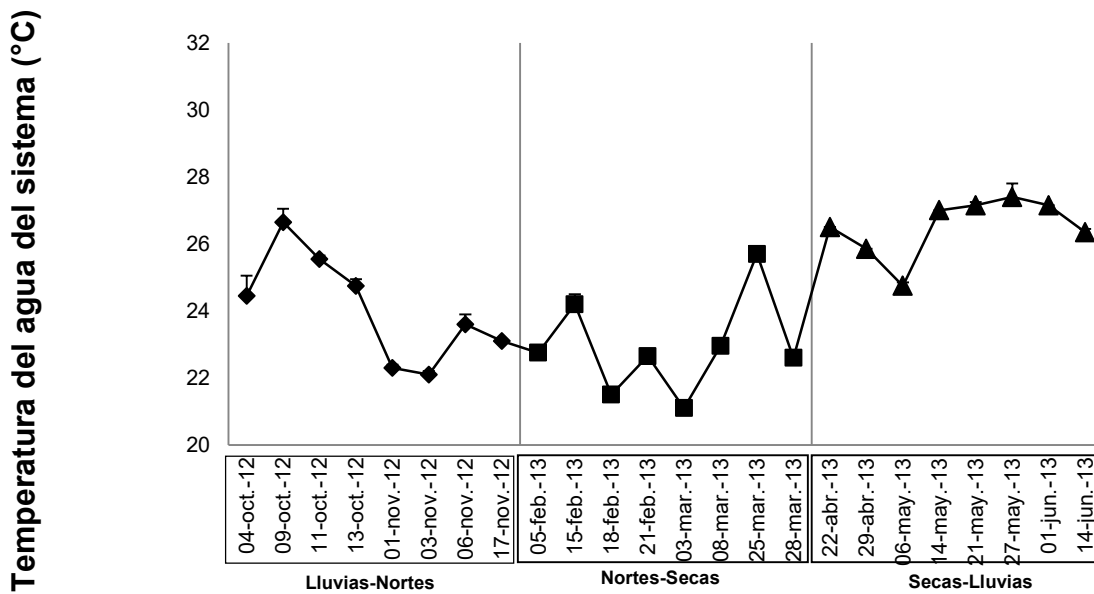


Fig. 27. Comportamiento de la temperatura del sistema durante el cambio de una interfase a la siguiente en pileta UQROO.

Cenote Maravillas: Al inicio de la transición lluvias-nortes existen valores de temperatura elevados, exactamente en la fase temprana de la interfase (29.6 ± 0.2 y 28.4 ± 0.5 °C), para descender al finalizar la interfase hasta 24.1 ± 0.3 °C, sin embargo en este sistema los datos de temperatura máximos se encontraron en la interfase secas-lluvias con 31.35 ± 0 °C con una tendencia a mantener el mismo comportamiento en esa interfase. Al igual que el sistema anterior, los valores mínimos correspondieron a la interfase de nortes-secas con valores de 21.2 ± 0.5 °C (Fig. 28).

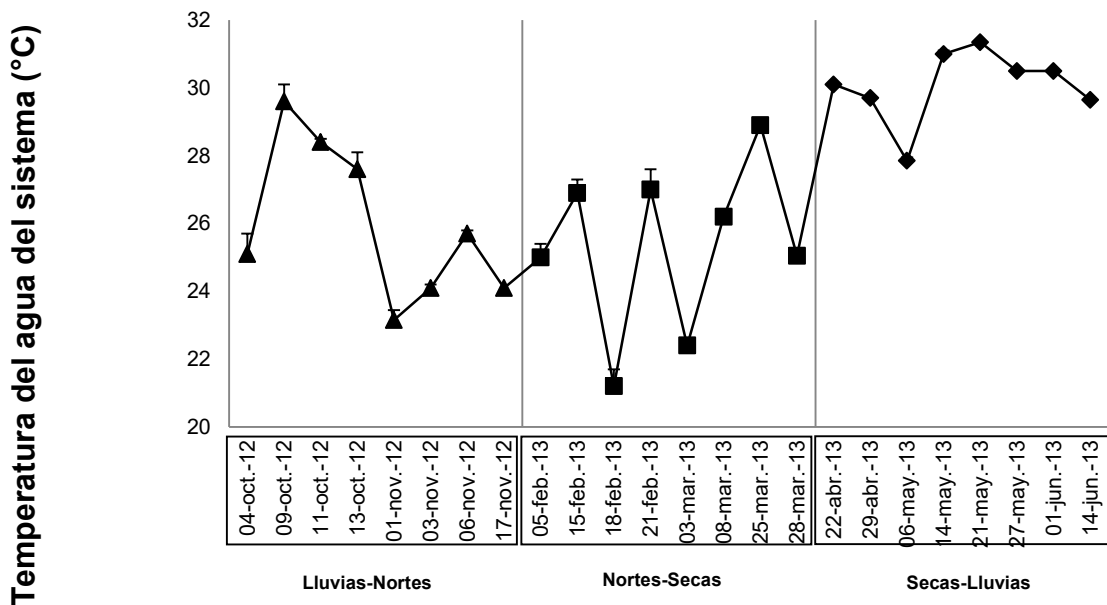


Fig. 28. Comportamiento de la temperatura del sistema durante el cambio de una interfase en el Cenote Maravillas

Oxígeno disuelto

Pileta UQROO: Este sistema presentó una menor concentración de oxígeno disuelto en comparación con el sistema maravillas. En general los resultados mostraron que esta variable química fue relativamente constante; la máxima reportada fue de 7.27 ± 0.7 mg/l (lluvias-nortes), con una tendencia al decremento en las siguientes interfases nortes-secas y secas-lluvias, encontrando el valor mínimo al final de la interfase anteriormente mencionada 0.63 ± 0 mg/l (Fig. 29).

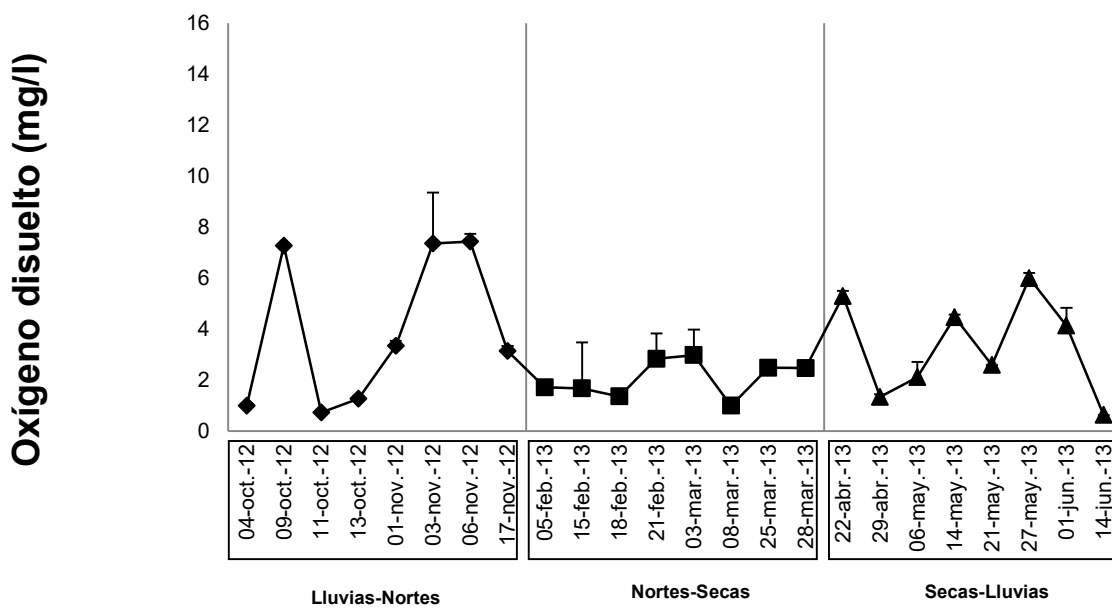


Fig. 29. Comportamiento del oxígeno disuelto durante el cambio de una interfase a la siguiente en Pileta UQROO

Cenote Maravillas: El comportamiento del oxígeno disuelto en este sistema presenta cambios graduales más marcados y bien definidos, de hecho no se observan concentraciones de anoxia, durante el periodo de muestreo. Esto puede apreciarse claramente en oscilaciones reportadas en la interfase lluvias-nortes, siendo dentro de esta misma que se presenta el valor máximo con un pico visible de 14.31 ± 0 mg/l en la etapa media de la transición, mientras que mínima fue de 2.66 ± 1 mg/l en mismo lapso de muestreo de lluvias-nortes. Finalmente se identifica la presencia de otro pico de incremento durante la transición secas-lluvias (5.58 ± 1.2 mg/l) (Fig. 30).

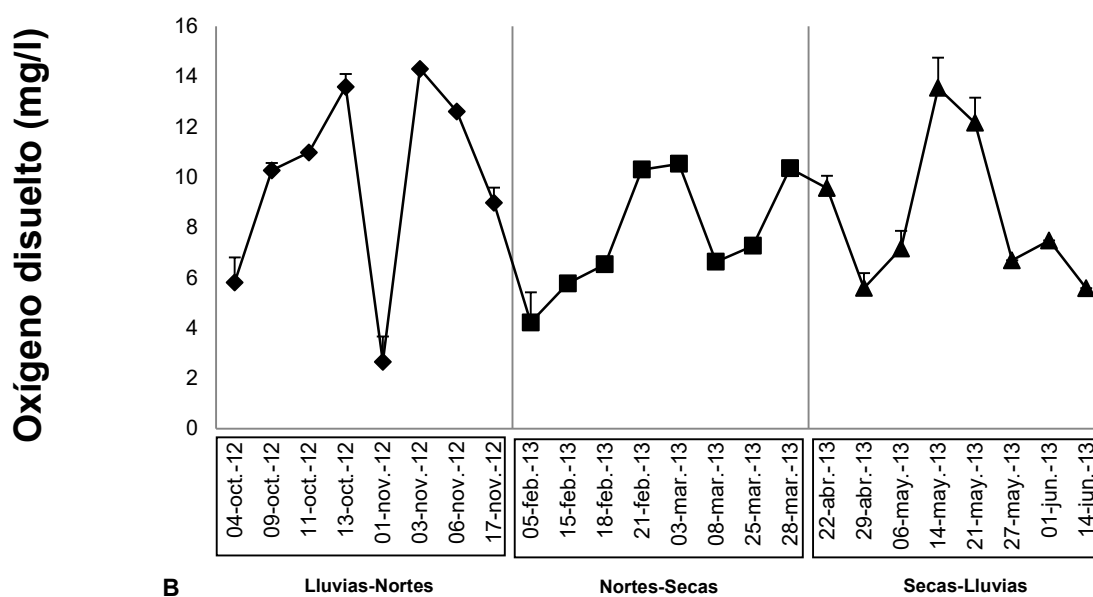


Fig. 30. Comportamiento del oxígeno disuelto durante el cambio de una interfase a la siguiente en Cenote Maravillas

Saturación de oxígeno

Pileta UQROO: El patrón de saturación del oxígeno durante el estudio en este sistema tiene un comportamiento similar en cada interfase de cambio, esta variable presenta una tendencia al aumento y al decremento en cada transición climática, con oscilaciones bien diferenciadas en cada cambio de interfase. En lluvias-nortes se reportó una mínima de $9.4 \pm 1.1\%$, para incrementar drásticamente hasta los $108.7 \pm 2.2\%$; en nortes-secas se presenta el valor máximo registrado de $127.8 \pm 0.1 \%$, que desciende hasta los $66.4 \pm 0.7 \%$, mientras que secas-lluvias decrece hasta la mínima reportada de $8.4 \pm 2.3 \%$ (Fig. 31).

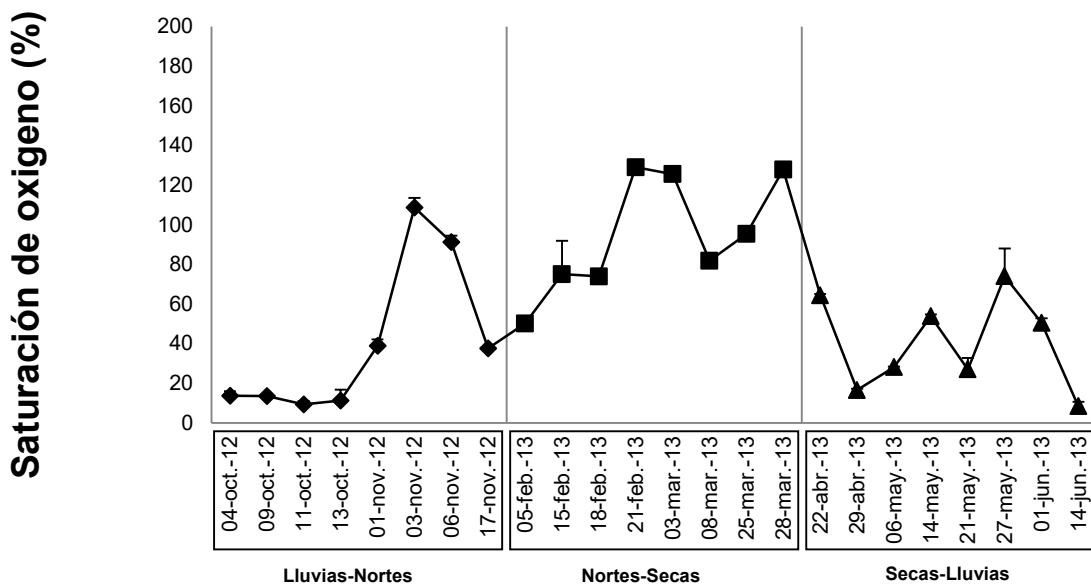


Fig. 31. Comportamiento de la saturación de oxígeno durante el cambio de una interfase a la siguiente en pileta UQROO.

Cenote Maravillas: El comportamiento de la concentración de la saturación de oxígeno en el sistema presento oscilaciones similares a la pileta UQROO pero con valores considerablemente más elevados. Se observa que para la interfase lluvias-nortes se reporta la mínima registrada en el período de estudio con $32.02 \pm 1.1 \%$, dentro de la misma transición se observa un pico de incremento que alcanza los $156.4 \pm 1.5 \%$ para descender de nuevamente al comenzar nortes-secas ($50.15 \pm 2.3 \%$). Por otra parte la máxima reportada fue de $184 \pm 0.3 \%$ durante la transición secas-lluvias, la cual se mantiene hasta la etapa final de interfase hasta disminuir a los $73 \pm 2.3 \%$ (junio) (Fig. 32).

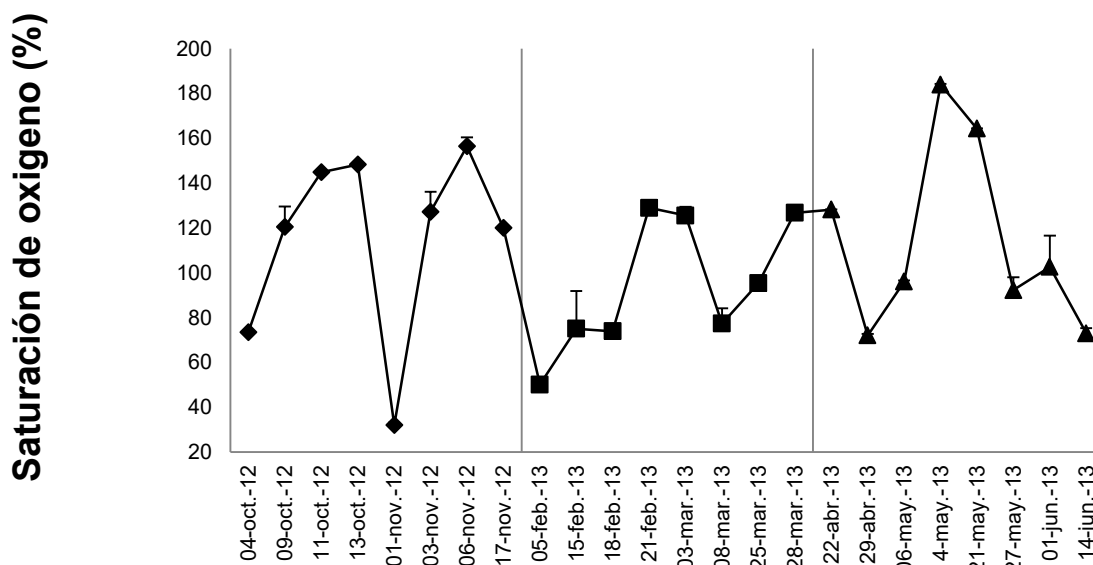


Fig. 32. Comportamiento de la saturación de oxígeno durante el cambio de una interfase a otra en el Cenote Maravillas

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$)

Pileta UQROO:

De manera general se observa una clara tendencia de los valores registrados hacia el incremento, con una ligera disminución en los valores al concluir dicho muestreo ($429.6 \pm 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}^3$). Se presentaron registros por debajo de los $600\mu\text{S}/\text{cm}^3$ a lo largo del estudio realizado, con el valor máximo encontrado para la interfase secas-lluvias ($539.5 \pm 0 \mu\text{S}/\text{cm}^3$) y el mínimo de $338.8 \pm 0 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ en la interfase lluvias-nortes (Fig. 33).

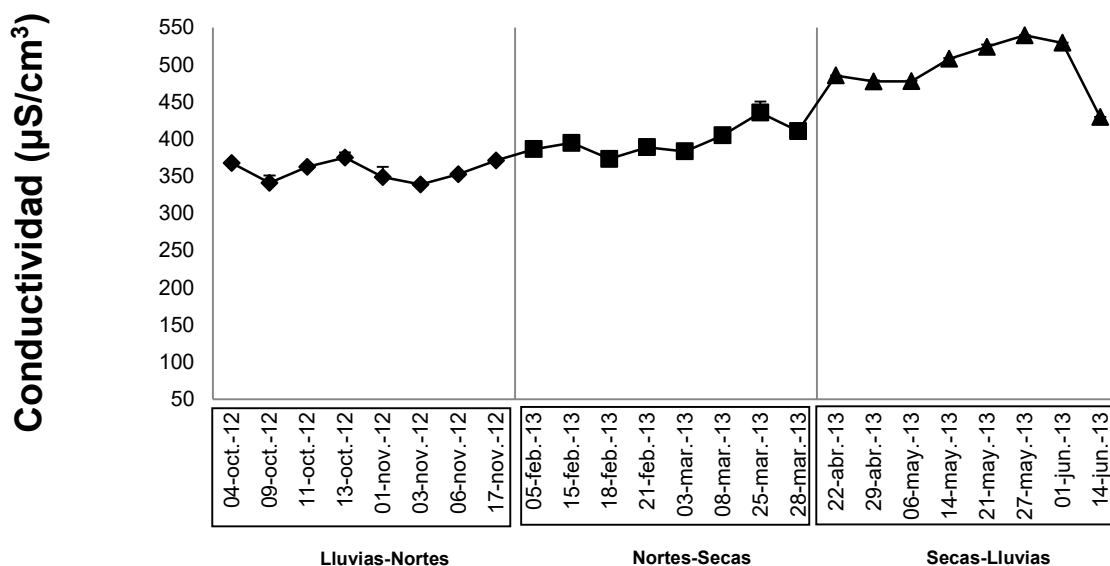


Fig. 33. Comportamiento de la conductividad durante el cambio de una interfase a la siguiente en pileta UQROO.

Cenote Maravillas: En este sistema los valores registrados son menores que el sistema anterior, sin embargo presenta el mismo comportamiento de tendencia al incremento a lo largo del tiempo de análisis. La máxima registrada fue de $271.6 \pm 0.6 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ en la interfase correspondiente a secas-lluvias, mientras que la mínima registrada fue de $104.5 \pm 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ durante lluvias-nortes (Fig. 34).

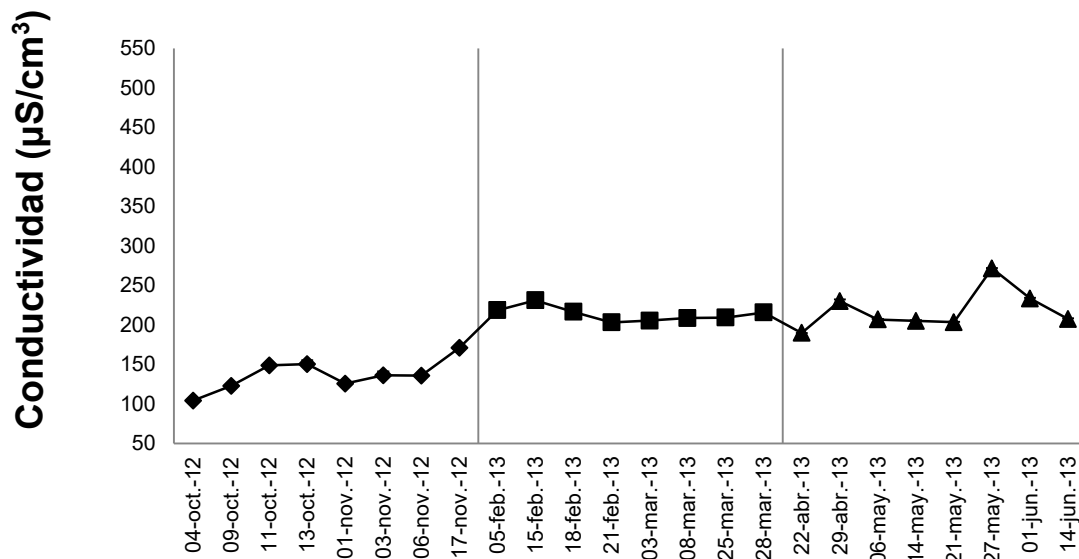


Fig. 34. Comportamiento de la conductividad durante el cambio de una interfase a la siguiente en el Cenote Maravillas

Clorofila a, profundidad y transparencia

En cuanto a los datos registrados de estos tres parámetros, se presenta a continuación un cuadro ambiental de los resultados obtenidos, con los cuales se determinó la condición trófica, su profundidad y sus niveles de transparencia que presentaba cada sistema en su valor promedio en cada transición estudiada. Lo anterior se realizó de acuerdo a los criterios establecidos por Carlson (2007) para la estimación del estado trófico.

Pileta UQROO: Este sistema presentó un estado mesotrófico estable durante todo el tiempo de muestreo, su máxima promedio se registró en lluvias-nortes con 5.70 ± 0.65 mg/l, mientras que la mínima se encontró en secas-lluvias 2.93 ± 0.21 . Los valores más elevados en el comportamiento de la profundidad se registraron para la interfase lluvias-nortes (1.03 ± 0.06 m) donde además se presentó la transparencia más elevada con 0.83 ± 0.06 m, siendo durante secas-lluvias el período en que estos valores disminuyen llegando a una profundidad de 0.9 ± 0.1 m con una visibilidad hasta los 0.47 ± 0.06 m (anexo 2).

Cenote maravillas: Se observa que este sistema presenta un estado mesotrófico similar al anteriormente descrito, con un período oligotrófico durante nortes-secas con 2.26 ± 0.66 mg/l, siendo este el valor mínimo registrado durante todo el tiempo de estudio, en cuanto a la máxima está se registró durante secas-lluvias con 6.57 ± 0.89 mg/l. En cuanto a la profundidad durante el ciclo de estudio presentó variaciones considerables, la máxima se reporta para la transición lluvias-nortes con 1.3 ± 0.06 m con una transparencia que permitió la visibilidad hasta los 0.83 ± 0.14 m; en cuanto a los valores mínimos se presentaron durante la interfase secas-lluvias con 0.68 ± 0.10 m con una transparencia de 0.47 ± 0.6 m (anexo 3).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para comprender la influencia que existe entre el zooplancton y los factores físico-químicos, se utilizó el análisis de correspondencia canónica (CCA por sus siglas en inglés), el cual es un estadístico multivariado que explica en este estudio el grado de correlación entre las especies del zooplancton y las variables abióticas. Los resultados se presentan en gráficos constituidos de diversos ejes, pero solo se tomaron en cuenta la relación de los dos ejes principales, para interpretar como las especies se distribuyen de acuerdo a su asociación con las variables ambientales, estas últimas se representan con líneas provenientes del centro de la gráfica de ordenación, la línea del factor abiótico más prolongada indica la relación más estrecha con las especies en el sistema.

Análisis de Correspondencia Canónica: Pileta UQROO

Lluvias-Nortes

Para esta transición los dos primeros ejes suman un total del 98.81% de la varianza total de los datos, teniendo más peso el eje 1 donde están organizadas todas las abundancias de las especies identificadas (*A. fissa*, *L. patella*, *Bedelloidea* sp y *Ostracoda* sp) pues en este se explica el 97.36% de la varianza de la información. Se determinó que existe una correlación negativa entre temperatura y la conductividad, mientras que la relación positiva fue entre la concentración de oxígeno y el oxígeno disuelto (Fig. 35).

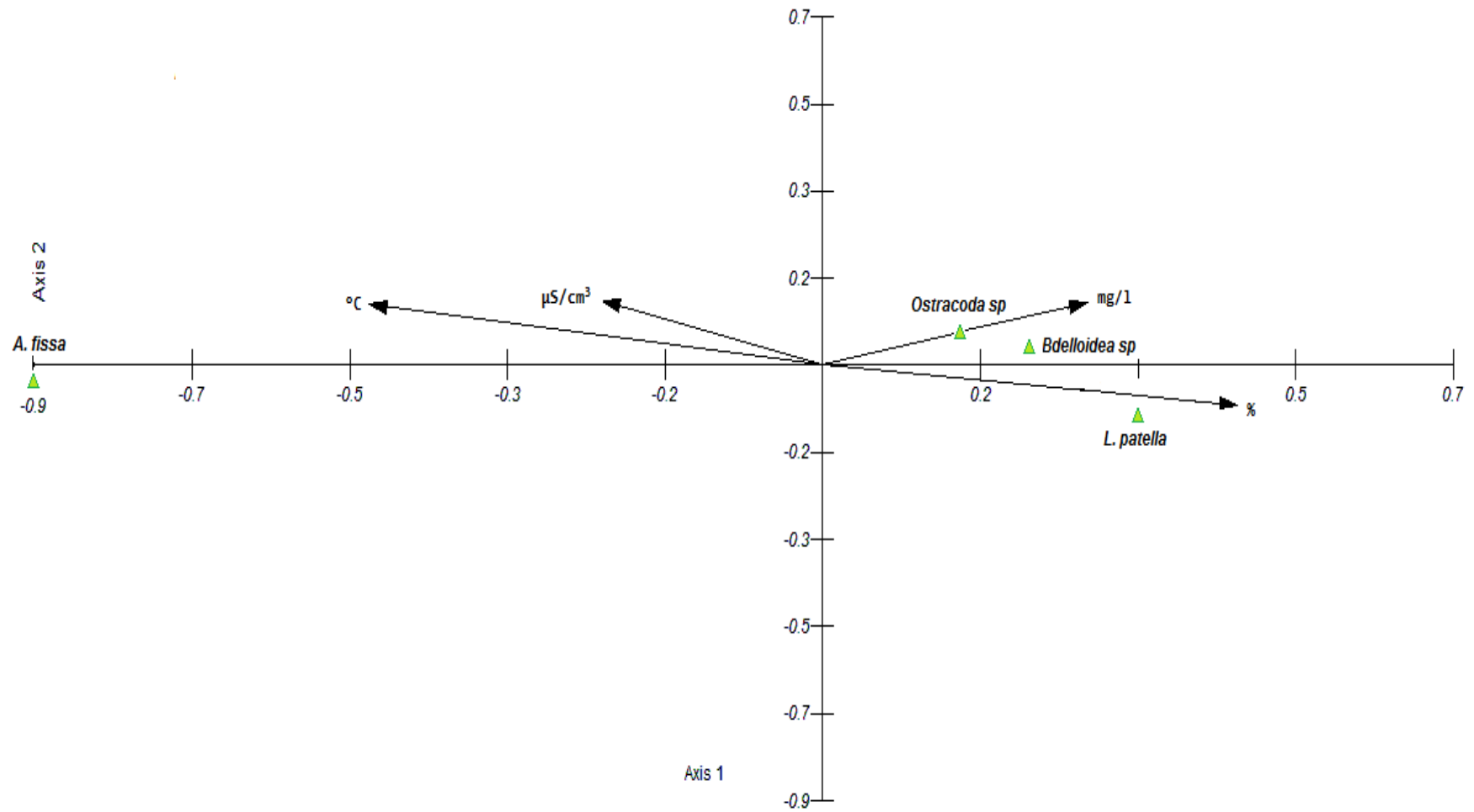


Fig. 35. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a lluvias-nortes en la Pileta UQROO.

Nortes-Secas

Para el cambio de esta interfase, se puede observar que el número de especies en el sistema aumenta de manera considerable (de 4 a 8 especies). En esta transición la suma total de los dos ejes principales explica el 86.59% de la varianza total, teniendo el eje 1 la mayor aportación al modelo con 56.40% de esta varianza. Se determinó que el factor abiótico que obtuvo la mayor correlación positiva al eje 1 fue la temperatura, mientras que para los factores de correlación negativos se determinó a la concentración de oxígeno y saturación de oxígeno, en cuanto a las especies asociadas a este eje se encuentra *T. pusilla*, *Ostracoda* sp y *Mesocyclops* sp. En cuanto al eje 2 en este explica el 30.18% de la varianza, constituido en sus valores positivos por la conductividad. En este segundo eje se las especies asociadas son *A. fissa*, *P. vulgaris*, *L. patella*, *Bdelloidea* sp y *L. bulla* (Fig.36).

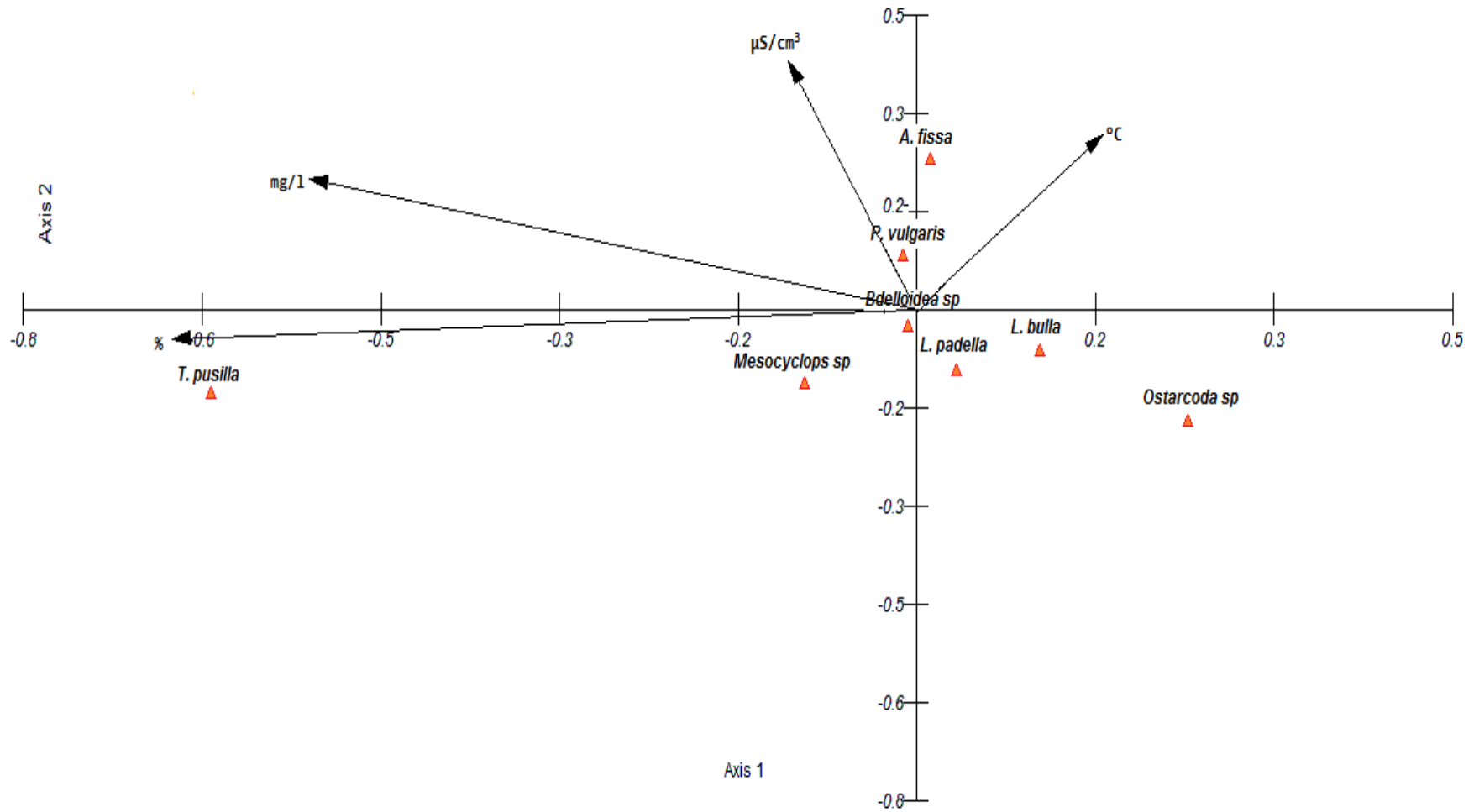


Fig. 36. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente nortes-secas en la Pileta UQROO.

Secas-lluvias

Se puede observar en la Fig. 37, que el eje 1 constituye el 55.14% de la varianza total, mientras que el eje 2 el 23.89%, haciendo una sumatoria total de 79.03%. El en eje 1 se presenta una correlación negativa con la conductividad, la concentración de oxígeno y la saturación de oxígeno. La abundancia de las especies que componen el primer eje son *L. bulla*, *T. pusilla*, *Bdelloidea* sp, *Mesocyclops* sp y *ostracado* sp. En cuanto a lo ocurrido en el eje 2, se observó una relación una estrecha relación positiva con la temperatura en el sistema, lo cual se asocia con la abundancia de los taxos de *A. fissa*, *L. patella*, *L. hamata* y *P. vulgaris*.

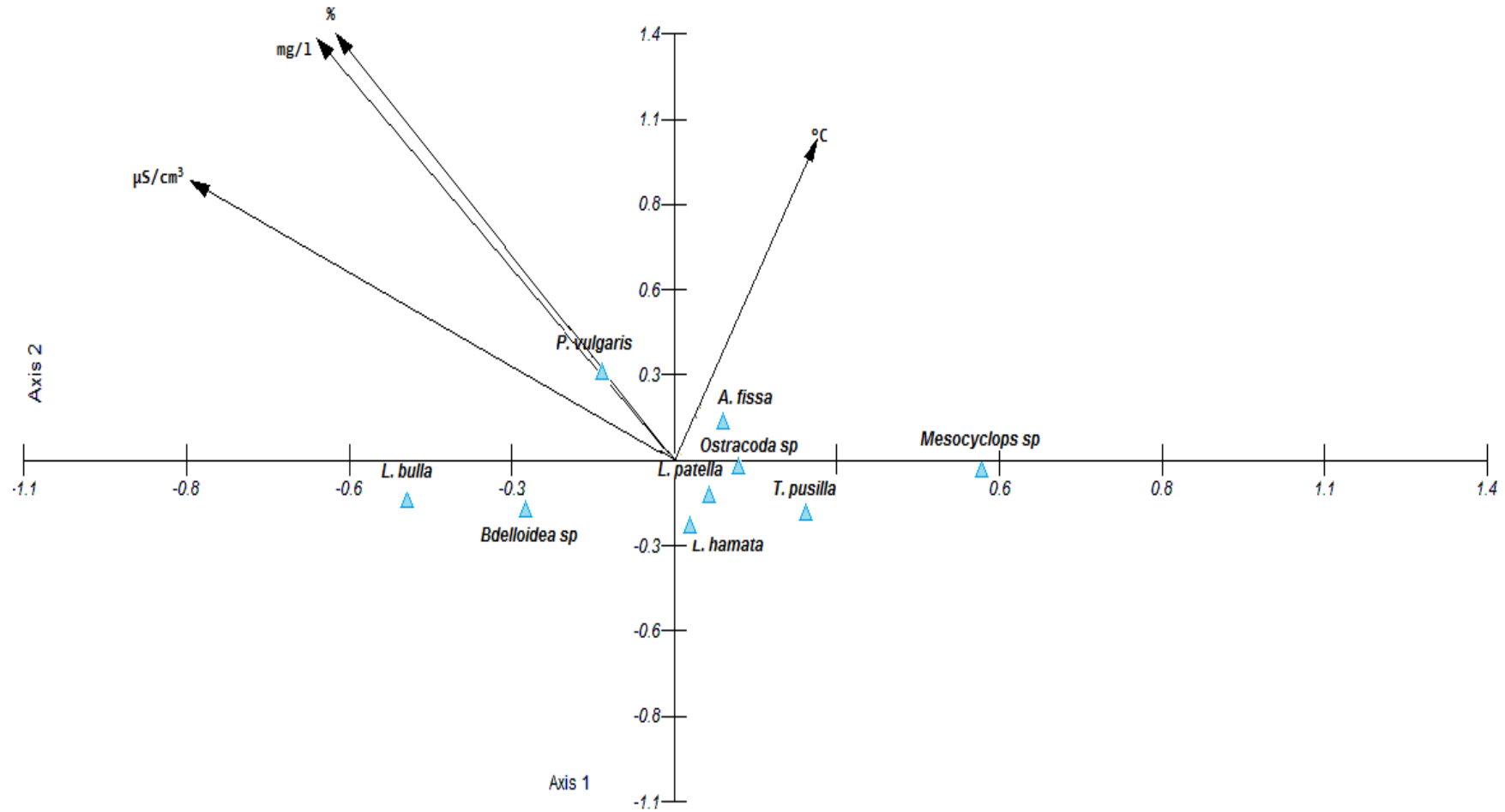


Fig. 37. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente Secas-Lluvias en la Pileta UQROO.

Análisis de correspondencia canónica: Cenote maravillas

Lluvias-nortes

Para esta transición los ejes principales suman un total de 84.06% de la varianza del sistema, de la cual en el eje 1 explica el 66.5% en la cual se encuentra organizada por las especies *A. fissa*, *M. bisulcata*, *L. rhomboides*, *L. bulla*, *L. closterocerca*, *L. hamata*, *L. luna*, *L. quadridentata*, *Bdelloidea* sp, *Ostracoda* sp y *P. cf. dolichoptera*. Las abundancias de estos organismos están positivamente relacionadas con la temperatura del sistema y la disolución de oxígeno. En cuando al segundo eje, en este se encuentra el 17.5% del porcentaje restante al acumulado, teniendo como especies asociadas a *K. americana*, *P. quadricornis*, *S. mutica*, *L. crepida*, *L. elsa*, *T. pusilla*, *D. epicharis*, *C. cornuta* y *T. inversus*, las abundancias de estas especies se encuentran ligadas de forma negativa por la conductividad y la concentración de oxígeno (Fig.38).

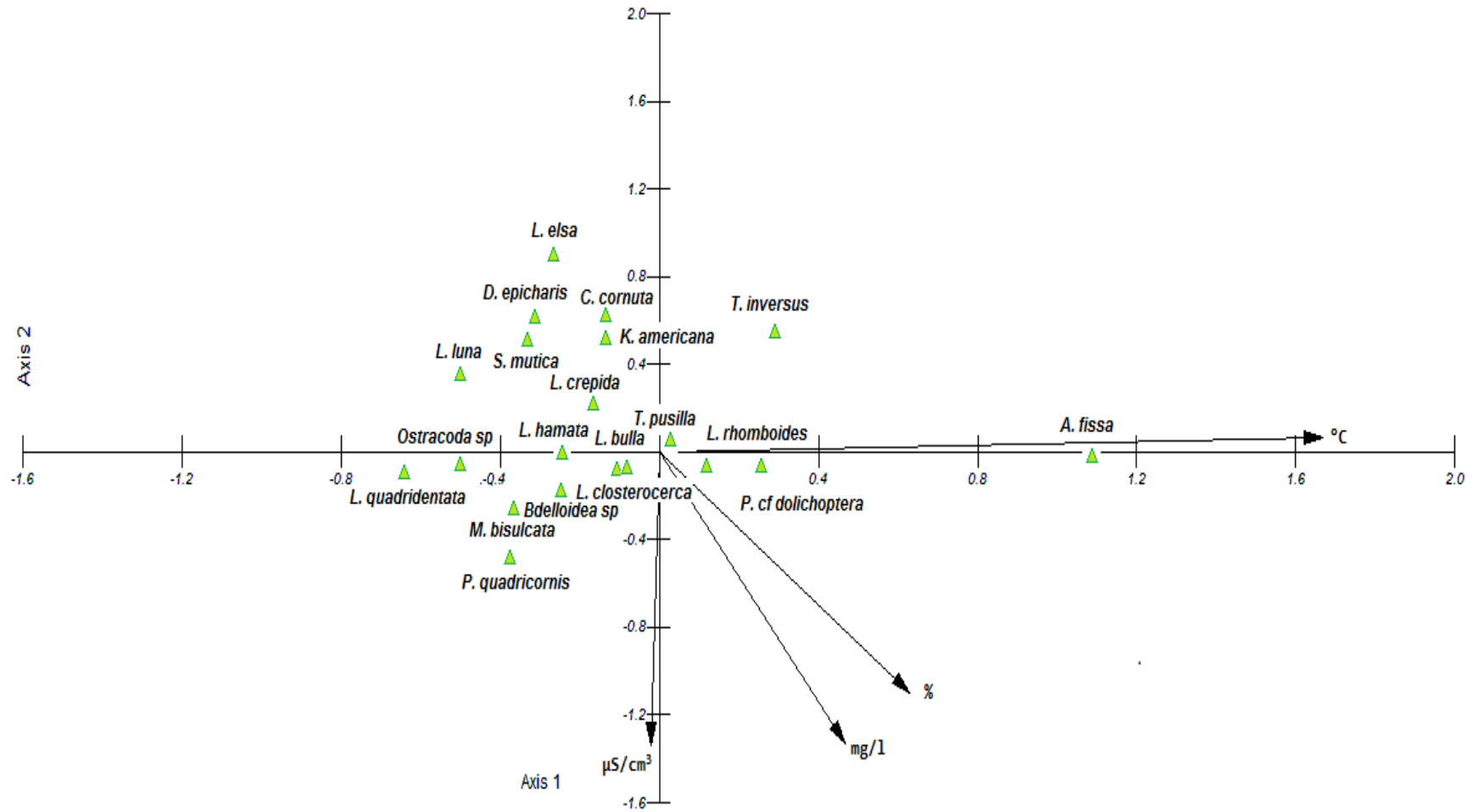


Fig. 38 Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a lluvias-nortes en el Cenote Maravillas.

Nortes-secas

En cuanto a la interfase nortes-secas se puede observar que el eje 1 presenta el 51.22% de la varianza, el cual tiene una relación positiva con la temperatura, la saturación de oxígeno y la disolución del oxígeno, siendo las abundancias de las especies *B. patulus*, *B. angulares*, *L. rhomboides*, *S. mutica*, *L. bulla*, *L. crepida*, *L. elsa*, *P. cf. dolichoptera*, *D. epicharis*, *Ostracoda* sp y *T. inversus* las directamente relacionadas con el eje. El eje 2 por su parte expresa el 27.71 % de la varianza de los datos registrada, en la cual se observa que la conductividad fue el factor químico más estrechamente relacionado con el eje de forma negativa, en el cual las especies *A. fissa*, *L. closterocerca*, *L. hamata*, *C. forficula*, *T. pusilla* y *Bdelloidea* sp componen a este eje. La sumatoria de ambos ejes explica en conjunto el 78.93% de los cambios ocurridos en la temporada (Fig.39).

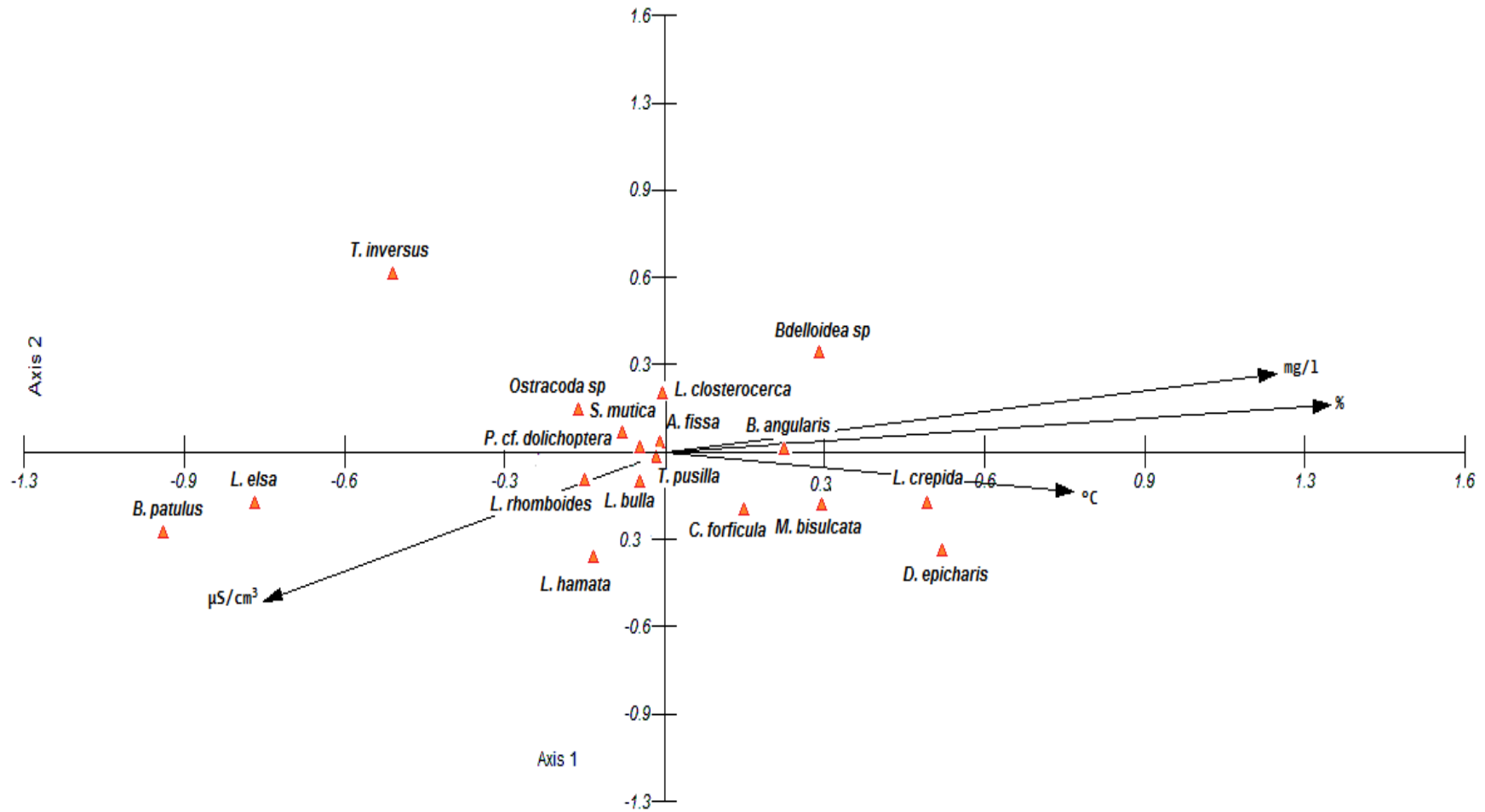


Fig. 39. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a Nortes-Secas en el Cenote Maravillas

Secas-lluvias

Para esta transición, se obtuvo una sumatoria total de 79.93% de los ejes principales de la gráfica, donde en el primer eje se concentra el 57.70% de este total, mientras que el eje 2 presenta un 22.23%. Para el eje 1 las especies que se encuentran organizadas corresponden a *A. fissa*, *L. bulla*, *M. bisulcata*, *L. rhomboides*, *S. mutica*, *D. epicharis*, *Bdelloidea* sp y *P. cf. dolichoptera*, en este eje las abundancias de estos organismos se asociaron de forma positiva con la conductividad. Para el eje 2 las especies más estrechamente ligadas fueron *B. angularis*, *L. closterocerca*, *T.pusilla* y *Ostracoda* sp, donde su comportamiento se relacionó directamente con la temperatura y la disolución de oxígeno de forma negativa (Fig.40).

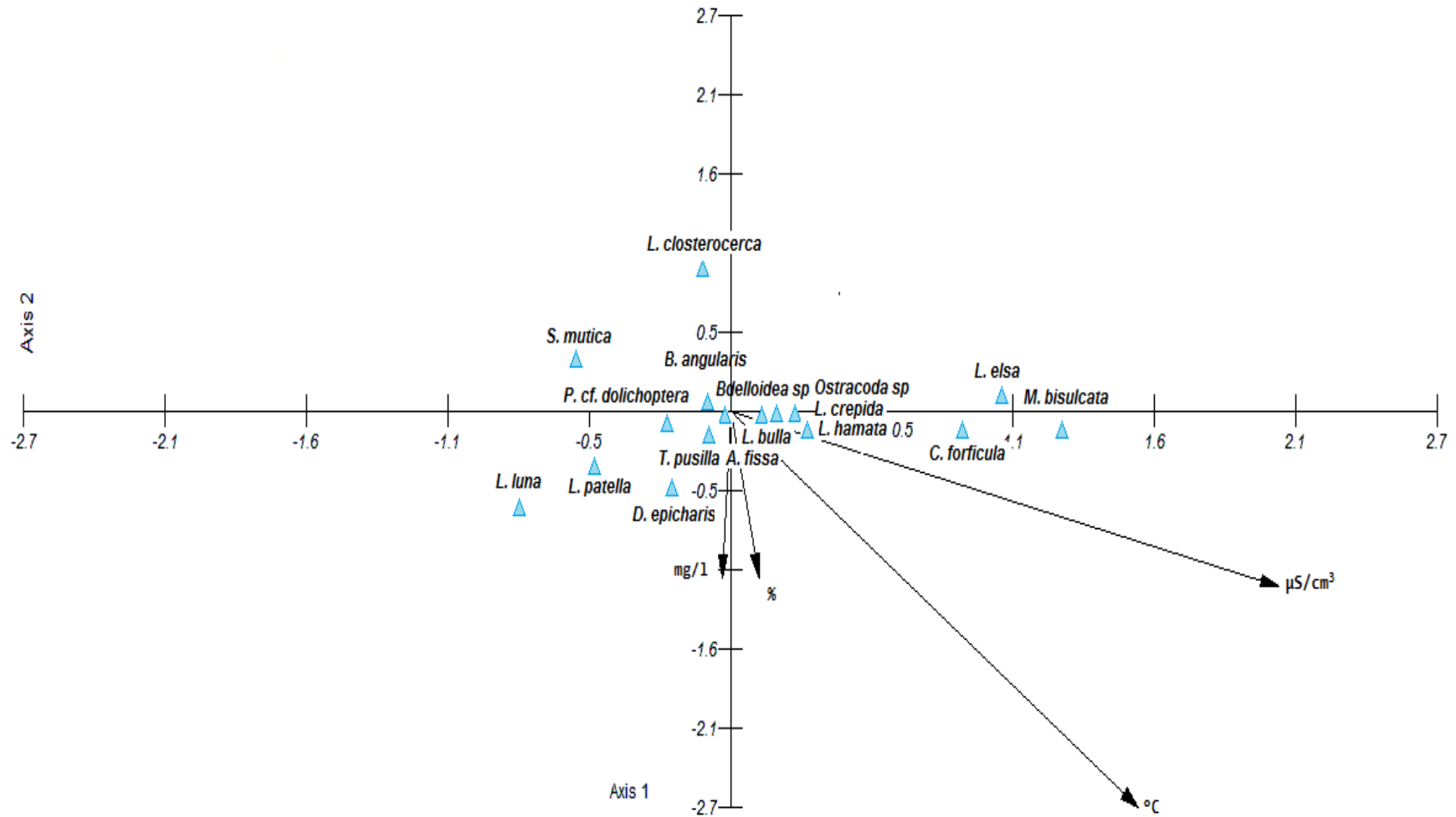


Fig. 40. Análisis de correspondencia Canónica (CCA) de las especies presentes en la transición correspondiente a Nortes-Secas en el cenote Maravillas

DISCUSIÓN

En este trabajo de carácter intensivo, se realizaron muestreos con un intervalo de tiempo de 3 a 10 días en promedio entre cada uno, específicamente en el momento que ocurre el cambio de una época climática a la siguiente, es decir el momento de la interfase o transición. Se ha sugerido por Lampert *et al.*, (1986) que para los sistemas tropicales la duración ideal de los muestreos es de aproximadamente una semana, sin embargo Enríquez-García *et al.*, (2009) mencionan que esta sugerencia a menudo no permite observar todos los cambios factibles que pueden ocurrir en el plancton como la variabilidad en la abundancia o la riqueza, que en estudios puntuales o a corto plazo no son visibles. Estudios como el que se presenta a continuación, permiten observar, como lo menciona Cervantes-Martínez (2005), que los sistemas tropicales no son homogéneos a escala temporal ni espacial, los cuales proporcionan evidencia que sustentan esta hipótesis de la limnología tropical que sigue siendo aún escasa y fragmentada.

Riqueza específica (S)

Las características particulares de cada sistema acuático le confieren atributos diferentes para soportar determinada riqueza. En el caso de la pileta UQROO que corresponde a un sistema acuático de tipo artificial, se registró la presencia de 9 especies diferentes a lo largo del tiempo de estudio, esto concuerda con los resultados presentados por Illyová y Pastuchová (2012) ellos mencionan que los sistemas artificiales regularmente presentan de 6 a 12 taxones representativos con abundancias importantes. Aunque estos sistemas son poco reconocidos y estudiados como hábitats importantes (Biggs *et al.*, 2005), poseen una buena estabilidad para ofrecer las condiciones idóneas para sostener la vida (Fahd *et al.*, 2009). Por su parte el cenote maravillas, con un origen diferente (origen cárstico), presentó 23 especies a lo largo del tiempo de estudio, lo cual concuerda otros trabajos realizados en la zona, que en promedio presentan de 12 a 30 taxones (Cervantes-Martínez *et al.*, 2012; Puch-Delgado y Uh-Moo, 2012; Koh-Pasos, 2013; Jacobson, 2015).

Aunque la comunidad de zooplancton fue diferente en ambos sistemas, el número de especies fue el esperado para lo reportado en la región limética (menos de 30 especies). Esta región se caracteriza por presentar una menor riqueza específica (Suárez-Morales *et al.*, 1996; Lampert, 1997; Cervantes-Martínez, 2005), debido a sus

características ambientales, como la homogeneidad en la columna de agua y la ausencia de vegetación sumergida que le confieren condiciones para soportar una menor riqueza (Gómez-Márquez *et al.*, 2013) en comparación con el ambiente litoral el cual ofrece una mayor cantidad de nichos y microclimas para un mayor número de taxones (Nandini *et al.*, 2008).

Es importante mencionar que aunque el muestreo en este estudio se realizó en la zona limnética de ambos sistemas, algunas de las especies identificadas son típicas de ambientes litorales, como es el caso de los rotíferos pertenecientes al género *Lecane*, este resultado se atribuye a que los sistemas acuáticos dulceacuícolas que predominan en Cozumel son de baja profundidad (<2 m) y pequeños en diámetro (18 m) (Gutiérrez-Aguirre y Cervantes-Martínez, 2008), en comparación con los sistemas acuáticos de la Península de Yucatán (47 m de profundidad y 280 m de diámetro) (Cervantes *et al.*, 2009), lo cual hace que los organismos que habitan en ambas regiones se desplacen con mayor facilidad de una zona a otra, pues la distancia entre ellas es relativamente breve, permitiendo un intercambio constante.

Los registros del zooplancton que habita los sistemas dulceacuícolas son recientes para Cozumel (Cervantes-Martínez *et al.*, 2012; Puch-Delgado y Uh-Moo, 2012; Koh-Pasos, 2013; Jacobson, 2015). En este trabajo se registraron ocho especies nuevas de rotíferos que son: *B. angularis*, *M. bisulcata*, *S. mutica*, *L. hastata*, *P. cf. dolichoptera*, *C. forficula*, *T. pusilla* y *D. epicharis*. Se contribuye a nivel estado (Quintana Roo) con un nuevo registro: *S. mutica*. De tal forma que de las 34 especies registradas, se incrementa el listado actual a 42 especies de este grupo de zooplancton.

Abundancia del zooplancton (ind/l)

En cuanto a la abundancia del zooplancton, en ambos sitios de muestreo se reportó la dominancia del grupo de los rotíferos, que de acuerdo con Aranguren *et al.*, (2014) suelen presentar mayor riqueza de especies en comparación con los copépodos y cladóceros. Este grupo suele ocupar todos los nichos ecológicos disponibles, convirtiéndose en muchos sistemas en los responsables de la transferencia de la energía a los siguientes niveles tróficos (Sarma *et al.*, 2011), su éxito se atribuye además a sus estrategias de reproducción por partenogénesis, ciclos de vida cortos y a su alta sensibilidad a los cambios ambientales (Álvarez-Silva *et al.*, 2006). Por lo

tanto, las especies que conforman el grupo de los rotíferos tienden a presentar abundancias más elevadas y distribuciones más amplias debido a su gran capacidad para adaptarse a los cambios que se presenten en su entorno (Azevêdo *et al.*, 2015). Dicha aseveración también puede estar relacionada con el estado trófico del sistema (Zanatta *et al.*, 2007) ya que se ha observado que los sistemas oligotróficos suelen presentar una menor abundancia derivado de su contenido de nutrientes en el agua, comparado con los sistemas mesotróficos.

De esta manera los organismos más comunes dentro del grupo de los rotíferos se encuentran la familia *Lecanidae* y *Brachionidae*, que fueron las más representativas dentro de este estudio, esto concuerda con los trabajos realizados por Sarma y Elías-Gutiérrez (1999 a), García-Morales y Elías-Gutiérrez, (2004), Zanatta *et al.*, (2007) y García-Morales y Elías-Gutiérrez, (2007) para la zona sureste de nuestro país, de hecho, se ha determinado que estos géneros suelen ser dominantes en los sistemas dulceacuícolas de las franjas tropicales del mundo (Keppeler y Hardy, 2004). Dumont y Werger (2012) mencionan además que es común encontrar en muchos sistemas tropicales y subtropicales la presencia de gran cantidad de especies de la familia *Trichocercidae* y *Synchaetidae* sobretodo de las especies consideradas como cosmopolita con abundancias relativamente elevadas debió a su amplia tolerancia a diferentes condiciones ambientales. Todo lo anterior es concordante con los resultados obtenidos, pues de manera general los rotíferos más abundantes en ambos sistemas fueron *L. bulla*, *A. fissa*, *B. angularis*, *P. vulgaris*, *P. cf. dolichoptera* y *T. pusilla*, los cuales son comunes además en sistemas con características oligo-mesotrofos, como los estudiados, considerados como especies de amplia distribución en lagos tropicales (Elías-Gutiérrez, 2006), frecuentes en muchos cuerpos acuáticos del país (Nandini *et al.*, 2005).

Para el caso de los copépodos Dejen *et al.*, (2004) y Fethai *et al.*, (2011) mencionan que es típico en los sistemas acuáticos tropicales la presencia de dos a tres especies de copépodos. Escobar-Briones *et al.*, (2002) atribuyen este comportamiento al tamaño del sistema así como a la depredación. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos, pues se registró únicamente a dos representantes de este grupo que son *T. inversus* y *Mesocyclops* sp.

La especie *T. inversus* es el copépodo con mayor distribución en México, con presencia en sistemas oligo, meso y eutróficos (Suarez-Morales *et al.*, 1996) así como

en sistemas someros y profundos (Cervantes-Martínez *et al.*, 2005), siendo además de distribución más amplia en la Península de Yucatán en comparación con otros cyclopoides (Elías-Gutiérrez, 2006).

Por su parte, Gutiérrez-Aguirre *et al.*, (2006) han reconocido que la mayoría de las taxas pertenecientes al género *Mesocyclops* habitan preferentemente las zonas tropicales y subtropicales del mundo, además de su presencia es más común en sistemas en condiciones de oligotrofia, lo cual favorece la presencia del taxón en México.

Para el grupo de los cladóceros aunque suelen presentar una amplia distribución en ambientes tropicales, en ocasiones se ven restringidos a pequeñas áreas debido a sus requerimientos ecológicos y fisiológicos (Sendacz, 1993). En este estudio se reportó la presencia *C. cornuta*, la cual en muchos embalses tropicales suele ser la especie más común (Infante, 1992), siendo los cladóceros pertenecientes al género *Ceriodaphnia* los que prefieren las zonas con mejor calidad lumínica como sería el caso de la zona limnética lo cual explica su presencia en dicha zona (Merayo y González, 2010).

Por otro lado se ha sugerido también, que la abundancia de los cladóceros y rotíferos en muchos de los embalses se debe a su rápida maduración sexual, pues su reproducción por partenogénesis les permite alcanzar tasas de crecimiento superiores a los copépodos, pues estos deben mudar del estado naupliar a cinco estadios de copepoditos antes de alcanzar dicha madurez sexual (Dumont y Werger, 2012). Por lo tanto, cladóceros y rotíferos presentan en muchos casos tasas de crecimiento superior a los copépodos. Aunque en este trabajo no se evaluó la tasa de reproducción de las especies, es importante mencionar que se observaron dentro de los sistemas estudiados la presencia de huevos subitáneos de los rotíferos *B. angularis*, *T. pusilla*, *P. vulgaris*, *P. cf. dolichoptera* y *A. fissa*, además de la presencia de naupilos y copepoditos en estadios CI, CII y CIII. Lo cual sugiere 1) los copépodos como se menciona con anterioridad no alcanzaron la madurez sexual que les permitiera tener abundancias mayores de *T. inversus* y *Mesocyclops* sp. 2) los huevos originados por partenogénesis o también llamados subitáneos, son el mecanismo ideal mediante el cual pueden los rotíferos pueden colonizar rápidamente los ambientes, permitiéndoles dominar por grupo los sistemas aquí estudiados.

Aunque no se analizó la composición de la comunidad de posibles depredadores, ni su efecto sobre la comunidad del zooplancton en este trabajo, se ha reportado por Jacobson (2015) la presencia de anfibios del género *Ollotis valliceps*, mientras que por Cervantes-Martínez, (2005) la presencia de peces género *Gambusia yucatanana*, en estos sistemas, así como en varios cuerpos de la localidad. Stephan-Otto (2003) menciona que los depredadores de talla pequeña ejercen mayor presión sobre las poblaciones de zooplancton debido a sus requerimientos alimenticios en la etapa de crecimiento. Esto puede explicar la baja densidad de organismos del zooplancton de talla grande como los copépodos y cladóceros al efecto derivado de la presencia de depredadores.

Índice de diversidad (H')

Es reconocido que el índice de Shannon-Wiener (H') es resultado del número de especies en una comunidad y la abundancia relativa de cada una de ellas (Cervantes-Martínez, 2005). El atributo más atractivo que proporciona este índice, es la capacidad que tiene de interpretar la influencia de la riqueza específica (S) con respecto al comportamiento de la comunidad (Spatharis *et al.*, 2011), siendo independiente además del tamaño de la muestra, pues asigna un peso intermedio a las especies comunes y raras, convirtiéndolo en el índice de diversidad idóneo que se sugiere para las regiones tropicales (Melo, 2008).

En este estudio, el índice de Shannon-Wiener (H') en ambos sistemas presentó valores entre 0.47 y 1.77 bits/ind, lo cual es relativamente bajo, pero concuerda con otros trabajos realizados en la isla de Cozumel como el de Puch-Delgado y Uh-Moo (2012) que registraron valores entre 0.82 a 1.19 bits/ind en un sistema acuático tipo aguada y por Jacobson (2015) con 0.75 a 1.28 bits/ind en un sistema acuático artificial.

Las oscilaciones en el índice de Shannon-Wiener (H') pueden explicarse por la presencia de al menos un zoopláncter dominante en cada interfase de estudio como fue el caso de: *A. fissa*, *B. angularis*, *P. vulgaris*, *P. cf. dolichoptera* y *T. pusilla*, siendo así que aunque se reportan varias especies en los sistemas con abundancias altas, este índice disminuye pues es altamente sensible a la dominancia de alguna especie en particular (Cervantes-Martínez, 2005). Cuando los valores alcanzaron su máxima se entiende como el punto de mayor equitatividad dentro del sistema, es decir las

abundancias y las especies están distribuidas de manera homogénea permitiendo un equilibrio entre las especies raras y comunes (López-López y Serna-Hernández, 1999).

En cuanto a las transiciones climáticas es importante mencionar de manera adicional que aunque se ha determinado que la presencia de una especie dominante juega un papel importante en el comportamiento del índice de Shannon-Wiener (H'), otros autores como Irigoien *et al.*, (2004) mencionan que el índice puede cambiar debido a las perturbaciones en el ambiente como la eutrofización o estrés ambiental, Spatharis *et al.*, (2011) lo atribuye a la competencia por la luz, a los nutrientes y a fenómenos meteorológicos extremos. Es decir, se sugiere que H' es sensible además a los cambios que ocurren en el medio ambiente, que incluye la dinámica con niveles tróficos superiores e inferiores (Karydis, 1992), lo cual puede favorecer el establecimiento de alguna especie fuertemente competitiva que desplace a las menos abundantes o competitivas (Cervantes-Martínez, 2005).

Parámetros físico-químicos, Análisis de interfases climáticas y Análisis estadísticos (CCA)

Por conveniencia se discuten juntos los factores físico-químicos de los sistemas y el análisis estadístico (análisis de correspondencia canónica), ya que de acuerdo a los objetivos perseguidos en este trabajo, se busca explicar cómo los factores bióticos y abióticos influyen sobre la dinámica de la comunidad del zooplancton, por lo cual es necesario englobar ambos apartados dentro de una misma explicación.

Descripción limnológica básica

Aunque los sistemas sometidos a estudio son de diferente origen (cenote cárstico y sistema acuático artificial), se estableció que por sus características físicas y químicas, ambos presentan de manera general: un estado oligo-mesotrófico obtenido de su concentración de clorofila *a* (6.57 ± 0.89 mg/l), por su temperatura aguas cálidas tropicales (29.7 ± 1.1 °C), por su concentración y disponibilidad de oxígeno se determinaron como aguas bien oxigenadas (16.8 ± 8 mg/l), someros derivado de su poca profundidad (1.3 ± 0.3 m) y con una buena visibilidad la mayor parte del tiempo (0.83 ± 0.14 m), por su contenido iónico como aguas dulces (0.2 ± 0.0 ppt) ya que esta proviene exclusivamente del agua de precipitación, pues ambos carecen de corrientes subterráneas, afectados directamente por el efecto de la evaporación. Los

resultados de la caracterización limnológica encontrados coinciden con otros cuerpos acuáticos de la región (Cervantes-Martínez *et al.*, 2009), así como con otros sistemas de origen similar en la región, como los reportados por Coronado-Álvarez (2009, 2011), que clasifican de forma similar el comportamiento de dichos parámetros.

Factores físico-químicos

Se reconoce que los cambios en las condiciones ambientales, son un factor que determina la estructura las comunidades del plancton en los ecosistemas acuáticos (Aranguren *et al.*, 2014). El cambio de una estacionalidad climática de acuerdo a Wei-Chan *et al.*, (2014) viene acompañada de cambios en los organismos que componen la riqueza del zooplancton, así como la biomasa total y la abundancia. La sucesión estacional del zooplancton ha sido reportada en diversas ocasiones (Saunders y Lewis, 1998) y los determinantes físico-químicos varían de acuerdo al tipo de cuerpo acuático, así como de su origen y ubicación geográfica (Sommer *et al.*, 1986).

En este sentido, en el presente trabajo se determinó que la temperatura que se registró en el agua, es el factor que mostró mejor correlación con el comportamiento de la abundancia de los organismos en ambos sistemas; este parámetro constituyó el eje principal de las transiciones lluvias-nortes y norte-secas a lo largo del tiempo de estudio. La temperatura del agua de acuerdo con Cervantes-Martínez (2005) es el resultado del efecto de la temperatura ambiental, pues es típico que en los cuerpos acuáticos tropicales que el exceso de calor en el ambiente produzca un incremento en la temperatura del agua. Yoshida *et al.*, (2001), mencionan que en muchos lago tropicales y subtropicales la temperatura es el factor determinante en la dinámica de las comunidades del zooplancton.

De este modo se determinó que gran parte de las especies que se identificaron en este estudio, mostraron diferente tolerancia a las oscilaciones que se presentaron en la temperatura del agua, pues se observa que su comportamiento es influenciado por dicho parámetro.

Por ejemplo se observó que *A. fissa*, es completamente dependiente a los cambios que ocurrieron con la temperatura en ambos sistemas, su relación negativa en la interfase lluvias-nortes explica que a menor temperatura su abundancia desciende, llegando al punto de desaparecer de ambos sistemas, mientras que a mayor temperatura como las reportadas en la transición nortes-secas, esta especie es capaz de alcanzar su máximo punto hasta llegar a dominar en ambos sistemas. Este comportamiento ha sido reportado por Jersabek y Bolortsetseg (2010), quienes han propuesto que este rotífero considerado cosmopolita, encuentra las condiciones

idóneas para su establecimiento en rangos de temperatura no menores a los 24.8°C en promedio, lo cual podría explicar su ausencia total a los 22°C, evidenciado su clara preferencia por ambientes más cálidos. Por su parte Athibai *et al.*, (2013) mencionan al respecto que los organismos pertenecientes a la familia Brachionidea suelen ser altamente afectados por los cambios de temperatura, este parámetro puede modificar completamente la estructura de la población, así como determinar su presencia dentro del sistema, siendo de este modo que se puede explicar porque otros organismos pertenecientes a esta familia como fue el caso de *B. angularis* y *B. patulus* se asociaron a la temperatura del agua en el eje principal.

Para el caso de *Keratella americana* que regularmente domina en número diversos ambientes acuáticos (Hofmann y Hofle, 1993) en este estudio presentó una baja densidad y una asociación negativa a la conductividad, dicho comportamiento puede atribuirse al hecho de no poder competir de manera efectiva con otras especies de rotíferos, al respecto Vásquez *et al.*, (1991) mencionan que cuando en el sistema existen rotíferos con abundancias elevadas estos suelen contralar y/o influir directamente sobre la densidad de otros organismos como puede ser el caso de *K. americana*.

Dentro de este marco, el género *Polyarthra*, que también es considerado cosmopolita pues es posible localizar en diversos sistemas acuáticos, presentan además una amplia tolerancia a diferentes estados tróficos (Obertegger *et al.*, 2007), con una preferencia a los climas fríos (Obertegger *et al.*, 2014) y una respuesta favorable al cambio en la concentración de oxígeno y la conductividad (Virro *et al.*, 2009). Es decir, el comportamiento que se observó de las especies *P. vulgaris* y *P. cf. dolichoptera*, es similar a lo descrito con anterioridad, pues aunque su presencia vario a lo largo del estudio (oscilación en la abundancia), *P. vulgaris* mostró una correlación positiva con la temperatura y conductividad, mientras que *P. cf. dolichoptera* a la disponibilidad de oxígeno y temperatura de forma positiva. Se pudo determinar que estas especies prefieren las temperaturas menos cálidas, pues sus valores máximos se registraron cuando las temperaturas oscilaron entre los 21.2 a 27 °C en ambos sistemas, desplazando a especies como *A. fissa* en la interfase lluvias-nortes que en los mismos rangos de temperatura es menos tolerante y menos abundante.

La temporada correspondiente a secas-lluvias presentó en ambos sistemas una mejor correlación en el eje principal con la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$), siendo esta temporada donde se presentaron los valores máximos con respecto a este parámetro,

siendo de esperarse, sobre todo en sistemas donde los procesos de evaporización y precipitación influye directamente en el contenido iónico del agua (Cervantes-Martínez, 2005). Sin embargo es importante mencionar que aunque algunas especies como *Ostracoda* sp, *Bdelloidea* sp y *Mesocyclops* sp se asociaron positivamente a este parámetro, Gallo-Sánchez (2007) menciona que la conductividad eléctrica es dependiente casi en su totalidad de la temperatura que se presente en el sistema, pues mientras más alta sea esta mayor será la conductividad.

Para el caso del oxígeno, aunque este parámetro figura en este estudio como complementario pues se presentó en la organización de los ejes como secundario de cada transición en ambos sistemas (con excepción de la transición lluvias-nortes en la Pileta UQROO), se pudo observar que primeramente cuando la correlación fue positiva se asociaron a este, especies como *Mesocyclops* sp y *L. bulla*, observándose una clara preferencia por aguas bien oxigenadas y en condiciones con alta disponibilidad de oxígeno, la segunda observación que se aprecia es que cuando la relación con estos parámetros fue negativa las especies que se asociaron de mejor manera fueron las catalogadas como raras u ocasionales como el caso de *P. quadricornis*, *S. mutica*, *L. crepida*, *L. elsa*, *T. pusilla*, *D. epicharis* y *C. cornuta*, lo cual puede sugerir una clara necesidad por el oxígeno, pues dentro de los ecosistemas acuático es esencial para la respiración de los organismos (Gallo-Sánchez, 2007). Las variaciones en su disponibilidad o concentración proporcionan en muchos casos información sobre la capacidad de los sistemas para sostener procesos como el crecimiento y reproducción (Wei-Chan *et al.*, 2014), pero también se asocia con la fluctuación del viento que es capaz de mezclar el agua (Vázquez-Uribe, 1992), con la transparencia del sistema (Schmitter-Soto, 2002) y una estrecha relación con la productividad medida mediante la concentración de clorofila a (Cervantes-Martínez, 2005).

También se han descrito los efectos de los factores biológicos, entre ellos la disponibilidad de alimentos (Wei-Chan *et al.*, 2014) que influyen a la sucesión estacional y espacial del zooplancton. Esta disponibilidad de alimento es crítica en muchas etapas de vida del zooplancton pues influencia directamente la tasa de crecimiento de la población (Cushing, 1990), sin embargo muchos de estos factores han sido aún poco estudiados en los lagos tropicales que tienen propiedades físico-químicas claramente diferentes a los de los lagos templados (Lewis, 1987).

En este aspecto, los rotíferos suelen aprovecharse de las especies de fitoplancton (chlorophytas) como recurso alimenticio preferencial que es común en los ambientes oligo-mesotróficos, (Azevêdo *et al.*, 2015) pero también son capaces cuando las condiciones así los obliga de alimentarse de otras fuentes de alimento como las cianobacterias, que son frecuentes en ecosistemas eutrófizados (Sousa *et al.*, 2008). También se ha observado en este aspecto que algunos rotíferos como *P. vulgaris*, *P. cf. dolichoptera* y *T. pusilla* presentan máxas que permiten especializar sus estrategias de alimentación, pues estos tienen una capacidad de selección de que les permiten competir por partículas de alimento diminutas que son desapercibidas por otros rotíferos, pues son capaces de atraparlas mediante su máxas (trophi) garantizando de este modo su establecimiento aun cuando la cantidad de alimento llegase a disminuir (Bastidas-Navarro y Modenutti, 2007).

CONCLUSIÓN

En este trabajo de carácter intensivo, fue posible observar detalladamente muchos de los cambios que ocurren en la comunidad del zooplancton que los estudios puntuales o a corto plazo no permiten, proporcionando así evidencia para entender la dinámica de los cuerpos acuáticos dulceacuícolas y ampliar la información acerca de la limnología tropical que aún sigue siendo escaso en nuestro país. Se sustenta nuevamente que los sistemas tropicales no presentan homogeneidad a ninguna escala, pues se observó que el comportamiento en los patrones de oscilación de cada variable a lo largo del periodo de estudio, tiene efecto visible en la composición de riqueza específica y la abundancia de la comunidad del zooplancton limnético.

Por lo que se sé que concluye que:

- ❖ El número de especies registradas en este estudio fue el esperado para la zona limnética reportándose un total de 26 organismos de estas ocho constituyen nuevos registros para la localidad de Cozumel, que fueron: *B. angularis*, *M. bisulcata*, *S. mutica*, *L. hastata*, *P. cf. dolichoptera*, *C. forficula*, *T. pusilla* y *D. epicharis*, y que además dentro de este listado se aporta a nivel estado (Quintana Roo) un nuevo registro que corresponde a *S. mutica*. (Es importante mencionar que algunos organismos identificados en este trabajo fueron depositados en la colección de zooplancton que se encuentra en el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), con lo cual se contribuye a la intensificación de colecciones científicas dentro del país, permitiendo que este material producto de la investigación se conserve y pueda consultarse en el momento deseado)
- ❖ Se observó que los rotíferos fueron el grupo del zooplancton que dominó en ambos sistemas. Su éxito se atribuye a las múltiples estrategias de sobrevivencia con las que cuentan como son: los ciclos de reproducción, mecanismos de dispersión mediante huevos de resistencia o subitáneos, así como la capacidad de adaptarse los cambios que se susciten en las condiciones ambientales. Esto permite asegurar casi por completo su permanencia y en muchos casos dominar por número los sistemas acuáticos.

- ❖ De esta manera los rotíferos que dominaron en ambos sistemas, a lo largo de todas las interfaces climáticas corresponden a: *A. fissa*, *P. cf. dolichoptera*, *B. angularis*, *T. pusilla* y *L. bulla*.
- ❖ En este aspecto se debe de señalar que el zooplancter con mayor dominancia fue el rotífero *A. fissa*, pero también fue el más altamente sensible a los cambios que ocurrieron en el ambiente, pues aunque se considera un organismo de distribución cosmopolita, este atributo no es garantía de su permanencia dentro de un sistema acuático, pues se demuestra que su permanencia dependerá de encontrar las condiciones idóneas para establecerse. Se puede observar que algunas de estas especies que fueron altamente sensibles como *P. vulgaris*, *P. cf. dolichoptera*, *B. angularis* o *A. fissa* pueden servir como especies para elaborar modelos ecológicos para medir los posibles efectos del inminente cambio climático en las zonas tropicales.
- ❖ Por lo cual se asume que ninguna interfase climática presenta un comportamiento estático, pues se estableció que el parámetro físico- químico que tuvo la mayor correlación con respecto al cambio en la composición e influyó directamente al comportamiento y establecimiento de numerosas especies fue la temperatura del agua del sistema, con lo cual se afirma que las mínimas oscilaciones aun en las zonas tropicales, incluido el llamado trópico húmedo mexicano que caracteriza a la Península de Yucatán tiene efectos sobre la comunidad de organismos pertenecientes al zooplancton.
- ❖ Se puede mencionar además que el tipo y el origen de los sistemas acuáticos influyen la riqueza específica y la abundancia, pues este trabajo demostró que la naturaleza de cada uno de estos permite sostener determinada biota.
- ❖ Por lo cual en este trabajo se aborda el conocimiento acerca de los sistemas acuáticos artificiales, como el analizado en este estudio, pues en la actualidad son aún desconocidos, sin embargo aquí se demuestra que estos pueden a través del tiempo obtener tener las condiciones idóneas para sostener determinada riqueza específica representando nichos ecológicos importantes para cierto tipo de especies. En este sentido es necesario ampliar el estudio de cuerpos acuáticos de índole artificial, pues estos sistemas de agua son además numerosos a lo largo del país, pero no han sido lo suficientemente evaluados ni son reconocidos como reservorios capaces de tener su propia dinámica y comportamiento.

- ❖ Como se pudo observar en este estudio solo se abarcaron factores de carácter abióticos, pero se debe de complementar investigaciones de este tipo taxonómico- ecológico con información acerca de la influencia de efectos como la depredación, competencia, tasas de reproducción o incluso considerar el efecto combinado de varias para entender los patrones temporales y espaciales que influyen en la estructura de la comunidad del zooplancton y de ser necesario intensificar los tiempo de muestreo.
- ❖ Finalmente, aunque este trabajo provee información base para entender que ocurre cuando una temporada climática sucede a otra, llenado vacíos en el conocimiento limnológico pues este es uno de los primeros trabajos que aborda el tema, aún hace falta información y profesionistas interesados en realizar este tipo de estudio en nuestro país para intensificar y actualizar la información que hasta el momento se ha generado.

LITERATURA CITADA

- Alcocer, J. y E. Escobar. 1996. Limnology regionalization of Mexico. *Lakes and Reservorios: Research and Management* 2: 55-69.
- Alcocer, J., A. Lugo, M. R. Sánchez, E. Escobar y G. Vilaclara. 2000. Water column stratification and its implications in the tropical warm monomictic lake Alchichica, Puebla, Mexico. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27: 3166-3169.
- Álvarez-Silva, C., G. Miranda-Arce, G. de Lara-Isassi y S. Gómez-Aguirre. 2006. Zooplankton de los sistemas estuarinos de Chantuto y Panzacola, Chiapas, en época de secas y de lluvias. *Hidrobiológica* 16(2):175-182.
- Anónimo. 1998. *Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel, Quintana Roo, México*. México, D. F. Instituto Nacional de Ecología. 164p.
- Aranguren-Riaño, N.J y J.D Monroy-González. 2014. Respuesta del zooplancton en un sistema tropical (embalse la chapa, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*: 19 (2) 281-290.
- Athibai, S., H. Segers y L. Sanoamuang. 2013. Diversity and distribution of Brachionidae (Rotifera) in Thailand, with a key to the species. *Journal of Limnology* 72 (s2): 345-360.
- Azevêdo D.J., J.E. Barbosa, W.I. Gomes, D.E. Porto, J.C. Marques y J. Molozzi. 2015. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses?. *Ecological indicators* 50: 135-149.
- Bastida-Navarro M y B. Monedutti. 2007. Efecto de la estructuración por macrófitas y por recursos alimentarios en la distribución horizontal de tecamebas y rotíferos en un lago andino patagónico. *Revista Chilena* 80: 345-362.

- Biggs, J., P. Williams, M. Whitfield, P. Nicolet y A. Weatherby. 2005. 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation. *Aquat. Conserv: Mar. Freshw. Ecosystem.* 15: 693–714.
- Carlson. 1997. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369.
- Cervantes-Martínez, A. 2005. Análisis limnológicos de dos sistemas cársticos (cenotes) de la Península de Yucatán con énfasis en la variación espacial y temporal del zooplancton. Tesis de Doctoral. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, México. 171p.
- Cervantes-Martínez, A. 2007. Estudios limnológicos de sistemas cársticos (cenotes). En: L. M. Mejía-Ortíz, (Ed.). Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel (pp. 121-149). México. D. F. Universidad de Quintana Roo-Plaza y Valdez.
- Cervantes-Martínez, A., M. Mazeta-Barrera y M.A. Gutiérrez-Aguirre. 2009. Limnología básica del lago cárstico turístico Cenote Azul en Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 19 (2): 177-180.
- Cervantes-Martínez, A, M.A Gutiérrez-Aguirre, V. Delgado Blas y J. Ruíz Ramírez. 2012. *Especies de zooplancton dulceacuícola de Cozumel*. México D.F. Universidad de Quintana Roo. 58p
- Cervantes-Martínez, A., M.A. Gutiérrez-Aguirre y M. Elías-Gutiérrez. 2000. Description of *Ilyocryptus nevadensis* (Branchiopoda: Anomopoda), a new species from a high altitude crater lake in the volcano Nevado de Toluca. México. *Crustacena* 73: 311-321
- Cirios-Pérez, J. y M. Elías-Gutiérrez. 1996. Nuevos registros de cladóceros (Crustacea: Anomopoda) en México. *Revista de Biología Tropical* 44: 297-304
- CNA (Comisión Nacional de Agua). <http://www.conagua.gob.mx/> 2011. Atlas del agua en México 2011. Última actualización: 26 de Agosto del 2012. Fecha de consulta: 13 de Enero del 2013.

- Coronado-Álvarez, L. 2009. Descripción de variables físico-químicas en sistemas acuáticos de la isla de Cozumel, en un ciclo anual 2007-2008. Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México. 75 p.
- Coronado-Álvarez, L., A. Gutiérrez-Aguirre y A. Cervantes-Martínez. 2011. Water quality in Wells from Cozumel island, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13:233-241
- Cushing, D.H., 1990. Plankton production and year-class strengthen fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. In: Blaxter, J.H.S., Southward, A.J. (Eds.), *Advances in Marine Biology*. Academic Press, pp. 249–293.
- Dejen, E., J. Vijverberg, L.A. Nagelkerke y F.A Sibbing. 2004. Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Etiopia). *Hydrobiologia* 513: 39–49
- De la Lanza, E. G. y J. Calderón. 2002. *Lagos y Presas de México*. México. Centro de ecología y desarrollo. 680 p.
- De Smet and Pourriot. 1997. Rotifera, volume 5: The Dicranophoridae (Monogononta) and the Ituridae (Monogononta). Guide to the identification of microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing, the Hague.344 pp.
- Dumont, H. J. 1983. Biogeography of rotifer. *Hydrobiologia*, 104: 19-30.
- Dumont, H.J y M. J. Werger.2012. Tropical and Sub-Tropical Reservoir Limnology in China. Springer 1-133p.
- Elías-Gutiérrez, M. 2006. Estudio comparativo del zooplancton en dos regiones de México. El Colegio de la Frontera Sur, Informe final SNIB, CONABIO proyecto No. AS019. México D. F. 37 p.
- Elías-Gutiérrez M. y E. Suárez-Morales. 1998. Redescription of *Microdiaptomus cokeri* (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae) from caves in central Mexico, with the

- description of a new diaptomid subfamily. *Proceedings of the biological Society of Washington* 111: 199-208.
- Elías-Gutiérrez, M. 2000. *Microcrustaceos zooplanctónicos y litorales del suroeste de México*. Informe final del proyecto S050. Chetumal. El Colegio de la Frontera Sur, 53p.
- Elías-Gutiérrez, M. y N.N Smirnov. 2000. *Macrothrix marthae*, a new species (Crustacea: Anomopoda: Macrothricidae), a highly specialized macrothricid from Mexico. *Proceedings of Biological Society of Washington* 113: 652-660.
- Elías Gutiérrez M., E. Suárez Morales, M.A. Gutiérrez-Aguirre, M. Silva-Briano, J.G. Granados Ramírez y T. Garfias Espejo. 2008. *Cladóceras y copépodos de las aguas continentales de México. Guía ilustrada*. Universidad Autónoma de México; Facultad de estudios superiores Iztacala, CONABIO, ECOSUR, CONACYT y SEMARNAT. 322p.
- Escobar-Briones, E., A. Cortez-Aguilar, M. García-Ramos, L. Mejía-Ortiz y A. Simms Del Castillo. 2002. Structure of a pond community in Central Mexico. *Hydrobiology* 467:133-1339.
- Fahd, K., A. Arechederra, M. Florencio, D. León, y L. Serrano. 2009. Copepods and branchiopods of temporary ponds in the Donana ~ Natural Area (SW Spain): a four – decade record (1964–2007). *Hydrobiologia* 634: 219–230.
- Frey, D.G. 1982. Cladóceras. En: Hurlberth S. Hy A. Villalobos-Figueroa (eds). *Aquatic Biota of México, Central America and the West Indies* (pp.177-186) San Diego State University, San Diego.
- García-Morales A. y M. Elías-Gutiérrez. 2004. Rotifera from southeastern Mexico, new records and comments on zoogeography. *Series Zoology* 75: 99-120.
- García-Morales A. y M. Elías-Gutiérrez. 2007. The Rotifer fauna of Guatemala and Belize: survey and biogeographical affinities. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 55: 569-584

- Gómez-Márquez J.L., B. Peña-Mendoza, J.L. Guzmán-Santiago y V. Gallardo-Pineda. 2013. Compasión, abundancia del zooplancton y calidad del agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica* 23(2): 227-240.
- Granados-Ramírez J. G. y C. Álvarez-Del Ángel. 2003. Rotíferos de embalses: Subcuenca del Río Cuautla, Morelos, México. *Scientiae Naturae* 6: 33-44.
- Gutiérrez-Aguirre, M., Suárez-Morales E. y A. Cervantes-Martínez. 2006. Distribución de las especies de *Mesocyclops* (Copépoda: *Cyclopoida*) en el sureste mexicano y región norte de Guatemala. *Hidrobiológica* 16: 259-265
- Gutiérrez-Aguirre, M.A y A. Cervantes-Martínez. 2008. Cladóceros y copéodos dulceacuícolas. En L.M. Mejía-Ortiz (ed) *Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel*.(pp. 121-149) México. Universidad de Quintana Roo y Valdez.
- Harris G. 1980. Temporal and spatial scales in phytoplankton ecology, mechanisms, methods; models and management. *Rev. Sci:* 37: 112-1127.
- Hofmann, W. y M.G. Hofle. 1993, Rotifer population dynamics in response to increased bacterial biomass and nutrients: a mesocosm experiment. *Hydrobiologia* 255/256: 171-175.
- Illyova M. y Z. Pastuchová. 2012. The zooplankton communities of small water reservoirs with different trophic conditions in two catchments in western Slovakia. *Limnologica* 42: 271-281.
- Infante A. (1992) Annual variations in abundance of zooplankton in Lake Valencia (Venezuela). *Arch. Hydrobiol.* 93: 194-208.
- Irigoién, X., J. Huisman y R.P. Harris. 2004. Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. *Nature* 429: 863–867.
- Jacobson B. 2015. *Ecological behavior of zooplankton and other predation-prey relationships with tadpoles *Ollotis valliceps* (Anura: bufonadae)*. Tesis de licenciatura, Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México. 64p.

- Jersabeck D.C y M.F Leitner. [http://www. http://rotifera.hausdernatur.at/](http://www.http://rotifera.hausdernatur.at/). Rotifer world Catalog Search Data.2014. Última actualización: 2014. Fecha de consulta: 2014.
- Jersabek C.D. y E. Bolortsetseg. 2010. Mongolian rotifers (Rotifera, Monogononta) – a checklist with annotations on global distribution and autecology. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 159(1): 119–168.
- Juday. C. 1915. Limnological studies on some lakes in Central America. *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences Arts and letters* 18: 214-250.
- Karydis, M. 1996. Quantitative assessment of eutrophication: a scoring system for characterizing water quality in coastal marine ecosystems. *Environ. Monit. Assess.* 41: 233–246.
- Keppeler, E.C. y E.R. Hardy. 2004. Abundance and composition of rotifera in an abandoned meander lake (Lago Amapá) in rio Branco, Acre, Brazil. *Revista Brasileira de Zoología* 21(2): 233-241.
- Koh-Pasos C.G. 2013. Riqueza del Phylum Rotifera en cuerpos de agua de Cozumel, Quintana Roo, México. Tesis de licenciatura. Universidad de Quintana Roo, Cozumel, Quintana Roo. 75 p.
- Koste W. 1978. *Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas*. Borjtraeger, Berlin, Germany. 673p.
- Koste W. y R.J Shiel. 1987. Rotifera from Australian inland waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). *Invertebr. Taxon.* 7: 949-1021.
- Lampert W., W.Fleckner, H. Rai y B.E Taylor. 1986. Phytoplankton control by grazing zooplankton: a study on the spring clear-water phase. *Limnol. Oceanogr* 31: 478-490.
- Lamper W. 1997. Zooplankton research: the contribution of limnology to general ecological paradigms. *Aquatic Ecology* 31: 19-27

- Legendre, P. y L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. Amsterdam. Elsevier Science. 853 p.
- Lewis Jr., W.M., 1987. Tropical limnology. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18: 159–184.
- Lewis, W. M. 1973. The thermal regime of lake Lanao (Philippines) and its theoretical implication for tropical lakes. *Limnology and Oceanography*: 6200-217.
- Lewis, W. M. 1990. Comparisons of phytoplankton biomass in temperate and tropical lakes. *Limnology and Oceanography*35: 1838 – 1845.
- López- López, E y J., Serna-Hernández. 1999. Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Revista Biología Tropical* 47: 643-657.
- Margalef R. 1983. *Limnología*. Barcelona, España. Omega. 689 p.
- Melo, A.S., 2008. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotropica* 8, 21–27.
- Merayo, S. y E. González. 2010. Variaciones de la abundancia y la biomasa del zooplancton de un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 58 (2): 603-619.
- .Miraclel, M. R, M. T. Alfonsol, E. Vicente y W. Koste. 1995. Rotifers of spring pools in the coastal marshland of Albufera of Valencia natural park. *Limnetica* 11 (2): 39-49.
- Moreno, C. 2001. *Métodos para mediar la biodiversidad*. CYTED programa iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. ORCYT- UNESCO oficina regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Sociedad entomológica Aragonesa (SEA). 83p.
- Nandini, S., E. Ramírez-García y S.S.S Sarma. 2005. Seasonal variation in the species diversity of planktonic rotifers in Lake Xochimilco, Mexico. *Freshwater Ecol.* 20: 287-294.

- Nandini, S., M. Merino-Ibarra., S.S.S. Sarma. 2008. Seasonal changes in the zooplankton abundances of reservoir Valle de Bravo (State of Mexico, Mexico) *Lake Reserv. Manag*24: 321-330
- Navarro-Mendoza, M. 1988. *Inventario íctico y estudios ecológicos preliminares en los cuerpos de agua continentales en la Reserva de Biosfera de Sian Ka'an y áreas circuecinas en Quintana Roo, México*. CIQRO/CONACYT/USFWS. 127 p.
- Nilssen, J.P., 1984. Tropical lakes – functional ecology and future development: the need for a process-orientated approach. *Hydrobiology* 113: 231–242.
- Nogrady, T. R., L. Wallace y T. Snell. 1993. *Rotifera: Biology, Ecology and systematics. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World 4*. SPB Academia Publishing. Netherlands. 142 p.
- Obertegger U., B. Thaler y G. Flaim. 2007 Presence of the genus *Synchaeta* Ehrenberg, 1832 (Rotifera: Monogononta: Synchaetidae) in lakes of South-Tyrol. In German. *Gredleriana* 7: 141–154.
- Obertegger, U., G. Flaim y D. Fontaneto. 2014. Cryptic diversity within the rotifer *Polyarthra dolichoptera* along an altitudinal gradient. *Freshwater Biology* 59: 2413–2427.
- Ortells, R. 2002. Diversidad genética y ecológica en especies crípticas de rotíferos: Patrones y procesos. Tesis doctoral. Valencia, Valencia. España 126 p.
- Osorio-Tafall, B. 1942. Un nuevo *Diaptomus* de México Central. *Revista Brasileira de Biología* 2: 147-154.
- Puch-Delgado A. y J. C. Uh-Moo 2012. Riqueza y abundancia del zooplancton limnético de un sistema acuático de Cozumel. Tesis de licenciatura. Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México. 67p.
- Richardson, A.J. 2008. In hot water: Zooplankton and climate change. *ICES Journal of marine Science* 65: 279-295.

- Rico-Martinez, R. 1992. *Key to zooplankton of lake Chapala (México). End of the course report of the international training Course "Zooplankton: a tool in lake management" Institute of the animal ecology. Bélgica. University of the Belgian.* 124 p.
- Sabido-Villanueva, P. 2011. Riqueza de copépodos (Calanoida, Cyclopoida) limnéticos en sistemas cársticos de Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México. 99 p.
- Schmitter-Soto, J., E. Escobar-Briones, J. Alcocer, E. Suárez-Mortales, M. Elías Gutiérrez y L. Martín. 2002a. Los cenotes de la Península de Yucatán. En: de Lanza-Espino, G. y J. García-Calderón (Eds). *Lagos y presas de México* (pp 337-381). México, D.F.
- Saunders, J.F., Lewis, W.M., 1988. Dynamics and control mechanisms in a tropical zooplankton community (Lake Valencia, Venezuela). *Ecol. Monogr.* 58, 337–353.
- Sendacz, S. 1993. Distribuição geográfica de alguns organismos zooplanctônicos na América do Sul. *Acta Limnol. Brasil* 6: 31-41.
- Sommer, U., Maciej, G., Lampert, W y A. Duncan. 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.* 106;433–471
- Sousa, W., J.L. Attayde, E.D.S .Rocha y E.M Eskinazi-Sant'Anna. 2008. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *J. Plankton Res.* 30: 699–708.
- Spatharias, S., Roelke D.L., Dimitra kopoulous G y Kokkoris G. 2011. Analyzing the (mis) behavior of Shannon index in eutrophication studies using field and simulated phytoplankton assemblages. *Ecological indicators* 11: 697-703
- Stephan-Otto, E. 2003. In: *Proceedings of the Second International Conference on Xochimilco, Ecological Park of Xochimilco, UAM Xochimilco, Mexico City, Mexico*

- Sarma, S. S. S. 1996. *Zooplankton de las aguas epicontinentales de México. Manual de Zoología*. México, Campus Iztacala. 29 p.
- Sarma, S. S. S. y M. Elías-Gutiérrez. 1997. Taxonomic studies of fresh water rotifers (Rotifera) from Mexico. *Hydrobiologia* 44: 341-357.
- Sarma S.S.S y M. Elías-Gutiérrez. 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. *Hidrobiología* 387/388: 47-54.
- Sarma, S.S.S y M. Elías-Gutiérrez. 1999 a. A survey on the rotífero (Rotifera) fauna of the Yucatán Península (México). *Biología Tropical* 47: 187-196.
- Sarma, S.S.S y M. Elías-Gutiérrez. 1999 b. Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of central Mexico. *Limnologica* 29: 475-483.
- Sarma, S., L. Osnaya-Espinosa, C. Aguilar-Acosta y S. Nandini. 2011. Seasonal variations in zooplankton abundances in the Iturbide reservoir (Isidro Fabela, State of Mexico, Mexico). *Journal of Environmental Biology* 32:473-480.
- Schmitter-Soto J.J., E., Escobar-Briones, J., Alcocer, E., Suárez-Morales, M., Elías-Gutiérrez y L.E., Marín. 2002. Los cenotes de la Península de Yucatán. En: De Lanza Espino G., y J.L, García Calderón (Eds). *Lagos y presas de México*. (pp.337-381). México D.F. AGT.
- Segers H. 1995. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World. University of Gent, Belgium. Volume 2: the Lecanidae (Monogononta). 145p.
- Shiel R.J. 1995. *A guide to identification of rotifers, cladocerans and copepods from Australian inland water*. Volume 1-144 p.
- Serrania-Soto C.R. 1993. Diversidad de rotíferos monogonontos en algunos sistemas acuáticos del estado de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Iztacala, México. 74p.

- Suárez Morales, E. 2000. Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. CONABIO. *Biodiversitas* 29: 7-11.
- Suárez-Morales, E. y M. Elías -Gutiérrez. 2003. Estado actual del conocimiento de los copépodos de aguas continentales de México. En: M., Barreiro Guemes, E. Signoret-Poillon, M. y G. Figueroa- Torre (eds), *Planctología Mexicana*. Veracruz. Universidad Autónoma Metropolitana. El Colegio de la Frontera Sur.
- Suárez-Morales E.; M. Elías Gutiérrez, J. Ciros-Pérez y M. Silva-Briano. 2000. Cladóceras. En: Llorente-Bousquets J., Gonzales-Soriano E y Papavero N. (eds). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol.2.* (pp. 159-169). México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Suárez-Morales, E y R. Gasca. 1992. *De los misteriosos seres que viven suspendidos en el agua; El zooplancton*. Chetumal QROO. CIQRO. México. 21p
- Suárez-Morales, E y M.A. Gutiérrez-Aguirre. 2001. Morfología y taxonomía de los *Mesocyclops* (Crustacea: Copepoda: Cyclopoida) de México. CONACYT / ECOSUR. México: 157- 169.
- Suarez-Morales E., J. Reid, T. Ilife y F. Fiers. 1996. Catálogo de copépodos (crustacea) continentales de Península de Yucatán, México. ECOSUR y CONABIO. México.
- Suárez-Morales E. y E. Rivera-Arriaga. 1998. Hidrología y fauna Acuática de los Cenotes de la península de Yucatán. *Rev. Soc. Méx. Nat.*, 48: 37-47
- Uéno, M. 1939. Zooplankton of Lago de Pátzcuaro, México. *Annotationes zoologicae Japonensis* 18: 105-114.
- Vásquez E., W. Koste y L. Medina. 1991. Variaciones morfológicas del rotífero *Keratella americana* (Carlin, 1943) de una laguna de inundación del río Orinoco, Venezuela. *Hydrobiol. Trop.* 24 (2): 83-90.

- Virro T., M. Haberman, M. Haldna y K. Blank. 2009. Diversity and structure of the winter rotifer assemblage in a shallow eutrophic northern temperate Lake Vortsjarv. *Aquatic Ecology*, 43: 755–764.
- Winner R. y Farrell M. 1976. Acute and chronic toxicity of copper to four species of *Daphnia*. *RevSci*. 4:33:42.
- Yáñez-Mendoza, G., E. Zarza- González y L. M. Mejía-Ortiz. 2008. Sistemas alquihalinos. En: L.M. Mejía.- Ortiz (Ed.). *Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel* (pp. 49-61). Cozumel, México. Universidad de Quintana Roo, Plaza y Valdés.
- Yoshida, T., Kagami, M., Bahadur Gurung, T. y J. Urabe. 2001. Seasonal succession of zooplankton in the north basin of Lake Biwa. *Aquat. Ecol.* 35: 19–29.
- Zanata, S., B, Torres-Orozco, J, Zavala-Hurtado y Pérez-Hernández, M. 2007. Plankton rotifers from a tropical lake: differences in distribution and migration patterns in two mixing events, with similar abiotic conditions. *Hidrobiológica* 17: 1-19.

ANEXOS

Anexo 1

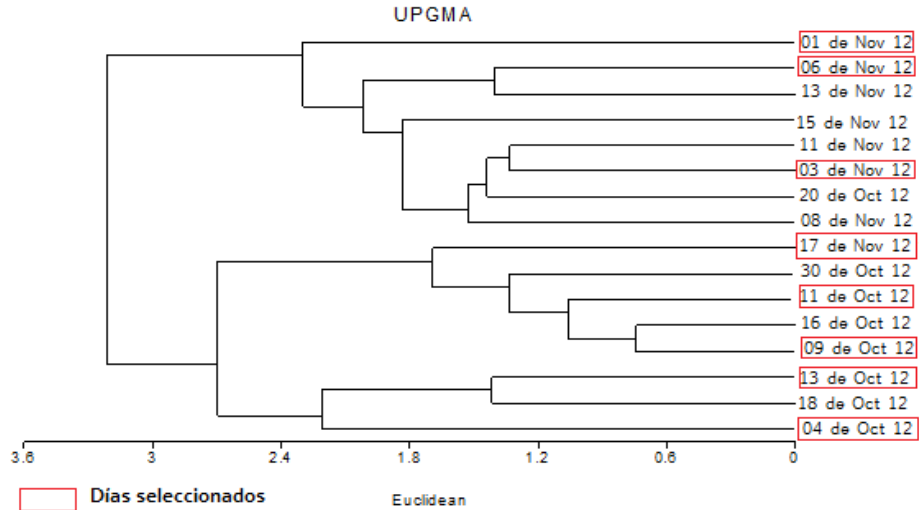


Fig. 41. Dendrograma para la selección de días de muestreo que presentaron diferencias en su agrupación.

Anexo 2

Tabla 2 Clorofila a, profundidad y transparencia Pileta UQROO

Interfase	Clorofila a (mg/l)	Profundidad (m)	Transparencia (m)	Condición trófica
Lluvia-Nortes	5.70 ± 0.65	1.03 ± 0.06	0.83 ± 0.06	Mesotrófico
Nortes- Secas	3.97 ± 0.35	0.97 ± 0.6	0.67 ± .015	Mesotrófico
Secas-Lluvias	2.93 ± 0.21	0.9 ± 0.1	0.47 ± 0.06	Mesotrófico

Tabla 3 Clorofila a, profundidad y transparencia Cenote Maravillas

Interfase	Clorofila (mg/l)	Profundidad (m)	Transparencia (m)	Condición trófica
Lluvia-Nortes	4.42 0.75	1.3 ± 0.06	0.83 ± 0.12	Mesotrófico
Nortes- Secas	2.26 ± 0.66	1.03 ± 0.15	0.77 ± .015	Oligotrófico
Secas- Lluvias	6.57 ± 0.89	0.68 ± .10	0.47 ± 0.6	Mesotrófico

ANEXO 3

Tabla 4. Relación de los organismos depositados en El Colegio de la Frontera Sur, usando el prefijo: ECO-CH-Z0, en la colección de zooplancton.

ECO-CH-Z	Especie Autor, Año	Fecha de colecta
ECO-CH-Z-09281	<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	04/10/2012
ECO-CH-Z-09282	<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	06/02/2013
ECO-CH-Z-09283	<i>Mytilina bisulcata</i> (Lucks, 1912)	06/11/2012
ECO-CH-Z-09284	<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg, 1832)	04/10/2012
ECO-CH-Z-09285	<i>Lecane hastata</i> (Harring, 1913)	11/10/2012
ECO-CH-Z-09286	<i>Lecane elsa</i> Hauer, 1913	18/02/2013
ECO-CH-Z-09287	<i>Polyarthra cf. dolichoptera</i> Idelson, 1925	28/05/2013
ECO-CH-Z-09288	<i>Dicranophorus epicharis</i> Harring & Meyers, 1928	28/05/2013
ECO-CH-Z-09289	<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)	25/03/2013
ECO-CH-Z-09290	<i>Platylas quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	17/11/2012
ECO-CH-Z-09291	<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	21/05/2013
ECO-CH-Z-09292	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	25/02/2013
ECO-CH-Z-09293	<i>Brachionus patulus</i> (Müller, 1786)	04/10/2012
ECO-CH-Z-09294	<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)	25/03/2013