

Capítulo 7 Tendencias en el estudio taxonómico de copéodos de agua dulce de México

Chapter 7 Trends in the taxonomic study of freshwater copepods from Mexico

GUTIÉRREZ-AGUIRRE, Martha Angélica†* y CERVANTES-MARTÍNEZ, Adrián

Universidad de Quintana Roo, Departamento de Ciencias y Humanidades, Cozumel Quintana Roo, México, C. P. 77600

ID 1^{er} Autor: *Martha Angélica, Gutiérrez-Aguirre* / **ORC ID:** 0000-0002-9329-820X, **CVU CONACYT ID:** 25926

ID 1^{er} Coautor: *Adrián, Cervantes-Martínez* / **ORC ID:** 0000-0002-8947-8558, **CVU CONACYT ID:** 38351

DOI: 10.35429/H.2020.9.86.94

M. Gutiérrez & A. Cervantes

margutierrez@uqroo.edu.mx

A. Marroquín, J. Olivares, L. Cruz y A. Bautista. (Coord) Biología. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Querétaro, 2020.

Resumen

En este estudio presentamos una revisión de estudios taxonómicos y marcos conceptuales sobre los cuales se ha abordado la clasificación de copépodos de agua dulce y de vida libre en México. Esta síntesis contribuye a la certeza taxonómica de estos organismos poco conocidos. Este tipo de estudios se basan en el uso de herramientas técnicas como el análisis de múltiples caracteres morfológicos y / o moleculares, que en la actualidad se consideran una fuente de información para describir y definir especies.

Copepoda, Crustáceos, agua dulce, vida libre, zooplancton

Abstract

In this study we present a review of taxonomic studies and conceptual frameworks on which the classification of freshwater and free-living copepods has been addressed in Mexico. This synthesis contributes towards the taxonomic certainty of these little-known organisms. This kind of studies are based on the use of technical tools such as the analysis of multiple morphological and / or molecular characters, which are currently considered as a source of information to describe and define species.

Copepoda, Crustacea, freshwater, free living, zooplankton

7. Introducción

El conocimiento de la diversidad y el establecimiento de una sistemática clara, son herramientas que permiten no sólo obtener un conocimiento básico, sino que, a partir de ellas, es posible abordar estudios relacionados con análisis biogeográficos, evolutivos, de ecología clásica, ecología aplicada y ecología funcional, por ejemplo. Los alcances de éstas ciencias se fortalecen siempre que se fundamenten en la precisión taxonómica de los seres vivos (Fox *et al.*, 2014). Ejemplos de este tipo pueden consultarse en Cruz-Gómez, Franco-López y Rodríguez-Varela (2020).

Para clasificar a los organismos es necesario fundamentarse en la ciencia de la taxonomía y las categorías taxonómicas o taxones que usamos generalmente para clasificar a los seres vivos son las siguientes: Reino, Filo, Clase, Orden Familia, Género y Especie. En relación con los crustáceos, se han descrito alrededor de 30,000 especies vivientes, los cuales poseen una elevada diversidad de formas en sus cuerpos que han colonizado cada hábitat acuático existente en el planeta. Por la riqueza de especies, abundancia y biomasa que abarcan en dichos ecosistemas, los Copepoda son los taxa más importantes del zooplancton dulceacuícola de los sistemas acuáticos epicontinentales, lóticos y lénticos de México.

En el mundo se conocen unas 14,000 especies de Copépodos en total y de éstas unas 3000 se consideran como de agua dulce y de vida libre. En México el inventario de éste tipo de copépodos asciende a 110 especies. Por lo tanto, de acuerdo con diversos autores México ha transitado en poco más de una década, de ser una de las regiones con menos conocimiento del zooplancton a una de las más conocidas (Sharma y Kotov, 2013) y actualmente cuenta con una revisión reciente de toda la información existente, en cuanto a las especies presentes en su territorio (Suárez-Morales *et al.*, 2020).

En cuanto a su importancia ecológica dichos crustáceos constituyen el segundo eslabón en la cadena alimenticia en un sistema acuático; por lo tanto, son un vehículo eficiente que transfiere la energía generada y almacenada en los productores primarios, hacia los consumidores secundarios; son habitantes de ambientes semi-terrestres, del bentos y columna de agua de ecosistemas lóticos y lénticos y así también, se les ha registrado en sistemas acuáticos subterráneos.

En el presente estudio presentamos una revisión de los estudios de clasificación y de los marcos conceptuales en que se ha abordado la clasificación de copépodos dulceacuícolas y de vida libre; con el objeto de que esta síntesis aporte hacia la certidumbre taxonómica de organismos poco conocidos lo cual podría incidir de manera fundamental en sus estudios ecológicos, contribuyendo incluso al conocimiento de su distribución en amplias escalas, evaluación de ambientes o incluso, conservación.

7.1 Metodología a desarrollar

A través de un muestreo intencional, no probabilístico se realizó un proceso de revisión bibliográfica para determinar el número de especies de copépodos descritas en México y consideradas como válidas, desde inicio del siglo XX, hasta la fecha.

Lo previo permitió determinar bajo qué enfoque conceptual, así como qué herramientas metodológicas y/o técnicas, se han empleado (o han influido) sobre el conocimiento de la riqueza de las especies de crustáceos copépodos de vida libre, que habitan los ecosistemas epicontinentales de nuestro país.

Con estos datos también fue posible determinar cuál es la tasa de cambio en que se ha incrementado la descripción de especies de éstos micro-crustáceos en México, durante los últimos 100 años.

7.2 Resultados y análisis

7.3 Cosmopolitanismo y no cosmopolitanismo

Los niveles taxonómicos “altos” en los que se clasifica la biodiversidad son los Reinos, Filos, Clases y Órdenes, los cuales se van multiplicando hacia los niveles taxonómicos “bajos”, tales como las Familias y los Géneros, los cuales son sustentados por la representación básica de la diversidad del planeta, conocida como Especie.

El grupo de organismos que aquí nos interesa (Copepoda) se considera cosmopolita para los niveles altos en que se clasifica la diversidad, debido a que existen en el mundo desde hace unos 200 millones de años; cuentan con estrategias reproductivas que generan etapas de desarrollo resistentes que pueden trasladarse por vías indirectas tales como el viento, el flujo de agua entre cuencas, o el transporte de mamíferos y aves y no son fácilmente accesibles a nuestros sentidos porque son organismos principalmente acuáticos y microscópicos (máximo 2 mm de longitud).

Bajo la influencia de los hechos previamente mencionados, se inició la clasificación de los copépodos durante la segunda mitad del siglo XVIII en Europa y Estados Unidos de América (Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez, 2003). Las primeras monografías completas y con descripciones ilustradas y detalladas de micro-crustáceos estuvieron a cargo de Müller en la segunda mitad del siglo XVIII y de Lilljeborg a finales del siglo XIX, con fauna europea. En ese entonces, Birge inició con las descripciones de organismos en América y desafortunadamente por falta de material bibliográfico y humano (para consulta), retomó muchos de los nombres de las especies europeas y los asignó a los especímenes de América (que en muchas ocasiones eran morfológicamente parecidos a los europeos), iniciando la clasificación de las especies de micro-crustáceos americanos, con fundamento en las teorías del cosmopolitanismo y dispersalismo (Frey, 1986).

Bajo ésta influencia inició en México el análisis taxonómico de los copépodos dulceacuícolas durante las primeras 6 décadas del siglo XX y por autores extranjeros, se publicaron los primeros inventarios, así como las primeras descripciones de copépodos, procedentes de colectas puntuales de contados sistemas de la Ciudad de México, Estado de México, las costas este y norte de la Península de Yucatán, San Luis Potosí, Michoacán, Puebla, Hidalgo y Morelos. Hacia 1959 el estudio taxonómico de copépodos en México había generado un inventario de alrededor de 46 especies (Figura 1), con la descripción de las que entonces eran consideradas como especies o subespecies mexicanas, desconocidas para la ciencia y válidas actualmente: *Microdiaptomus cokeri* (Osorio-Tafall, 1942), *Leptodiaptomus cuauhquemoci* (Osorio-Tafall, 1941), *L. garciai* (Osorio-Tafall, 1942), *L. mexicanus* (Marsh, 1929), *Mastigodiaptomus montezumae* (Brehm, 1955) *Tropocyclops prasinus aztequei* Lindberg, 1955 y *T. prasinus mexicanus* (Kiefer, 1938), por ejemplo (Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez, 2003).

Durante este periodo de 1904 a 1959 la tasa de cambio del número de especies de copépodos conocidas en México fue de 18.0 (Fig. 1), época en que se consideraban sólo la forma general del cuerpo y del abdomen; así como la forma general de dos o tres apéndices del crustáceo (las anténulas y las quintas patas) como características morfológicas informativas del estado adulto (exclusivamente), para diferenciar a las especies (Tabla 7.1).

Tabla 7.1 Modelos de descripción de las características consideradas como diagnósticas para la clasificación de especies de Copepoda. Las casillas vacías representan estructuras no descritas y no ilustradas en el período correspondiente. La nomenclatura de las estructuras anatómicas mencionadas, se puede consultar en Mercado-Salas *et al.* (2015).

Estructura	Primeras 5 décadas del siglo xx	Últimas 2 décadas del siglo xx
Cuerpo (hembra y macho)	Tamaño total y tamaño del prosoma y urosoma	Ilustración y descripción. Tamaño total y tamaño del prosoma y urosoma. Importante la ornamentación lateral y dorsal del quinto somita del prosoma (con o sin setas, con espinas, características de la membrana hialina, etc.)
Anténula hembra	Número de segmentos, tamaño en relación al cuerpo. Particular atención a los géneros cuyos últimos tres segmentos de la anténula presentan membrana hialina.	Ilustración y descripción. Longitud en relación al cuerpo. Número de segmentos. Número de setas, setas modificadas y estetascos por segmento, posición y forma de cada uno de ellos. Longitud y forma de los últimos tres segmentos para hacer diferencias entre géneros y especies
Anténula macho		Ilustración y descripción. Número de segmentos. Número de setas, setas modificadas y estetascos por segmento, posición y forma de cada uno de ellos
Antena (hembra y macho)		Ilustración y descripción. Número de segmentos del endópodo, número de setas sobre cada segmento. Ornamentación, posición y número de setas y/o espinas sobre el basis, caudal y frontalmente.
Mandíbula (hembra y macho)	Número de segmentos en el palpo.	Ilustración y descripción. Número, tamaño y ornamentación de las setas sobre el palpo, número y posición de espinas y forma de la gnatobase.
Maxílula (hembra y macho)		Ilustración y descripción. Número de setas y/o espinas sobre la precoxa y forma y ornamentación tanto de los segmentos del palpo, como de las setas que porta cada segmento.
Maxila (hembra y macho)		Ilustración y descripción. Forma, tamaño y número de dientes sobre el margen cóncavo del gancho del basis, así como la forma de las dos setas que lo flanquean. Número de segmentos del endópodo.
Maxilípodo (hembra y macho)		Ilustración y descripción. Número, posición y tamaño de dientes y/o espinas sobre el basis; así como el número de segmentos y número de setas que porta cada segmento.
Patas 1-4 (hembra y macho)	Fórmula espinal del último segmento del exópodo de las Patas 1 a 4, así como el número de espinas y setas de cada segmento del exópodo y endópodo de las Patas 1 a 4. Relación largo/ancho del último endópodo de la Pata 4 en comparación con la longitud de las espinas apicales del mismo segmento.	Ilustración y descripción. Forma y ornamentación frontal y caudal del esclerito intercoxal (nombrado también como “placa conectora” o “lamela conectora”). Fórmula espinal del último segmento del exópodo de cada pata. Relación largo/ancho del último endópodo de la Pata 4 en comparación con la longitud de las espinas apicales del mismo segmento. Número de segmentos en el endópodo y exópodo de cada pata. Ornamentación de la coxa y basis en vista frontal y caudal de cada una de las patas.
Pata 5 (hembra y macho)	Número de segmentos en la pata y número y posición de las setas y/o espinas sobre el segmento apical.	Ilustración y descripción. Número de segmentos en la pata. Número, tamaño y posición de setas y/o espinas sobre el segmento apical para hacer diferencias a nivel específico y supra-específico
Abdomen (hembra)	Tamaño del segmento genital. Forma y ornamentación de la región distal de cada segmento abdominal	Ilustración y descripción. Relación largo/ancho del segmento genital. Forma y ornamentación de la superficie y de la región distal de cada segmento abdominal

Receptáculo seminal (hembra)		Ilustración y descripción. Forma de los márgenes anterior, posterior, forma de los brazos laterales y forma y extensión de la bursa para hacer diferenciación a nivel específico.
Abdomen (macho)		Ilustración y descripción. Ornamentación superficial de cada somita.
Pata 6 (macho)	Comparación del tamaño entre las setas y/o espinas para diferenciar entre especies.	Ilustración y descripción. Comparación de tamaño entre las setas y/o espinas para hacer diferenciación entre especies.
Rama caudal (hembra y macho)	Ilustración y descripción. Tamaño de las ramas caudales en relación con el somita anal. Comparación del tamaño de las setas furcales y posición de las setas dorsales y laterales.	Ilustración y descripción. Relación largo/ancho y comparación del tamaño de las setas furcales para hacer diferenciación a nivel específico.
Secuenciación de los pares de bases de marcadores genéticos (nauplio, copepodito, hembra y macho)		Descripción de las secuencias y análisis de la distancia genética dentro y entre especies.

Fuente: "Elaboración propia"

Durante los 20 años posteriores (1960 a 1979), la tasa de cambio en el inventario de especies conocidas de copépodos en México fue igual a 0.0 (Figura 1); por lo tanto consideramos que, durante ese periodo la influencia de la teoría del cosmopolitismo hacia la clasificación de los copépodos distribuidos en nuestro país, continuaba vigente (así como la revisión de pocas características morfológicas en los especímenes). Sin embargo, también durante las décadas de 1970 y 1980 autores como Kiefer (1981) y Frey (1982a, 1982b; 1987) proponen la inexistencia del cosmopolitismo en microcrustáceos con fundamento en el análisis morfológico microestructural (altamente detallado) de los organismos, la teoría de la deriva continental y la vicarianza. Propusieron que la similitud morfológica de "especies" entre continentes no se explica por factores de transporte de estructuras reproductivas de resistencia, sino que cuando inició la deriva continental, en cada fragmento quedaron "protoespecies" similares entre sí (que venían diferenciándose desde el Paleozoico) que con el paso del tiempo dieron origen a las especies actuales, desde el aislamiento.

Probablemente bajo la influencia de éstas ideas y por el trabajo precedente de Kiefer (1932), se publicaron en América las primeras propuestas de límites geográficos y morfológicos entre Familias, Subfamilias y Géneros de copépodos de los órdenes Calanoidea, Cyclopoida y Harpacticoida, definiendo por ejemplo la diferenciación de subgéneros (actualmente géneros) de lo que se reconocía como al único género de calanoide *Diaptomus* distribuido en todo el planeta, cosmopolita. Así por ejemplo, se reconoce que *Leptodiaptomus* es un género endémico de la región Neártica, y a *Mastigodiaptomus* como un género endémico de la región Neotropical (Suárez-Morales, Reid y Elías-Gutiérrez, 2005) y que *Diaptomus* efectivamente es un género válido, pero con distribución en las regiones Neártica y Paleártica. De manera ventajosa, durante las décadas de 1970 a 1980 también se generó mayor acceso a técnicas y tecnologías que facilitan la observación de organismos microscópicos, tal como el microscopio electrónico de barrido, el mejoramiento de la microscopía de luz y la masificación de hardware y software que magnificó el acceso y la capacidad de usar y analizar una gran cantidad de datos, tales como las características morfológicas en los copépodos.

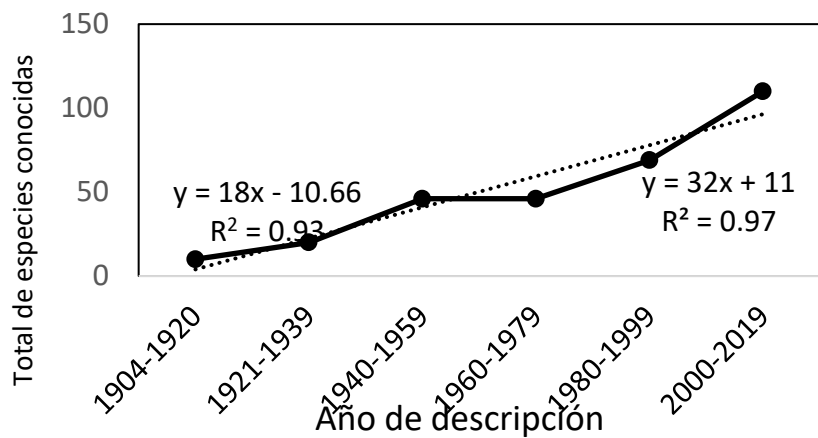
Lo anterior definitivamente eliminó la idea de cosmopolitismo a nivel específico entre los copépodos: obras como las de Fiers y van de Velde (1984) y van de Velde (1984), quienes al trabajar con el género *Mesocyclops* como modelo (Cyclopidae) y con fundamento en el análisis fino de la epidermis de apéndices cefálicos, torácicos y del receptáculo seminal; sentaron las bases para definir caracteres morfológicos diagnósticos estables (inter e intra poblacionales), útiles para proponer límites entre varias especies que se consideran taxonómicamente problemáticas y sin duda, generaron mayor interés entre los taxónomos por conocer realmente la diversidad de copépodos que nos rodea. Van de Velde (1984) propuso alrededor de 20 caracteres morfológicos estables, pero conforme se profundiza en el estudio de diversos géneros el número de caracteres morfológicos diagnósticos, se incrementa (ver por ejemplo a Alekseev y Defaye, 2011).

En la segunda columna de la Tabla 1, se enlistan los caracteres morfológicos que especialmente a partir de la década de 1990 se consideran útiles hasta la actualidad, para clasificar a las especies de los géneros *Mastigodiatomus*, *Acanthocyclops*, *Diacyclops*, *Eucyclops*, *Apocyclops*, *Paracyclops* y *Microcyclops*. Incluso para el caso de *Mesocyclops* considerado un género pantropical, con alrededor de 70 especies reconocidas, éstos caracteres mostraron sustentar las relaciones entre especies hermanas (Hołyńska, 2006). A través de estas evidencias se han sustentado dos propuestas teóricas en relación con el zooplancton distribuido en México: 1) la existencia de endemismos regionales a nivel específico y 2) al término del siglo XX, la diversidad del zooplancton dulceacuícola está subestimada en nuestro país.

7.4 Descripciones detalladas

En este contexto continuó el estudio taxonómico de los copépodos en México en las últimas dos décadas del siglo XX y las dos primeras del siglo XXI, cuando se alcanzó un valor de 32 en la tasa de cambio de la descripción de especies de estos organismos (Fig. 7.1) y como resultado, el número de especies conocidas se ha duplicado a 110.

Figura 7.1 Tendencia en el número de especies de copépodos conocidas en México, durante los últimos 115 años.



Fuente: "Elaboración propia"

En México, los hallazgos de caracteres diagnósticos, fundamentados sobre análisis morfológicos detallados de copépodos adultos generó un florecimiento en la descripción de especies nuevas de los géneros *Mastigodiatomus*, *Leptodiatomus* (Grimaldo-Ortega et al., 1998; Elías-Gutiérrez, Suárez-Morales y Romano, 1999; Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez, 1999), *Acanthocyclops*, *Diacyclops*, *Mesocyclops*, *Paracyclops* (Fiers, Reid, Iliffe y Suárez-Morales, 1996; Fiers, Ghenné y Suárez-Morales, 2000; Mercado y Suárez-Morales, 2009), *Halicyclops*, *Prehendocyclops* (Fiers, 1995; Rocha, Iliffe, Reid y Suárez-Morales, 2000), *Eucyclops* (Mercado-Salas, Suárez-Morales y Silva-Briano, 2015) y *Microcyclops* (Gutiérrez-Aguirre y Cervantes-Martínez, 2016). Este florecimiento también se ha visto intensificado durante la última década, con el acceso a la información molecular de los copépodos, lo cual ha permitido confirmar la existencia en nuestro país de especies que se creían sinónimos, tal como es el caso de *Leptodiatomus garciai* (Montiel-Martínez, Ciro-Pérez, Ortega-Mayagoitia y Elías-Gutiérrez, 2008), o *Mastigodiatomus patzcuarensis* (Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez y Elías-Gutiérrez 2014). De tal manera que la información generada por el marcador molecular COI también ha contribuido al desarrollo de la taxonomía de géneros como *Mastigodiatomus* (Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez, Elías-Gutiérrez y Lugo-Vázquez, 2020) y podría ser oportuno que se probase su utilidad en géneros tales como *Paracyclops* o *Tropocyclops*, los cuales son de amplia distribución en nuestro país.

Además de aportar al conocimiento básico de la biodiversidad, éstas descripciones detalladas (morfológica y molecularmente) también generan evidencias que sustentan la existencia de endemismos regionales en los copépodos dulceacuícolas a nivel específico y probablemente se propicie el enfoque en la re-evaluación de las áreas tipo, del material tipo depositado en colecciones biológicas y de la importancia por enriquecer las colecciones regionales y locales; así como observar de manera precisa y detallada a las áreas de distribución de cada especie.

Para el caso de los copépodos dulceacuícolas y de vida libre éste tipo de análisis ha generado la oportunidad de abordar estudios que prueben hipótesis biogeográficas (¿historias geográficas generadas por la dispersión...o la vicarianza?) considerando a aquellos taxa cuya distribución va siendo más conocida, con la posibilidad, por ejemplo, de establecer eco-regiones en función de la biota presente a nivel regional (Perbiche-Neves *et al.*, 2014).

El conocimiento de la biodiversidad de copépodos finalmente, también podría usarse como vehículo para discutir acerca del concepto de taxonomía (¿Por las herramientas y por el tipo de datos que se utilizan para clasificar...se puede catalogar a la taxonomía?)

7.5 Agradecimientos

A la Universidad de Quintana Roo y al CA Vulnerabilidad y Biodiversidad de Sistemas acuáticos Continentales y Costeros (CAVBSACC).

7.6 Conclusiones

El crecimiento en el número de especies de copépodos de vida libre, que habitan ecosistemas epicontinentales en el país y que inició a principios de 1900, es lineal, con tasas de cambio elevada. Por lo tanto, es oportuno incrementar el esfuerzo por realizar este tipo de estudios porque a la fecha, la riqueza conocida de estos crustáceos está subestimada en función de la riqueza real esperada. La ciencia sobre la que se sustentan los estudios de este tipo es la taxonomía, y actualmente se considera el uso de herramientas técnicas como el análisis de múltiples caracteres morfológicos y/o moleculares, como fuente de información para describir y definir a las especies.

Por las características biológicas de estos organismos, se han generado oportunidades para discutir conceptos tales como especie, grupos de especies, complejos de especies, distribuciones amplias y distribuciones restringidas.

7.7 Referencias

- Alekseev, V. R, y Defaye, D. (2011). Taxonomic differentiation and world geographical distribution of the *Eucyclops serrulatus* group (Copepoda, Cyclopoidae, Eucyclopinae). *Studies on Freshwater Copepoda*, 41-72.
- Cruz-Gómez, A., Franco-López, J. y Rodríguez-Varela, A. C. (2020). Ecología trófica de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) (Pisces: Goodeidae) en la Laguna de Salazar Estado de México, México. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 13, 918-933. <http://revistas.unam.mx/index.php/biocyt>.
- Elías-Gutiérrez, M., Suárez-Morales, E. y Romano, B. (1999) A new species of *Leptodiptomus* (Copepoda, Diaptomidae) from Northwestern Mexico with comments on the distribution of the genus. *Journal of Plankton Research*, 21(4), 603-614.
- Fiers, F. (1995). *Halicyclops caneki* nov. sp. (Copepoda, Cyclopoida) from Celestun Lagoon (Yucatan, Mexico). *Belgian Journal of Zoology*, 125(2), 351-357.
- Fiers, F., Ghenne, V. y Suárez-Morales, E. (2000). New species of continental copepods (Crustacea, Cyclopoida) from the Yucatán Peninsula, México. *Stud. Neotrop. Fauna and Env.*, 35, 209-251.
- Fiers, F., Reid, J. W., Iliffe, T. M. y Suárez-Morales, E. (1996). New hypogean cyclopoid copepods (Crustacea) from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Contributions in Zoology*, 66, 65-102.
- Fiers, F. y van de Velde, I. (1984). Morphology of the antenna and its importance in the systematics of the Cyclopidae. *Crustaceana*, 7, 182-199.
- Fox, C. W., Irschick, D. J., Knapp, A.K., Thompson, K., Baker, L. y Meyer, J. (2014). Functional ecology: moving forward into a new era of publishing. *Functional Ecology*, 28, 291-292.

- Frey, D. G. (1982a). Contrasting strategies of gamogenesis in northern and southern populations of Cladocera. *Ecology*, 63(1), 223-241.
- Frey, D. G. (1982b). Questions concerning cosmopolitanism in Cladocera. *Arch. Hydrobiol*, 93(4), 484-502.
- Frey, D. G. (1987). The taxonomy and biogeography of the Cladocera. *Hydrobiologia*, 145, 5-17.
- Grimaldo, D., Elías-Gutiérrez, M., Camacho, M. y Ciros-Pérez, J. (1997). Additions to Mexican freshwater copepods with the description of the female *Leptodiaptomus mexicanus* (Marsh). *Journal of Marine Systems*, 15(1-4), 381-390.
- Gutiérrez-Aguirre, M. A. y Cervantes-Martínez, A. (2016). Taxonomic evaluation of eleven species of *Microcyclops* Claus, 1893 (Copepoda, Cyclopoida) and description of *Microcyclops inarmatus* sp. n. from America. *Zookeys*, 603, 33-69.
- Gutiérrez-Aguirre, M. A., Cervantes-Martínez, A. y Elías-Gutiérrez, M. (2014). An example of how barcodes can clarify cryptic species: the case of the calanoid copepod *Mastigodiaptomus albuquerquensis* (Herrick). *PLoS ONE*, 9(1): e85019. DOI: 10.1371/journal.pone.0085019.
- Gutiérrez-Aguirre, M., Cervantes-Martínez, A., Elías-Gutiérrez, M. y Lugo-Vázquez, A. (2020). Remarks on *Mastigodiaptomus* (Calanoida: Diaptomidae) from Mexico using integrative taxonomy, with a key of identification and three new species. *PeerJ*, 8:e8416 DOI 10.7717/peerj.8416.
- Holyńska, M. (2006). Phylogeny of *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopidae) inferred from morphological characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 147, 1-70.
- Kiefer, F. (1932). Versuch eines systems der altweltlichen Diaptomiden (Copepoda, Calanoida). *Zoologischer Anzeiger*, 100, 213-220.
- Kiefer, F. (1981). Beitrag zur kenntnis und geographischen verbreitung von *Mesocyclops leuckarti* auctorum. *Arch. Hydrobiol Suppl.*, 62, 148-190.
- Mercado-Salas, N. F., Pozo, C., Morrone, J. J y Suárez-Morales, E. (2012). Distribution patterns of the American species of the freshwater genus *Eucyclops* (Copepoda: Cyclopoida). *J. Crustacean Biol.*, 32(3), 457-464
- Mercado-Salas, N. y Suárez-Morales, E. (2009). A new species and illustrated record of *Paracyclops* Claus, 1893 (Copepoda: Cyclopoida: Cyclopinae) from Mexico. *Journal of Natural History*, 43 (45-46), 2789-2808.
- Mercado-Salas, N., Suárez-Morales, E. y Silva-Briano, M. (2015). Taxonomic revision of the Mexican *Eucyclops* (Copepoda: Cyclopoida) with comments on the biogeography of the genus. *Journal of Natural History*, DOI: 10.1080/00222933.2015.1061715.
- Montiel-Martínez, A., Ciros-Pérez, J., Ortega-Mayagoitia, E. y Elías-Gutiérrez, M. (2008). Morphological, ecological, reproductive, and molecular evidence for *Leptodiaptomus garciai* (Osorio-Tafall, 1942) as a valid endemic species. *Journal of Plankton Research*, 30(10), 1079-1093. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbn067>.
- Perbiche-Neves, G., Previattelli, D., Pie, M. R., Duran, A., Suárez-Morales, E., Boxshall, G., Nogueira, M. G. & da Rocha C. E. F. (2014). Historical biogeography of the neotropical Diaptomidae (Crustacea: Copepoda). *Frontiers in Zoology*, 11, 36. <http://www.frontiersinzoology.com/content/11/1/36>.
- Rocha, C. E. F., Iliffe, T. M., Reid, J. W. y Suárez-Morales, E. (2000). *Prehendocyclops* a new genus of the subfamily Halicyclopinae (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopidae) from cenotes of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Sarsia*, 85(2), 119-140.

Sharma, P. y Kotov, A. A. (2013). Molecular approach to identify sibling species of the *Ceriodaphnia cornuta* complex (Cladocera: Daphniidae) from Australia with notes on the continental endemism of this group. *Zootaxa*, 3702, 79-89.

Suárez-Morales, E. y Elías-Gutiérrez, M. (1999). Two new *Mastigodiptomus* (Copepoda, Diaptomidae) from southeastern Mexico, with a key for the identification of the known species of the genus. *Journal of Natural History*, 34, 693-708.

Suárez-Morales, E. y Elías-Gutiérrez, M. (2003). Estado actual del conocimiento de los copépodos de aguas continentales de México. En M. T. Barreiro-Güemes, M. E. Meave del Castillo, M. Signoret-Poillon y M. G. Figueroa-Torres (Eds.), *Planctología Mexicana* (pp. 157-170). Ciudad de México, México: Sociedad Mexicana de Planctología.

Suárez-Morales, E., Gutiérrez-Aguirre, M. A., Gómez, S., Perbiche-Neves, G., Previattelli, D., dos Santos-Silva, E., da Rocha, C. E. F., Mercado-Salas, N. F., Marques, T. M., Cruz-Quintana, Y. y Santana-Piñeros, A. M. (2020). En C. Damborenea (Ed.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates* (pp. 1-134). Leiden, Países Bajos: Elsevier.

Suárez-Morales, E., Reid, J. W. y Elías-Gutiérrez, M. (2005). Diversity and distributional patterns of Neotropical freshwater copepods (Calanoida: Diaptomidae). *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 90(1), 71-83.
van de Velde, I. 1984. Revision of the African species of the genus *Mesocyclops* Sars, 1914 (Copepoda: Cyclopidae). *Hydrobiologia*, 109, 3-66. <https://doi.org/10.1007/BF00006297>