

# Diversidad taxonómica de los anfípodos marinos (Crustacea: Peracarida) de Cuba

Taxonomic diversity of the marine Amphipods (Crustacea, Peracarida) of Cuba

Norberto Capetillo-Piñar<sup>1</sup>, Manuel Ortiz-Touzet<sup>2</sup> y Arturo Tripp-Quezada<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Federación de Sociedades Cooperativas Pesqueras Zona Centro, Melchor Ocampo, # 1637, entre Durango y Chiapas, La Paz, Baja California Sur, México

<sup>2</sup>Laboratorio de Crustáceos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida de Los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, México

<sup>3</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, Avenida Instituto Politécnico Nacional S/N, Col. Playa Palo de Santa Rita, 23096 La Paz, Baja California Sur, México

\*Autor corresponsal: atripp@ipn.mx

**Abstract.** Amphipods are present in almost all marine and estuarine ecosystems around the world. In Cuba, the members of this group of invertebrates have been highly studied in terms of their systematics. However, the total species inventory and its taxonomic diversity, as well as the incidence of the habitats in which these organisms develop have not yet been surveyed. The complete inventory of species to date is presented for the first time and the taxonomic diversity of the group is analyzed. The possible impact of habitat on the taxonomic diversity of these organisms was also evaluated. A database was created from lists of amphipod species published in the scientific literature, as well as donations of specimens collected in various areas of the marine shelf by students and colleagues, containing species occurrence and distribution data. The completeness of the inventory was assured by species accumulation curves from non-parametric estimators. Taxonomic diversity was estimated with the average taxonomic distinctiveness indices (Delta\*) and its variation (Lambda\*). To date, 200 species of marine amphipods have been registered, which were distributed in four suborders, 13 parvordenes, 27 superfamilies, 57 families and 109 genera, with a total inventory of 67.2%. Average taxonomic distinctiveness for the Cuban marine shelf was 77.6 and the variation was 204. Habitats did not affect the average taxonomic distinctiveness, but it did affect its variation. It is recommended to continue the systematic studies of the group, and go deeper in investigations of its ecology.

**Key words:** Amphipod, taxonomic diversity, average taxonomic distinctiveness, Cuba

**Resumen.** Los anfípodos están presentes en casi todos los ecosistemas marinos y estuarinos del mundo. En Cuba, es uno de los grupos de invertebrados mejor conocidos en cuanto a su sistemática. Sin embargo, un inventario completo de especies y su diversidad taxonómica, así como la incidencia de los hábitats en los cuales se desarrollan estos organismos, aún no han sido estudiados. En el presente trabajo se presentó la totalidad de las especies inventariadas hasta la fecha. Se analizó además la diversidad taxonómica del grupo y la posible incidencia del hábitat sobre ésta. Se conformó una base de datos a partir de las listas de especies de anfípodos publicadas en la literatura científica, así como donaciones de especímenes recolectados en varias zonas de la plataforma marina por estudiantes y colegas, conteniendo datos de presencia y distribución de las especies. La verificación de logro para obtener el inventario completo se obtuvo mediante curvas de acumulación de especies, a partir de estimadores no paramétricos. La diversidad taxonómica se estimó con los índices de distinción taxonómica promedio (Delta\*) y su variación (Lambda\*). Hasta la fecha, se han registrado 200 especies de anfípodos marinos, que se distribuyeron en cuatro subórdenes, 13 parvordenes, 27 superfamilias, 57 familias y 109 géneros, para una totalidad del inventario del 67,2%. La distinción taxonómica promedio para la plataforma marina cubana fue de 77,6 y su variación de 204. Los hábitats no afectaron a la distinción taxonómica promedio, pero sí a su variación. Se recomienda continuar los estudios sistemáticos del grupo, y profundizar en las investigaciones de su ecología.

**Palabras clave:** Amphipoda, diversidad taxonómica, distintividad taxonómica, Cuba

## INTRODUCCIÓN

Los anfípodos son uno de los grupos más abundantes y diversos dentro de los macrocrustáceos, con una amplia distribución geográfica, se encuentran en todos los océanos del mundo, y batimétrica incluyendo desde el intermareal hasta la zona hadal. La fisiología y morfología de estos crustáceos les ha permitido establecerse en hábitats diferentes, colonizando prioritariamente el ambiente marino, aunque también el ambiente terrestre, los ecosistemas salobres, las aguas subterráneas y epicontinentales (Chiesa & Alonso 2014).

Los anfípodos, en el ambiente marino, pueden habitar los sustratos blandos (arenosos, fangosos o la combinación de ambos) y duros (arrecifes de coral, fondos rocosos). Se les encuentran asociados a las algas, los pastos marinos y las esponjas, o formando parte de la fauna críptica, e incluso en ambientes profundos extremos como ventilas hidrotermales y manantiales fríos (Bellan-Santini & Thurston 1996).

Estos organismos cumplen una función importante en la transferencia de materia y energía de muchas comunidades, ya que descomponen material vegetal y detritos. Pueden



funcionar como herbívoros, filtradores, suspensívoros, comensales, microdepredadores, carroñeros, o como presa de otras especies carnívoras (Bellan-Santini & Ruffo 1998, LeCroy *et al.* 2009). En este sentido, constituyen un recurso alimenticio para muchas poblaciones de especies comerciales pelágicas y bentónicas, y representan un grupo indicador de modificaciones del ambiente natural (Winfield & Ortiz 2003). Además, ha ido en aumento el interés por estos organismos debido a su utilidad como bioindicadores de calidad del agua y los sedimentos (Tuz-Hamilton 2008, Valdez-Frías 2017).

En Cuba, los anfípodos están presentes en el ambiente marino, estuarino y dulceacuícola (Ortiz & Lalana 2010). Casi la totalidad de los trabajos científicos sobre este grupo se han referido al conocimiento de su sistemática, los cuales datan de los años 70 (Ortiz 1976) y se han mantenido hasta la actualidad, con la lista actualizada de los anfípodos de Cuba realizada por Ortiz & Lalana (2019).

Existe muy poca información sobre la ecología y la diversidad del grupo en Cuba. Solo se conoce la distribución (horizontal y vertical) de las especies de los anfípodos Hyperiidea, Colomastigidae, Senticaudata y Amphilochidea en la plataforma cubana y el tipo de hábitat en el que fueron recolectados (Ortiz & Lalana 2010), pero un análisis de la incidencia del hábitat en la composición faunística de este grupo no fue realizado.

Los anfípodos son utilizados como bioindicadores de cambios ambientales en los ecosistemas, motivo por el cual son muy atractivos para la realización de estudios de monitoreo e impacto ambiental. En Cuba los integrantes de este grupo se distribuyen en toda su plataforma marina, pero debido a la carencia de conocimientos de su ecología y biología, no se han incluido en programas de monitoreo ambiental. Por esa razón, los objetivos del presente estudio fueron: 1) conocer la totalidad del inventario de especies de anfípodos marinos de Cuba, 2) analizar la diversidad taxonómica de este grupo en las biorregiones (o ecozonas) de la plataforma marina, y 3) evaluar la incidencia potencial de los hábitats sobre la diversidad taxonómica del grupo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### OBTENCIÓN DE LAS BASES DE DATOS

Se realizó una investigación a través de publicaciones que contenían registros de especies de anfípodos de la plataforma marina cubana (Shoemaker 1948, Ortiz 1976, Lalana *et al.* 2005, Ortiz *et al.* 2003, 2006; Ocaña *et al.* 2009, Ortiz &

Lalana 1998, 2010, 2016, 2019) y se analizaron donaciones de especímenes conservados en alcohol al 70%, recolectados en diferentes regiones de la plataforma por estudiantes y colegas de diferentes instituciones de investigaciones marinas de Cuba. En esta revisión se incluyeron las especies registradas en el medio marino y estuarino. Se tuvo en cuenta la distribución de las especies de anfípodos en 9 biorregiones en las que ha sido dividida la plataforma marina cubana (Fig. 1), así como el tipo de hábitat en el que fueron recolectadas y sus localidades tipo (Ortiz & Lalana 2010, 2016, 2019). Se analizaron ocho hábitats: Macroalgas (MC), Fondo blando (BL), Esponjas (ES), Planctónico (PL), Playas (PY), *Thalassia testudinum*, K.D. Koenig, 1805 (TA), Rocoso coralino (RO) y Mangle (referido a *Rhizophora mangle* L) (MA). No todos los hábitats fueron analizados en todas las biorregiones debido a la no presencia de estos en todas las biorregiones o que durante los muestreos no fueron considerados por razones logísticas, como fue el caso de la biorregión Centro Sur, en la cual se estudiaron las macroalgas localizadas en las raíces del mangle rojo o en la interfase mangle – pastos marinos de *T. testudinum*.

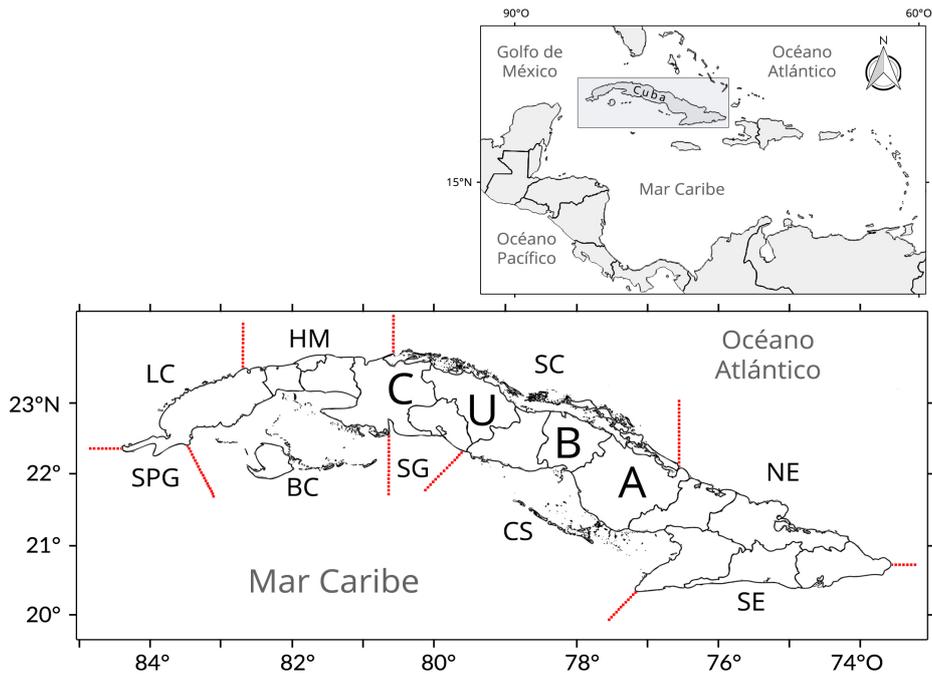
La división en 9 biorregiones (también conocidas como ecozonas) de la plataforma marina cubana, obedece a una combinación de criterios biológicos, sociales y geográficos, que comprenden un grupo de sistemas relacionados e interconectados (Arecas 2002). En este contexto, cabría esperar que las características intrínsecas de cada biorregión influyan de alguna forma en los atributos comunitarios de los organismos que habitan en ella (*e.g.*, número de especies y diversidad).

### ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se creó una base de datos que recopiló toda la información acerca de la composición y distribución de las especies de anfípodos en las 9 biorregiones de la plataforma marina cubana. A partir de esta, se construyó una matriz con datos de presencia/ausencia de las especies para cada biorregión.

### INVENTARIO COMPLETO DE ESPECIES DE ANFÍPODOS

Se analizó la totalidad del inventario mediante curvas de acumulación de especies, con base en el número de especies registradas en cada biorregión. La riqueza de especies esperada se estimó con los estimadores no paramétricos Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2 (Moreno 2001), con 10.000 aleatorizaciones sin reemplazo.



**Figura 1. Biorregiones (9) de la plataforma marina de Cuba. SE: Sureste, CS: Centro sur, SG: Sur del macizo Guamuhaia, BC: Batabanó-Canarreos, SPG: Sur de la península de Guanahacabibes, LC: Los Colorados, HM: Habana-Matanzas, SC: Sabana-Camagüey y NE: Noreste / Cuban marine shelf bioregions (9). SE: Southeast, CS: South Center, SG: South of the Guamuhaia massif, BC: Batabanó-Canarreos, SPG: South of the Guanahacabibes peninsula, LC: Los Colorados, HM: Habana-Matanzas, SC: Sabana- Camagüey and NE: Northeast**

#### DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE LOS ANFÍPODOS

Para cada biorregión la diversidad taxonómica se estimó mediante los índices de distinción taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ) y variación en la distinción taxonómica ( $\Lambda^+$ ) (Clarke & Warwick 1998, 2001). Los índices  $\Delta^+$  y  $\Lambda^+$  miden el grado en el cual las especies están relacionadas taxonómicamente unas con otras y el nivel por el cual los taxones son alta o pobremente representados en el árbol taxonómico. Sus expresiones matemáticas fueron las siguientes:

Distinción taxonómica promedio (Delta<sup>+</sup>):

$$\Delta^+ = \frac{\sum \sum_{i < j} W_{ij}}{S(S-1)/2}$$

Variación de la distinción taxonómica (Lambda<sup>+</sup>):

$$\Lambda^+ = \frac{\sum \sum_{i < j} (W_{ij} - \Delta^+)^2}{S(S-1)/2}$$

dónde:  $W_{ij}$  es la distancia taxonómica a través del árbol de clasificación Linneana de cualquier par de individuos, siendo el primero para la especie  $i$  y el segundo para la especie  $j$ ,  $S$  el número total de especies en la muestra y  $\Delta^+$  es la distinción taxonómica promedio.

Para el cálculo de estos índices se construyó una matriz de agregación con siete niveles taxonómicos (especie, género, familia, superfamilia, parvorden, suborden y orden), acorde a la clasificación propuesta por Lowry & Myers (2013, 2017), la que se relacionó con los datos de presencia y ausencia de las especies registradas en cada biorregión. Posteriormente, se siguió la propuesta de Warwick & Clarke (1995), donde los niveles taxonómicos se ponderaron de la siguiente manera:  $w1$ , especies dentro del mismo género;  $w2$ , especies dentro de la misma familia, pero en diferente género;  $w3$ , especies dentro del mismo orden, pero en diferente familia y así sucesivamente. Con base en 1.000 iteraciones aleatorias sin remplazo, se calcularon valores promedios e intervalos de confianza superior e inferior al 95% como embudo probabilístico de confianza, para contrastar los valores observados de  $\Delta^+$  y  $\Lambda^+$ .

Para identificar posibles similitudes entre las biorregiones, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y análisis de clasificación numérica, a partir de la distinción taxonómica ( $\Delta^+$  y  $\Lambda^+$ ) y tipo de hábitat. En el caso de la distinción taxonómica utilizada para identificar el nivel de asociación entre los ensamblajes de especies de anfípodos y las biorregiones, se construyó una matriz de

similitud de Bray-Curtis con los valores de los índices  $\Delta^+$  y  $\Lambda^+$ . Para los tipos de hábitats se creó una matriz de similitud de Jaccard con los datos de presencia/ausencia de los tipos de hábitats en cada biorregión estudiada. Para la clasificación numérica, se construyeron dendrogramas con el método de agrupamiento por pares con media aritmética no ponderada (UPGMA). La identificación de los grupos se realizó con la prueba de perfiles de similitud (SIMPROF) basada en promedios con 1.000 permutaciones, 999 simulaciones y un  $\alpha=0,05$  (Clarke & Gorley 2006). Para la distinción taxonómica y tipo de hábitat, se realizó una superposición de los conglomerados con los ordenamientos (NMDS) y se analizaron las que tuvieron una mayor contribución a la similitud entre las biorregiones. Para verificar la similitud de los grupos de biorregiones formados a partir de los hábitats, se realizó un análisis de similitud a una vía (ANOSIM), de acuerdo a lo propuesto por Clarke & Warwick (2001).

Para analizar si la variación de los índices de distinción taxonómica en las 9 biorregiones se deba al tipo de hábitat, se realizó un análisis de varianza multivariado basado en permutaciones (PERMANOVA, Anderson *et al.* 2008), utilizando como factor el tipo de hábitat fijo y siete niveles. Este análisis se realizó a partir de una matriz de similitud de Bray Curtis, para el caso de la distinción taxonómica y otra de Jaccard para el tipo de hábitat. La significación estadística se probó con 1.000 permutaciones de Monte Carlo (MC), con un valor de significación de  $\alpha=0,05$  (Anderson *et al.* 2008).

Los cálculos y análisis de NMDS, PERMANOVA, ANOSIM y distinción taxonómica se realizaron con el paquete PRIMER v7 con PERMANOVA+ add on (Clarke & Gorley 2015).

## RESULTADOS

### INVENTARIO DE ESPECIES DE ANFÍPODOS

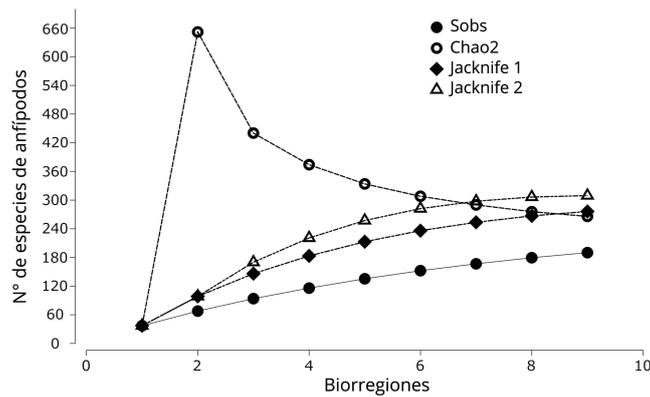
Se registraron 200 especies de anfípodos distribuidas en cuatro subórdenes, 13 parvordenes, 27 superfamilias, 57 familias y 109 géneros. La lista taxonómica y distribución de las especies de anfípodos se puede revisar en Ortiz & Lalana (2010, 2019). La biorregión Batabanó-Canarreos (BC) fue la más representativa, ya que tuvo el mayor número de especies, géneros, familias, superfamilias, parvordenes y suborden, seguida por Habana-Matanzas (HM) y Sur de la península de Guanahacabibes (SPG) y Sabana-Camagüey (SC), con igual número de especies y parvordenes, así como valores cercanos en cuanto a géneros, familias, superfamilias y suborden (Tabla 1).

Las curvas de acumulación de especies tendieron a la asíntota, indicando una buena representación del esfuerzo de muestreo realizado para la plataforma marina cubana (Fig. 2). Las especies observadas representaron entre el 61 y 71% del número teórico de especies esperado, con un valor promedio del 67,2%. De acuerdo con los estimadores Jackknife 1 y Jackknife 2, el valor máximo de especies esperado estuvo entre 276 y 309, lo que demuestra que para tener una totalidad del inventario de especies de anfípodos quedarían por registrarse entre 76 y 109 especies.

**Tabla 1. Orden Amphipoda. Número de especies, géneros, familias, superfamilias, parvorden y suborden y tipos de hábitats estudiados en 9 biorregiones de la plataforma marina cubana / Order Amphipoda. Number of species, genera, families, superfamilies, parvorden, suborder and types of habitats studied from 9 bioregions of the Cuban marine shelf**

Biorregiones	Especies	Géneros	Familias	Superfamilias	Parvordenes	Subordenes	Tipos de hábitats
Sureste (SE)	15	14	14	10	8	3	6 (MC, BL, ES, PL, PY, RO)
Centro Sur (CS)	5	5	5	5	5	3	4 (MC, BL, ES, PL)
Sur del macizo Guamuñaya (SG)	15	12	10	7	6	3	5 (MC, BL, ES, PY, MA)
Batabanó-Canarreos (BC)	112	68	40	25	13	4	6 (MC, BL, ES, PY, TA, RO)
Sur de la península de Guanahacabibes (SPG)	29	27	21	17	9	4	7 (MC, BL, ES, PY, TA, RO, MA)
Los Colorados (LC)	15	13	12	9	7	3	6 (MC, BL, ES, PY, TA, MA)
Habana-Matanzas (HM)	94	36	36	19	11	3	7 (MC, BL, ES, PY, TA, RO, MA)
Sabana-Camagüey (SC)	29	24	22	13	9	3	7 (MC, BL, ES, PY, TA, RO, MA)
Noreste (NE)	17	16	15	9	8	3	5 (MC, BL, ES, PL, TA)

MC: Macroalgas, BL: Fondo blando, ES: Esponjas, PL: Planctónica, PY: Playa, TA: *Thalassia testudinum*, RO: Rocoso-coralino, MA: Mangle



**Figura 2. Curvas de acumulación de especies de anfípodos observadas y esperadas de las 9 biorregiones de la plataforma marina de Cuba. Las curvas de acumulación fueron estimadas con los estimadores Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2. Sobs: Especies observadas / Accumulation curves of amphipod species observed and expected from the 9 bioregions of the Cuban marine shelf. Accumulation curves were estimated with Chao 2, Jackknife 1 and Jackknife 2 estimators. Sobs: Observed species**

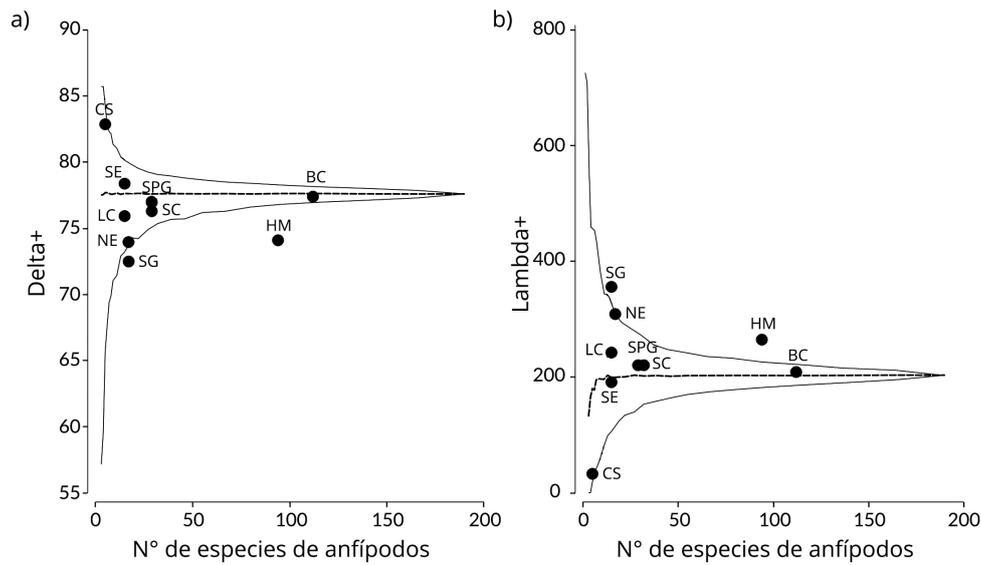
### DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE LOS ANFÍPODOS

Los valores de  $\Delta^+$  de las 9 biorregiones variaron entre 57 y 86, con un valor promedio esperado de 77,6. Con excepción de las biorregiones Sur de Guamuha (SG) y Habana-Matanzas (HM), el resto de los valores de  $\Delta^+$  estuvieron dentro del embudo probabilístico del 95%. Por el contrario, los valores de  $\Delta^+$  de estas dos biorregiones (SG= 72,79;  $P = 0,005$  y HM= 74,09;  $P = 0,002$ ) fueron significativamente bajos (Fig. 3a). La variación de los valores de  $\Delta^+$  fue entre 0 y 730, con un valor promedio esperado de 204. Para este índice ( $\Delta^+$ ) se observaron valores significativamente altos para el sur de Guamuha (355,78;  $P = 0,003$ ) y Habana-Matanzas (264,56;  $P = 0,002$ ), los que se localizaron por fuera del límite superior del embudo probabilístico al 95%, (Fig. 3b). La biorregión Batabanó-Canarreos (BC) tuvo valores de  $\Delta^+$  (77,39) y  $\Delta^+$  (208,59) próximos a los valores promedio esperados de cada índice (Fig. 3a, b).

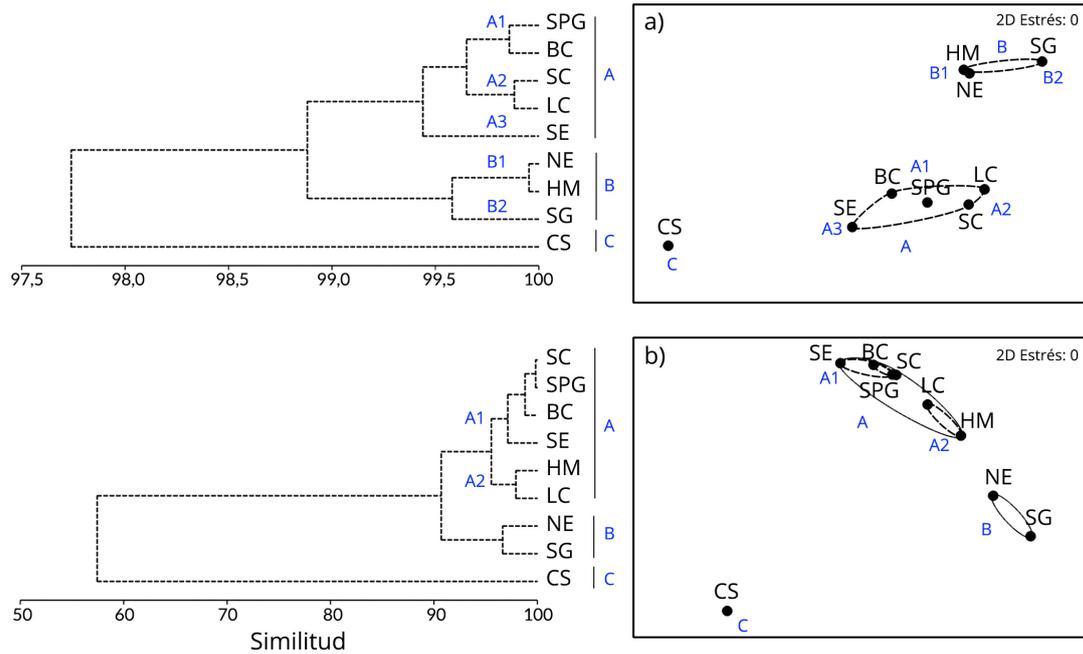
El NMDS y el análisis de clasificación realizado para  $\Delta^+$  y  $\Delta^+$  resultaron en la formación de dos grupos de biorregiones y una biorregión separada de estos. El nivel de similitud de los grupos formados para  $\Delta^+$  fue mayor al 97%, mientras que, para  $\Delta^+$  fue mayor del 55%. Para ambos índices la biorregión Centro Sur fue la que quedó aislada de los dos grupos formados (Fig. 4a, b).

Con base en el resultado del SIMPROF, para  $\Delta^+$  el grupo A se conformó por cinco biorregiones, las que se agruparon en tres subgrupos: A1 conformado por Batabanó-Canarreos y Sur de la península de Guanahacabibes con una similitud de 99,86% y valores de  $\Delta^+$  cercanos (77,39 y 76,95, respectivamente). El A2 (nivel de similitud de 99,88%) por Los Colorados ( $\Delta^+ = 75,92$ ) y Sabana-Camagüey ( $\Delta^+ = 76,28$ ), y el A3 (biorregión Sureste,  $\Delta^+ = 78,37$ ) con una similitud de 99,44% con respecto a A1 y A2. El grupo B se subdividió en dos subgrupos: B1 (nivel de similitud de 99,95%) formado por Habana-Matanzas ( $\Delta^+ = 74,09$ ) y el Noreste ( $\Delta^+ = 73,95$ ) y B2 por el Sur de Guamuha ( $\Delta^+ = 72,79$ ), mostrando una similitud de 99,58% con respecto a B1. El grupo C (similitud de 97,74%) está representado por la biorregión Centro sur, con el valor más bajo de  $\Delta^+ = 82,86$  (SIMPROF,  $\pi = 0,01$ ,  $P = 0,10$ ) (Fig. 4a).

Para  $\Delta^+$ , el SIMPROF resultó en la formación de tres grupos (Fig. 4b). El grupo A (nivel de similitud de 95,5%) se conformó por seis biorregiones que se subdividieron en dos subgrupos: A1 en el que se agruparon con una similitud de 97,14% las biorregiones Sureste ( $\Delta^+ = 190,92$ ), Batabanó-Canarreos ( $\Delta^+ = 208,59$ ), Sur de la península de Guanahacabibes ( $\Delta^+ = 220,31$ ) y Sabana-Camagüey ( $\Delta^+ = 218,71$ ). En el subgrupo A2 (similitud de 97,93%) se agruparon Los Colorados ( $\Delta^+ = 242,23$ ) y Habana-Matanzas ( $\Delta^+ = 264,56$ ). El grupo B, que tuvo un nivel de similitud con el grupo A de 90,7%, se conformó por el Sur de Guamuha ( $\Delta^+ = 355,78$ ) y Noreste ( $\Delta^+ = 308,77$ ), con un nivel de similitud de 96,66%. El grupo C (nivel de similitud de 57,44%) conformado por la Centro Sur, quedó aislado del resto y tuvo el valor más bajo de  $\Delta^+ = 32,65$  (SIMPROF,  $\pi = 0$ ,  $P = 0,10$ ).



**Figura 3. Distinción taxonómica promedio (a) y variación en la distinción taxonómica (b) de los anfípodos marinos de las 9 biorregiones de la plataforma marina de Cuba. Las líneas continuas muestran los intervalos de confianza al 95% y las líneas discontinúas muestran los valores promedios esperados de  $\Delta^+$  y  $\Lambda^+$ . Significado siglas de las biorregiones ver Figura 1 / Average taxonomic distinctiveness (a) and variation in taxonomic distinctiveness (b) of the marine amphipods from the 9 bioregions of the Cuban marine shelf. Solid lines show 95% confidence intervals and dashed lines show expected mean values of  $\Delta^+$  and  $\Lambda^+$ . Meaning of bioregions acronyms see Figure 1**



**Figura 4. NMDS y análisis de clasificación de  $\Delta^+$  (a) y  $\Lambda^+$  (b) de las asociaciones de anfípodos de las biorregiones de la plataforma marina de Cuba. Las líneas segmentadas en los dendrogramas muestran los grupos identificados por la prueba SIMPROF. Significado siglas de las biorregiones ver Figura 1 / NMDS and classification analysis of  $\Delta^+$  (a) and  $\Lambda^+$  (b) for amphipod associations of Cuban marine shelf bioregions. Segmented lines in the dendrograms show groups identified by SIMPROF test. Meaning of bioregions acronyms see Figure 1**

La similitud entre las biorregiones atendiendo a los hábitats indicó la formación de dos grupos (A y C) y dos biorregiones aisladas (B y D), según el NMDS y el análisis de clasificación numérica (Fig. 5). El criterio del SIMPROF demostró la existencia de estos dos grupos y dos biorregiones aisladas con una similitud > 50%. El grupo A, con un nivel de similitud del 63,3%, se subdividió en tres subgrupos: A1, A2 y A3. En el A1 se agruparon las biorregiones Sur de la península de Guanahacabibes y Sabana-Camagüey, con similitud del 80%, debido a que se analizaron los mismos hábitats en ambas, mientras que, Los Colorados quedó aislada en el subgrupo A2, con una similitud del 70,71% con respecto a A1, por no haberse incluido el hábitat rocoso-coralino (RO) (Fig. 5). El subgrupo A3 se conformó por Batabanó-Canarreos y Habana-Matanzas, con similitud de 84,62%, debido a que para Batabanó-Canarreos no se analizó el hábitat de manglar (MA).

El grupo C, con un nivel de similitud de 66,66%, se caracterizó por el agrupamiento del Sureste y Centro Sur, debido a que para la biorregión Centro Sur no se analizaron los hábitats de playa (PY) y rocoso-coralino (RO), por razones logísticas (falta de recursos humanos y materiales). Por último, dos biorregiones quedaron aisladas: la primera fue el grupo B (Sur de Guamuhaya), con un nivel de similitud de 49,4% con respecto al grupo A, C y D, y en segundo lugar el grupo D, conformado por la biorregión Sureste, cuyo nivel de similitud fue de 58,2%, respecto al grupo C. Ambas biorregiones se caracterizaron por haberse analizado tres tipos de hábitats, los cuales fueron: planctónico (PL), *Thalassia testudinum* (TA) y rocoso-coralino (RO) para el Sur de Guamuhaya, mientras que, para la Sureste se analizaron los

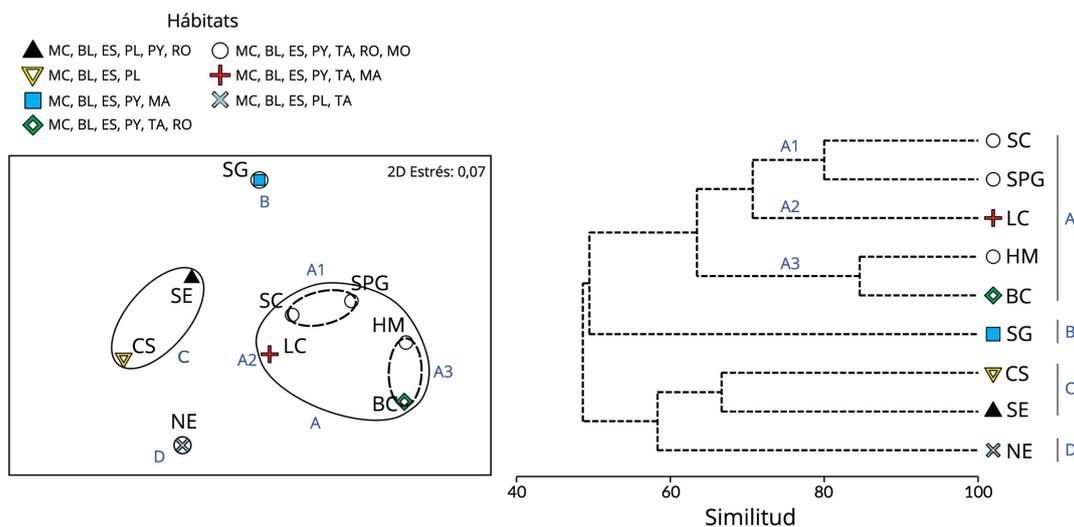
hábitats playa (PY), manglar (MA) y rocoso-coralino (RO) (SIMPROF,  $\pi= 2,03$ ;  $P = 0,40$ ) (Fig. 5). La prueba ANOSIM dio como resultado la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los grupos de biorregiones formados con base en los tipos de hábitats estudiados ( $R= 0,79$ ;  $P = 0,01$ ).

El análisis de varianza por permutaciones (PERMANOVA) para conocer el efecto de los hábitats sobre los índices de  $\Delta^+$  y  $\Lambda^+$ , resultó que para la  $\Delta^+$  no se detectaron diferencias estadísticas significativas ( $P_{\text{seudo-F}} = 4,682$ ;  $P_{(MC)} = 0,174$ ), mientras que, para la  $\Lambda^+$  si hubo un efecto estadístico significativo ( $P_{\text{seudo-F}} = 48,073$ ;  $P_{(MC)} = 0,008$ ) de los hábitats en las variaciones observadas entre las biorregiones.

## DISCUSIÓN

### INVENTARIO DE ESPECIES DE ANFÍPODOS

La presencia de un menor número de especies en algunas biorregiones (e.g., Centro Sur y Los Colorados) con respecto a otras (e.g., Batabanó-Canarreos y Habana-Matanzas) pudo estar relacionado con la variedad o tipos de hábitats estudiados, aunado a la frecuencia de los muestreos realizados en estos. En este sentido, biorregiones con mayor diversidad de hábitats pueden favorecer el asentamiento de los anfípodos y por ende la presencia de una mayor riqueza de especies, siendo lo contrario para aquellas con menor variedad de estos. Además, las actividades antrópicas que se desarrollan en cada biorregión podrían influir en la calidad de los hábitats y por tanto, en su riqueza de especies.



**Figura 5. NMDS y análisis de clasificación de la combinación de los hábitats estudiados en las biorregiones (9) de la plataforma marina de Cuba. Las líneas segmentadas en los dendrogramas muestran los grupos identificados por la prueba SIMPROF. Significado siglas de las biorregiones y los hábitats ver Figura 1 y Tabla 1, respectivamente / NMDS and classification analysis of the combination of habitats studied in the bioregions (9) of the Cuban marine shelf. The segmented lines in dendrograms show the groups identified by SIMPROF test. Meaning of the bioregions and habitats acronyms see Figure 1 and Table 1, respectively**

Los anfípodos habitan en todo tipo de hábitats (rocoso, coralino, macroalgas, pastos marinos, fondos blandos) presentando funciones claves en las praderas de fanerógamas marinas en las que actúan como importantes recicladores de materia orgánica (Sánchez-Jerez *et al.* 2002). La presencia de una mayor variedad de hábitats en la biorregión Batabanó-Canarreos, con una gran área de pastos marinos sobre fondo blando (Cerdeira *et al.* 2008), puede ser la causa de la mayor riqueza de especies registradas en toda la plataforma marina. Sin embargo, el que no se haya observado una correspondencia clara entre la cantidad de hábitats analizados con el número de especies en todas las biorregiones, es una evidencia de que la intensidad y la frecuencia de los muestreos es otro factor que incidió sobre la riqueza de especies observada (Tabla 1).

Los muestreos realizados en Batabanó-Canarreos fueron frecuentes en el hábitat de fondo blando en la década de los años 1980 (Ortiz & Lalana 2010), mientras que, para Centro Sur, donde se registró el menor número de especies, hubo una menor variedad de hábitats, recolectándose las especies en el hábitat de macroalgas ubicado en zonas muy próximas a la costa. Lo anterior demuestra que no solo la variedad de hábitats analizados influye en la riqueza de especies, sino sobre qué hábitat incide la mayor frecuencia de muestreos en tiempo y espacio, lo que puede estar condicionado fundamentalmente por razones logísticas, de recursos económicos y humanos.

El mayor número de especies de anfípodos se registró en Batabanó-Canarreos y Habana-Matanzas, debido a que los mayores esfuerzos de muestreo se concentraron en ambas biorregiones. Dos hechos explican lo anteriormente expuesto: 1) la importancia económica, desde el punto de vista pesquero (Puga *et al.* 2013) que tiene la biorregión Batabanó-Canarreos, y 2) la concentración de centros de investigaciones marinas y de especialistas que se localizan en ciudad de La Habana, así como la facilidad de acceso a la zona costera Habana-Matanzas. Similar resultado fue obtenido por Jover *et al.* (2020) al estudiar la composición y diversidad de las macroalgas epífitas en la plataforma marina de Cuba. Además, y al igual que en otros grupos de invertebrados marinos, el nivel de conocimientos acumulado difiere notablemente entre las biorregiones, donde ha quedado demostrado que la biorregión Batabanó-Canarreos ha recibido mayor atención por su accesibilidad e importancia para la pesca, mientras que, el resto han sido pobremente estudiadas (Claro 2001). No obstante, hasta la fecha existe una buena representación de la riqueza de especies de anfípodos marinos de Cuba. Se exhorta a continuar estudios sistemáticos sobre los integrantes de este y otros grupos de la macrofauna bentónica, dado a los vacíos que existen aún en la mayoría de las biorregiones.

## DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE LOS ANFÍPODOS

Los resultados de los análisis de ordenamiento y clasificación numérica mostraron similitudes altas (> 50%) entre las biorregiones, lo que sugiere la existencia de una elevada coincidencia en la diversidad taxonómica de los anfípodos, independientemente del número de especies registradas. Algunas biorregiones con menor número de especies se agruparon con otras con más especies, mostrando así una diversidad taxonómica similar. Estas agrupaciones apoyan el supuesto de que estos índices de diversidad son muy poco afectados por el número de especies y por tanto del esfuerzo de muestreo (Warwick & Clarke 1995, Clarke & Warwick 1999, 2001), hecho por el cual fueron utilizados en el presente estudio.

La biorregión Batabanó-Canarreos fue la que más contribuyó a la diversidad taxonómica de los anfípodos al tener los índices  $\Delta^+$  y  $\Lambda^+$  valores muy próximos al promedio calculado para toda la plataforma marina cubana. Esta zona tuvo la mayor variedad de jerarquías taxonómicas supraespecíficas de las asociaciones de anfípodos, el resto contribuyó en menor cuantía a la diversidad taxonómica, excepto el Sur de Guamuha y Habana-Matanzas, cuyas contribuciones fueron las más bajas.

La mayor contribución a la diversidad taxonómica de los anfípodos de la ecozona Batabanó-Canarreos puede ser debido a que presenta una extensa área sumergida (21.305 km<sup>2</sup>), en donde el 85% de sus fondos están cubiertos por la combinación de pastos marinos, dominado por *T. testudinum*, y arrecifes coralinos, y en menor cuantía los hábitats estuarinos (menos del 15%) (Cerdeira *et al.* 2008). Hidalgo *et al.* (2015) al evaluar la diversidad y distinción taxonómica de la macrofauna de fondos blandos de la plataforma norte y suroccidental de Cuba, concluyeron que los biotopos con mayor diversidad de macrofauna fueron el arenoso-fangoso con vegetación, arenoso con vegetación y sedimento con vegetación sobre fondo rocoso, siendo estos propicios para el desarrollo de poliquetos y anfípodos. Los biotopos mencionados con anterioridad están presentes en la ecozona Batabanó-Canarreos, por lo que este resultado apoya los hallazgos reportados en el presente estudio. Además, independientemente del esfuerzo de muestreo, el bajo nivel de perturbación natural y antrópico que prevaleció en la zona en la que se realizaron los registros de las especies durante la década de los años 1980 (Arias-Schreiber *et al.* 2008, Puga *et al.* 2013, Capetillo-Piñar *et al.* 2015, 2016; Hidalgo *et al.* 2015, Lopeztegui & Martínez 2020), pudo haber condicionado la presencia de una alta diversidad taxonómica.

La baja contribución a la diversidad taxonómica de los anfípodos de la biorregión Habana-Matanzas puede deberse a las condiciones ambientales existentes en esta zona, dado a que es la más urbanizada y con mayor nivel de antropización de Cuba, en la que se han observado cambios en la composición, diversidad y abundancia de diferentes organismos (Areces & Toledo 1985, Beltrán *et al.* 1998, Aguilar & González-Sansón 2007). La presencia de fondo duro arrecifal, camellones y cangilones que reciben aportes significativos de agua dulce y sedimentos en el Sur de Guamuha (Claro 2001), parecen ser las causas que deben haber incidido en su poca contribución a la diversidad taxonómica del grupo. En este contexto, varios autores (Medina-Gómez *et al.* 2002, Tuz-Hamilton 2008) han reportado baja diversidad y abundancia de anfípodos en zonas con altos contenidos de materia orgánica en agua y carbono en sedimentos, provenientes de zonas conurbadas y/o descargas fluviales. Resultado similar en esta biorregión fueron obtenidos por Jover *et al.* (2020) al analizar la composición y diversidad de macroalgas epífitas.

Al analizar la estructura taxonómica de las asociaciones de anfípodos de las biorregiones Habana-Matanzas y Sur de Guamuha, se observó que el suborden Senticaudata fue el mejor representado, al poseer mayor número de familias y géneros, con respecto a los otros subórdenes. Sin embargo, la distribución de estas categorías taxonómicas fue poco equitativa, con una sobre representación en cuanto al número de géneros en unas pocas familias, trayendo consigo los altos valores de  $\Lambda^+$ . Lo contrario ocurrió en la zona Batabanó-Canarreos, cuya estructura taxonómica fue más equilibrada y equitativa entre las categorías taxonómicas, resultado que fue similar en la biorregión Centro Sur, con la diferencia de haberse registrado el menor número de especies en esta última.

La presencia de anfípodos en casi todos los ecosistemas marinos, conjuntamente con las características ambientales de cada biorregión, puede ser la causa de la formación de cuatro grupos de biorregiones según los hábitats estudiados, quedando confirmado por el análisis de ANOSIM, al mostrar diferencias significativas entre éstos. Los hábitats de Mangle, Rocoso-coralino y *Thalassia testudinum* fueron los que marcaron las principales diferencias halladas entre y dentro de los grupos (Fig. 5). En este contexto, la formación de agrupaciones de biorregiones en las cuales se estudiaron dos o tres de los hábitats mencionados anteriormente (grupo A), a diferencia de agrupaciones de biorregiones agrupadas por la presencia de uno de estos (grupos B, C y D), es una evidencia de que estos tres hábitats definieron las diferencias observadas entre las biorregiones. Los hábitats naturales más complejos, como son las praderas o pastos marinos (*e.g.*, *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813), contienen las mayores riquezas y abundancias de anfípodos (Sturaro *et al.* 2014, 2015; Bellisario *et al.* 2016, Camisa *et al.* 2017). En este sentido, la presencia en determinadas biorregiones de hábitats

con cierta complejidad como son los manglares, praderas de *T. testudinum* y formaciones de arrecifes coralinos, ofrecen una heterogeneidad de hábitat que puede favorecer a la riqueza de especies de estos organismos.

Aunque  $\Delta^+$  no fue afectada por el tipo de hábitat, si lo fue  $\Lambda^+$ , corroborando la necesidad de investigar la influencia ambiental de cada biorregión sobre la diversidad taxonómica de este grupo. Este resultado también afirmó que  $\Delta^+$  tiene poca sensibilidad a la heterogeneidad ambiental, propiedad que le permite poder discernir los efectos antrópicos de los ambientales (Warwick & Clarke 1995, 1998). Este resultado permite aseverar que  $\Delta^+$  es un índice potencial para evaluar el efecto de la actividad humana en los ecosistemas.

Los resultados de esta investigación fundamentan la necesidad de continuar los trabajos taxonómicos y profundizar en estudios sobre la biología y ecología de los integrantes de este grupo zoológico, con el fin de generar información base para el monitoreo ambiental.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los estudiantes y colegas que amablemente nos cedieron material para su estudio y el apoyo incondicional a ellos, por parte de las tripulaciones de las embarcaciones del Instituto de Ciencias del Mar de Cuba y del Centro de Investigaciones Marinas, de la Universidad de La Habana, durante los cruceros de investigación. Además, se agradece a los revisores anónimos que con sus sugerencias y recomendaciones mejoraron sustancialmente el presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar C & G González-Sansón. 2007. Composición de la ictiofauna costera de ciudad de La Habana y evaluación preliminar de los factores que la determinan. *Revista de Investigaciones Marinas* 28(1): 43-56.
- Anderson MJ, RN Gorley & KR Clarke. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods, 214 pp. PRIMER-E, Plymouth.
- Areces AJ. 2002. Ecoregionalización y clasificación de hábitats marinos en la plataforma cubana. Resultados. En: Taller celebrado del 20 al 23 de mayo del 2002, Instituto de Oceanología, World Wildlife Fund-Canada, Environmental Defense, Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana, 82 pp.
- Arias-Schreiber M, M Wolff, M Cano, B Martínez-Daranas, Z Marcos, G Hidalgo, S Castellanos, R del Valle, M Abreu, JC Martínez, J Díaz & A Areces. 2008. Changes in benthic assemblages of the Gulf of Batabanó (Cuba) - results from cruises undertaken during 1981-85 and 2003-04. *Pan American Journal of Aquatic Sciences* 3(1): 49-60.

- Beltrán J, F Ruiz & L Vega. 1998.** Contaminación por hidrocarburos del petróleo en la bahía de La Habana, Cuba. *Revista Científico-Técnica del IIT: Transporte Desarrollo y Medio Ambiente, Cuba* 18: 5-10.
- Bellan-Santini D & MH Thurston. 1996.** Amphipoda of the hydrothermal vents along the mid-Atlantic Ridge. *Journal of Natural History* 30: 685-702.
- Bellan-Santini D & S Ruffo. 1998.** Faunistics and zoogeography. In: Ruffo S (ed). *The Amphipoda of the Mediterranean*. Part 4. Localities and Map, Addenda to Parts 1-3, Key to Families, Ecology, Faunistics and Zoogeography, Bibliography, Index. *Mémoires de L'Institut Océanographique* 13: 895-911.
- Bellisario B, F Camisa, G Nascetti, L Lattanzi & R Cimmaruta. 2016.** Spatial and temporal variation of coastal mainland vs. insular amphipod assemblages on *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Biodiversity* 46(2): 355-363.
- Camisa F, C Abbattista, B Bellisario, D Ageletti, L Lattanzi & R Cimmaruta. 2017.** Seasonal variations of amphipod assemblages in a *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813 meadow from the central Tyrrhenian Sea (Italy). *Crustaceana* 90(11-12): 1319-1335.
- Capetillo-Piñar N, MT Villalejo-Fuerte & A Tripp-Quezada. 2015.** Distinción taxonómica de los moluscos de fondos blandos del Golfo de Batabanó, Cuba. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(5): 856-872.
- Capetillo-Piñar N, J Espinosa, A Tripp-Valdez & A Tripp-Quezada. 2016.** The impact of cyclonic activity during 1981-1985 and 2004-2009 on taxonomic diversity of mollusks in the Gulf of Batabanó, Cuba. *Hidrobiológica* 26(1): 121-131.
- Cerdeira S, S Lorenzo-Sánchez, A Areces-Molleda & C Martínez-Bayón. 2008.** Mapping of the spatial distribution of benthic habitats in the Gulf of Batabanó using Landsat-7 images. *Ciencias Marinas* 34(2): 213-222.
- Chiesa I & GM Alonso. 2014.** Amphipoda. En: Vázquez M & JA Calcagno (eds). *Los invertebrados marinos*, pp. 265-276. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires.
- Clarke KR & RN Gorley. 2006.** Primer v6: user manual/tutorial, 192 pp. PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke KR & RN Gorley. 2015.** Primer v7: user manual/tutorial, 296 pp. PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke KR & RM Warwick. 1998.** A taxonomic distinctness index and its statistical properties *Journal Applied Ecology* 35: 523-531.
- Clarke KR & RM Warwick. 2001.** A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series* 216: 265-278.
- Claro R. 2001.** La biodiversidad marina de Cuba: Estado actual de su conocimiento y conservación *Serie Oceanológica* 0(0): 1-15 <<https://www.yumpu.com/es/document/read/45842015/la-biodiversidad-marina-de-cuba-serie-oceanologica>>
- Hidalgo G, W Toledo & A Granados-Barba. 2015.** Diversidad y distinción taxonómica de la macrofauna en fondos blandos de la plataforma norte y suroccidental cubana. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(5): 845-855.
- Jover A, A Ramos, A Cabrera, AM Suárez, J Machell & JL Pérez-Lloréns. 2020.** Epiphytic macroalgae and hosts of the marine shelf of Cuba: Current status, compositions and diversity. *Regional Studies in Marine Science* 34: 101-108.
- Lalana R, M Ortiz & C Varela. 2005.** Primera adición a la lista de los crustáceos no decápodos de Cuba. *Revista Biología* 19(1-2): 50-56.
- LeCroy S, R Gasca, I Winfield, M Ortiz & E Escobar-Briones. 2009.** Amphipoda. In: Felder DL & DK Camp (eds). *Gulf of Mexico, origin, waters and biota*, pp. 941-972. Texas AM University Press, College Station.
- Lopeztegui A & D Martínez. 2020.** 35 años de cambio en densidad y biomasa del megazoobentos del golfo de Batabanó, Cuba, e implicaciones para la langosta, *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae). *Revista de Biología Tropical* 68(4): 1346-1356.
- Lowry J & AA Myers. 2013.** A phylogeny and classification of the Senticaudata subord. nov. (Crustacea, Amphipoda). *Zootaxa* 3610(1): 1-80.
- Lowry JK & AA Myers. 2017.** A phylogeny and classification of the Amphipoda with the establishment of the new order Ingolfiellida (Crustacea: Peracarida). *Zootaxa* 4265: 1-89.
- Medina-Gómez I, JA Herrera-Silva, A Jiménez-Saldívar, M Aguayo-González, J Trejo-Peña, I Medina-Chan & P Tapia-González. 2002.** Metabolismo de la bahía de Chetumal basado en el balance estequiométrico de nutrientes. En: Rosado-May FJ, R Romero-Mayo & A Navarrete (eds). *Contribución a la ciencia al manejo costero integrado, de la bahía de Chetumal y su área de influencia*, pp. 33-42. Universidad Quintana Roo, Chetumal.
- Moreno CE. 2001.** Métodos para medir la biodiversidad 1: 1-84. M&T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza.
- Ocaña FA, M Ortiz & Y Apín. 2009.** Nuevos registros de crustáceos marinos (Amphipoda, Isopoda, Decapoda) de aguas cubanas. *Revista Investigaciones Marinas* 30(3): 245-248.
- Ortiz M. 1976.** Contributii la cunosterea amfipodelor (Gammaridea), din apele litorale vest-cubaneze. Teza de Doctor in Biologie, Institutui Central de Biologie, Bucuresti, 118 pp. [En rumano]
- Ortiz M & R Lalana. 1998.** Lista actualizada de los crustáceos no decápodos de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 19(2-3): 92-99.
- Ortiz M & R Lalana. 2010.** Distribución de los anfípodos (Crustacea, Malacostraca, Peracarida) de los subórdenes Gammaridea, Caprellidea e Hyperiidea, presentes en el archipiélago cubano. *Revista de Investigaciones Marinas* 31(2): 75-90.
- Ortiz M & R Lalana. 2016.** Estado actual del conocimiento de los anfípodos (Crustacea, Peracarida), de Cuba: Morfología, historia, taxonomía y bibliografía. *Revista de Investigaciones Marinas* 36(1): 1-19.
- Ortiz M & R Lalana. 2019.** Lista taxonómica actualizada de los anfípodos (Crustacea, Peracarida) de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 39(2): 90-105.
- Ortiz M, R Lalana, C Varela & S Leal. 2003.** Crustáceos marinos planctónicos (Malacostraca) de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 24(1): 77-79.
- Ortiz M, A Lopeztegui, R Lalana & C Varela. 2006.** Registros nuevos de anfípodos planctónicos (Crustacea, Amphipoda, Hyperiidae) de la costa sur de la Isla de la Juventud, suroeste de Cuba. *Cocuyo* 16: 15.

- Puga R, R Piñero, R Alzugaray, LS Cobas, ME de León & O Morales. 2013.** Integrating anthropogenic and climatic factors in the assessment of the Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) in Cuba: Implications for fishery management. *International Journal of Marine Science* 3(6): 36-45.
- Sánchez-Jerez P, BM Gillanders & MG Kingsford. 2002.** Spatial variation and abundance of prey and diet of trumpeter (*Pelates sexlineatus*: Teraponidae) associated with *Zostera capricorni* seagrass meadows. *Austral Ecology* 27: 200-210.
- Shoemaker CR. 1948.** The amphipoda of the Smithsonian Roebling Expedition to Cuba in 1937. Smithsonian Miscellaneous Collection 110(3): 1-15.
- Sturaro N, G Lepoint, A Perez-Perera, S Vermeulen, P Panzaliz, A Navoni & S Gobert. 2014.** Seagrass amphipod assemblages in a Mediterranean marine protected area: a multiscale approach. *Marine Ecology Progress Series* 506: 175-192.
- Sturaro N, G Lepoint, S Vermeulen & S Gobert. 2015.** Multiscale variability of amphipod assemblages in *Posidonia oceanica* meadows. *Journal of Sea Research* 95: 258-271.
- Tuz-Hamilton CS. 2008.** Anfípodos como bioindicadores de calidad del agua enfrente de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. Tesis de Ingeniero Ambiental, División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Quintana Roo, Chetumal, 119 pp. <<http://rasisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/505>>
- Valdez-Frías JG. 2017.** Los anfípodos como bioindicadores de materia orgánica del sedimento en la Bahía de Chetumal. Tesis de Ingeniero Ambiental, División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Quintana Roo, Chetumal, 66 pp. <<http://rasisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/1845>>
- Warwick RM & KR Clarke. 1995.** New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series* 129: 301-305.
- Warwick RM & KR Clarke. 1998.** Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology* 35(4): 532-543.
- Winfield I & M Ortiz. 2003.** Anfípodos: un enfoque biológico, 51 pp. Editorial Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

---

Recibido el 25 de enero 2022

Aceptado el 24 de mayo 2023