

DINÁMICA DE LA COMUNIDAD DE ANFÍPODOS EN DOS LITORALES ROCOSOS DEL ESTADO MIRANDA, VENEZUELA

Vanessa Hernández^{1*}, Estrella Villamizar², Mayra García³,
Carlos Pereira¹ y Norman Muñoz⁴

¹Postgrado de Ecología, Universidad Central de Venezuela; ²Laboratorio de Ecología de Sistemas Acuáticos, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela; ³Instituto Experimental Jardín Botánico "Dr. Tobías Lasser", Universidad Central de Venezuela; ⁴Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela.
*vanessahernandezq8@gmail.com

RESUMEN

En los ecosistemas rocosos costeros, los anfípodos cumplen un papel importante al representar un vínculo entre los productores primarios y organismos de niveles tróficos superiores. No obstante, son pocos los estudios que han abordado la estructura comunitaria y dinámica de este grupo. Considerando estos aspectos, en esta investigación se planteó como objetivo determinar las variaciones espaciales y temporales de la estructura comunitaria de los anfípodos en dos localidades costeras de Venezuela, y su relación con las variables abióticas salinidad, precipitación, temperatura, pH, oxígeno disuelto, amonio, nitritos, nitratos y fosfatos. Se realizaron muestreos mensuales de los organismos para estimar la abundancia y riqueza de la comunidad de anfípodos en las playas Caracolito y Caimán, desde junio de 2014 hasta junio de 2015. Se registró un total de 20 especies, representantes de 10 familias de anfípodos. Las especies más abundantes fueron *Hyale pygmaea*, *Elasmopus pectinicornis* y *Amphitoe marcuzzii*. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la riqueza de especies entre meses o playas. Se observó una variabilidad temporal de la abundancia total de individuos en ambas localidades, con la mayor densidad en agosto (618 ± 3 ind/100 cm²) y la menor en diciembre (48 ± 2 ind/100 cm²). Los patrones de abundancia se relacionan con las variables fisicoquímicas temperatura y salinidad, lo que sugiere que la comunidad de anfípodos puede ser sensible a las fluctuaciones de las condiciones ambientales.

Palabras clave: Caribe sur, crustáceos, peracáridos, plataforma rocosa, variabilidad temporal.

Abstract

Amphipod community dynamics in two rocky shores of Miranda state, Venezuela

In rocky shores ecosystems, amphipods play an important role by representing a link between primary producers and organisms at higher trophic levels. However, there are very few studies on the community structure and dynamics of this group. Considering these aspects, the objective of this research was to know the spatial and temporal variations of

the community structure of amphipods in two coastal localities of Venezuela and their relationship with the abiotic variables salinity, precipitation, temperature, pH, dissolved oxygen, ammonium, nitrite, nitrate, and phosphate. Monthly samples of the abundance and richness of the amphipod community were carried out on the Caracolito and Caimán beaches between June 2014 and June 2015. A total of 20 species were recorded, representing 10 families of amphipods. The most abundant species were *Hyale pygmaea*, *Elasmopus pectinicus*, and *Amphitoe marcuzzii*. No significant differences were found in species richness between months or beaches. A temporal variability of the total abundance of individuals was observed in both locations, with the highest density in August (618 ± 3 ind / 100 cm²) and the lowest in December (48 ± 2 ind / 100 cm²). Also, a relationship was found between the abundance patterns and the physicochemical variables temperature and salinity, which suggests that the amphipod community is sensitive to fluctuations in environmental conditions.

Keywords: crustaceans, Peracarid, rocky platform, South Caribbean, temporal variability.

INTRODUCCIÓN

Los anfipodos son uno de los grupos de crustáceos de mayor abundancia en la zona intermareal de los litorales rocosos (Thiel y Vásquez, 2000; Mosbahi *y col.*, 2020). Este grupo de organismos tiene una amplia diversidad de formas de vida, tamaños y tipos de alimentación (De Broyer y Jazdzewski, 1996; Arfianti y Costello, 2020). Del superorden Peracarida, el orden Amphipoda contiene 72 familias las cuales tienen una distribución amplia en distintos ambientes marinos, tales como praderas de fanerógamas, macroalgas, restos de moluscos, fondos blandos, fosas abisales y aguas costeras (Ortíz y Lemaitre, 1994; Gutow *y col.*, 2020). En cuanto a su distribución latitudinal, se encuentran desde los trópicos hasta los polos, siendo uno de los componentes más importantes del bentos y la epifauna móvil de los ambientes marinos (Díaz, 2001; Martín *y col.*, 2013).

La importancia ecológica de los anfipodos se ha relacionado con el papel que ocupan en el control de la biomasa y diversidad de macroalgas en los ecosistemas costeros; son un eslabón importante en la trama trófica que conecta a los productores primarios con los niveles superiores de consumidores, constituyendo piezas claves en el intercambio energético como alimento de numerosos depredadores (Ruesink, 2000; Díaz, 2006; Arfianti y Costello, 2020). Sin embargo, a pesar de su importancia, el número de estudios dedicados a evaluar su papel ecológico como herbívoros es mucho menor al de otros organismos de mayor talla, como los poliplacóforos, erizos y gasterópodos. Esto posiblemente se deba a la dificultad en la identificación taxonómica y manipulación de los individuos (Martín *y col.*, 2013).

Las investigaciones sobre los anfípodos en Venezuela comenzaron con Stephensen (1948), quien identificó especies de anfípodos en la isla de Margarita. Posteriormente otros especialistas extranjeros realizaron expediciones científicas breves por el Caribe, en las cuales recorrieron varias zonas de la costa de Venezuela y describieron especies autóctonas (Ruffo, 1950, 1954; Van Lieshout, 1983; Stoner y Lewis, 1985; Barnard y Thomas, 1987). Galán (1984) realizó una de las primeras investigaciones taxonómicas exhaustivas del grupo para las costas del país. Contribuciones posteriores hicieron énfasis en las comunidades de anfípodos de la costa centro-occidental del país. Mención especial merecen los trabajos realizados por los investigadores Alberto Martín y Yusbelly Díaz, quienes realizaron importantes aportes taxonómicos y ecológicos del grupo, particularmente durante las últimas dos décadas (Ortiz *y col.*, 2000; Díaz y Martín, 2000, 2001, 2003; Martín *y col.*, 2001, 2002; Huck *y col.*, 2007; López *y col.*, 2010; Martín y Díaz, 2011).

A pesar del diverso número de estudios taxonómicos de las especies de anfípodos en Venezuela, existen pocos trabajos en la zona central del país y que incluyan aspectos ecológicos como el análisis de la dinámica comunitaria y su relación con las variables ambientales. Existen evidencias que sugieren la influencia de distintos factores ambientales sobre los cambios en la composición y abundancia de los anfípodos, tales como los periodos climáticos, la biomasa de macroalgas, la temperatura, la salinidad y la sedimentación (Jacobucci *y col.*, 2009; De-la-Ossa-Carretero *y col.*, 2016; Ferreira y col 2019). Con base en lo mencionado, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la dinámica de las comunidades de anfípodos en dos litorales rocosos de la zona intermareal del estado Miranda y su relación con las variables ambientales en los dos periodos climáticos que se presentan en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se llevó a cabo entre cabo Codera y Chirimena, municipio Brión del estado Miranda, sobre la formación Esquistos de San Julián (Urbaní y Ostos, 1989). Se escogieron dos (2) localidades costeras: playa Caracolito (coordenadas N10.591666, O66.105541) y playa Caimán (coordenadas N10.607057, O66.157164). Estas localidades fueron seleccionadas debido a su extenso sustrato rocoso y abundancia de macroalgas, así como por no haber sido consideradas previamente en investigaciones de esta naturaleza (Figura 1).

La zona de estudio presenta una precipitación anual entre 1300 – 1500 mm. El período de lluvias inicia alrededor del mes de mayo extendiéndose hasta diciembre, mientras que el periodo de sequía abarca desde enero hasta abril. Sin embargo, esta periodicidad estacional ha sido alterada actualmente como consecuencia de los cambios climáticos globales (Carrero y García, 2009).

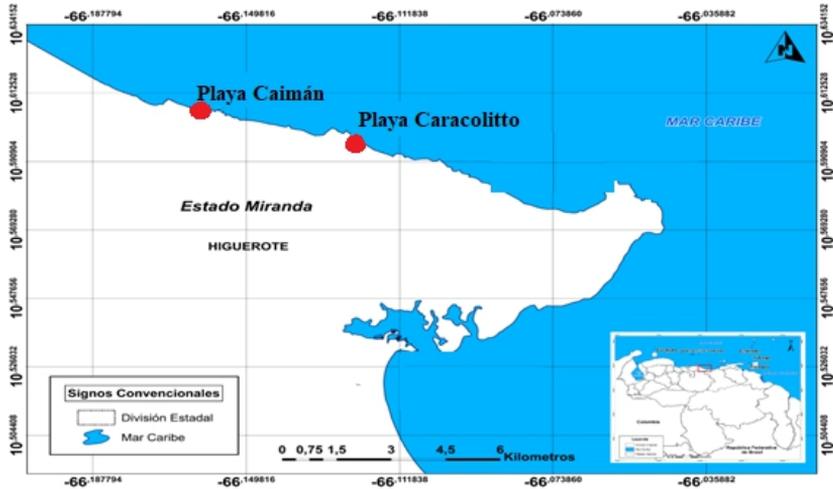


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. Se indican en puntos rojos las localidades de muestreo.

Procedimiento. Se recolectaron seis muestras mensuales de macroalgas con sus organismos epibiontes en la zona intermareal rocosa de las dos localidades, entre junio de 2014 y junio de 2015. Para la recolecta de macroalgas se utilizó una cuadrata de 0,25 m² con divisiones (cuadrantes) de 100 cm², y se seleccionaron cuatro divisiones de forma aleatoria para obtener un área total de cada muestra de 400 cm². Las macroalgas con sus organismos epibiontes se extrajeron manualmente de cada cuadrante mediante bolsas plásticas colocadas en la superficie de la roca, tratando de evitar la pérdida de los animales por la acción del oleaje. Posteriormente, toda la biomasa recolectada por muestra fue ubicada en envases con agua de mar. Para separar los organismos del alga se agregaron 20 mililitros de etanol técnico (70 % v/v) en un envase con agua de mar (Barnard, 1976). Seguidamente se vertieron en un tamiz de 0,50 mm de luz, para su separación final. La preservación de los anfipodos se realizó en envases con etanol al 70 % v/v en agua de mar.

Los organismos se identificaron en un microscopio estereoscópico marca Leica con un objetivo 1,0x/0,125x y aumentos de 0,8x – 8x. Se contabilizó el número de individuos de cada especie y su densidad se expresó en individuos/100 cm². La identificación taxonómica de los crustáceos anfipodos se llevó a cabo con empleo de literatura especializada (Ortiz y col., 2004; Martín, 2007). La verificación de la nomenclatura taxonómica se realizó según el Registro Mundial de Especies Marinas (Worms; World Register of Marine Species, 2020).

Las variables fisicoquímicas en el agua se midieron *in situ* mensualmente en cada localidad durante el periodo de recolección de los organismos, desde junio de 2014 hasta marzo de 2015 (10 meses). Las variables consideradas fueron salinidad, temperatura del agua, pH y oxígeno disuelto, para las cuales se empleó un equipo multiparamétrico marca HACH. También se midieron las concentraciones de amonio (NH₄), nitritos (NO₂), nitratos (NO₃) y fosfatos (PO₄), empleando un equipo UV-visible marca HACH modelo DR800 siguiendo los métodos de Strickland y Parsons (1972). Se midieron también las variables meteorológicas temperatura del aire y precipitación mensual, mediante una estación meteorológica marca Climatronics. Esta estación está ubicada en la zona de Carenero, a 7 kilómetros de playa Caracolito.

Análisis de datos. Para el análisis general de la comunidad se diseñó una matriz con la abundancia de cada especie en los distintos meses del año (factor temporal) y para cada localidad de estudio (factor espacial). Con el fin de determinar si existían diferencias significativas en las medias de las variables riqueza y abundancia entre las localidades y entre los meses estudiados, se empleó la prueba de rangos de Kruskal-Wallis acompañada, de ser necesario, por la prueba *a posteriori* U de Mann-Whitney. Para observar posibles agrupamientos de las muestras de acuerdo al factor espacial o temporal, se empleó el análisis de ordenación multidimensional no métrico (Non-metric multidimensional scaling, nMDS por sus siglas en inglés). Estos análisis se realizaron a partir de una matriz de disimilitud Bray-Curtis (Clarke *y col.*, 2014). Los análisis de similitud (ANOSIM) fueron realizados para cuantificar la diferencia de las comunidades según la localidad o meses de estudio (Clarke y Warwick, 1994). Se identificaron las especies que más contribuyeron a la similitud entre los grupos mediante un análisis SIMPER (Clarke y Gorley, 2006). Para determinar la relación existente entre la estructura comunitaria y las variables ambientales se empleó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), con la matriz de abundancia de las especies de anfípodos y los valores de las variables fisicoquímicas tomadas en cada playa. Todos los análisis estadísticos se realizaron en los programas PAST versión 3.22 (Hammer *y col.* 2001) y PRIMER 6 (Clarke *y col.* 2014).

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de anfípodos. Un total de 49.272 individuos, representantes de 20 especies y 10 familias de anfípodos, fueron encontrados en las dos localidades de estudio (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron *Hyale pygmaea* (Hyalidae), *Amphitoe marcuzzii* (Amphithoidae) y *Elasmopus pectinicus* (Melitidae). En playa Caracolito, la mayor riqueza de especies fue registrada en el mes de abril (16 especies), mientras que la menor riqueza fue registrada en noviembre (6 especies) (Figura 2). En cuanto a playa Caimán, la mayor riqueza fue registrada en

mayo (14 especies) y la menor en diciembre (5 especies) (Figura 2). Al comparar los valores de riqueza promedio entre meses dentro de cada playa, así como la riqueza promedio mensual entre las dos localidades, no se encontraron diferencias significativas. La composición de especies fue muy similar entre las dos playas.

Tabla 1. Lista de especies de anfípodos y sus respectivas abundancias para el total de las muestras recolectadas en playa Caracolito y playa Caimán, estado Miranda, Venezuela.

Familia	Especie o morfotipo	Total de individuos
Hyalidae	<i>Hyale pygmaea</i> (Ruffo, 1950)	19.713
	<i>Apohyale media</i> (Dana, 1853)	455
	<i>Ampithoe marcuzzii</i> (Ruffo, 1954)	2.833
Ampithoidae	<i>Ampithoe ramondi</i> (Audouin, 1826)	203
	<i>Ampithoe pollex</i> (Kunkel, 1910)	981
	<i>Cymadusa ledoyeri</i> (Peart, 2004)	1
	<i>Elasmopus pecteniscrus</i> (Spence Bate, 1862)	22.832
Maeridae	<i>Elasmopus balkomanus</i> (Thomas & J. Barnard, 1988)	963
	<i>Elasmopus rapax</i> (Costa, 1853)	171
	<i>Elasmopus levis</i> (S. I. Smith in Verril, 1873)	76
	<i>Elasmopus</i> sp.	310
	<i>Quadrimaera pacifica</i> (Schellenberg, 1938)	5
Stenothoidae	<i>Quadrimaera quadrimana</i> (Dana, 1852)	91
	<i>Stenothoe</i> sp.	365
Aoridae	<i>Bemlos brunneomaculatus</i> (Myers, 1977)	116
Lysianassidae	<i>Lysianopsis alba</i> (Holmes, 1903)	109
Eusiridae	<i>Eusiridae</i>	1
Melitidae	<i>Melita</i> sp.	2
Phliantidae	<i>Pariphinotus seclusus</i> (Shoemaker, 1933)	1
Photidae	<i>Gammaropsis chelifera</i> (Chevreux, 1901)	409

En ambos litorales rocosos se observaron fluctuaciones mensuales de la densidad de anfípodos (Figura 3). En playa Caracolito la menor densidad promedio se estimó en diciembre con 48 ind/100 cm² y la mayor en mayo con 582 ind/100 cm²; tal diferencia fue significativa ($p = 0,045$). En playa Caimán la menor densidad fue estimada en diciembre con 67 ind/100 cm², mientras que la mayor densidad fue registrada en agosto con 618 ind/100 cm², diferencia igualmente significativa ($p=0,004$) (Figura 3). La variación temporal de la densidad de anfípodos fue muy similar entre ambas playas, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

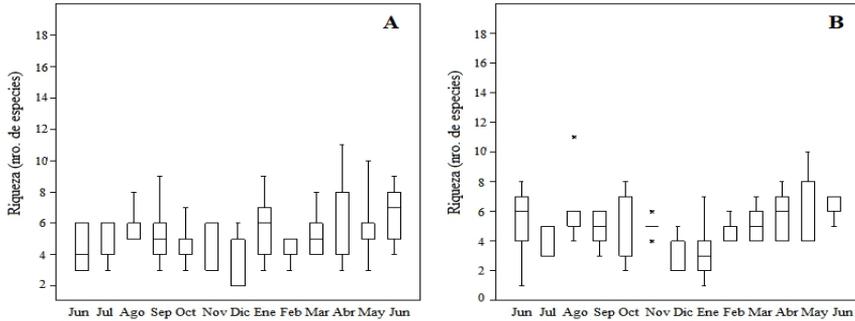


Figura 2. Boxplot representando la riqueza de la comunidad de anfípodos desde junio de 2014 hasta junio de 2015 en los litorales rocosos. A. Playa Caracolito, B. Playa Caimán.

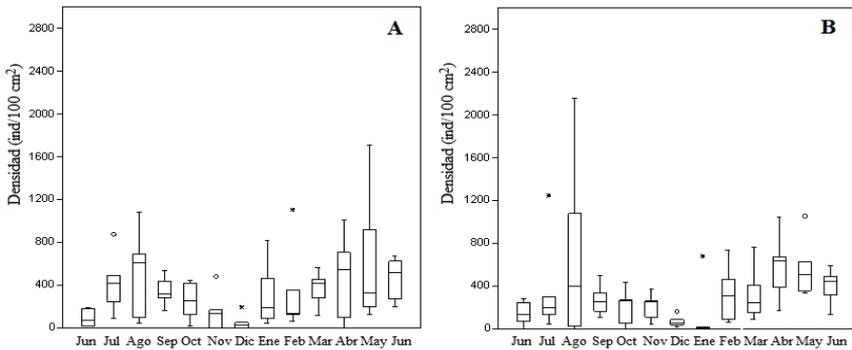


Figura 3. Boxplot representando la densidad de la comunidad de anfípodos desde junio de 2014 hasta junio de 2015 en los litorales rocosos. A. Playa Caracolito, B. Playa Caimán.

En la representación gráfica del nMDS realizado con la matriz de abundancia las especies de anfípodo para cada una de las playas estudiadas, no se observó una clara separación entre las muestras de playa Caracolito y playa Caimán (Figura 4), corroborando que ambas playas tienen una estructura de la comunidad muy similar. Las especies que más aportaron a la similitud entre las playas fueron *H. pygmaea* con una contribución del 59,46 %, *E. pectinicus* con 14,17 % y *A. marcuzzii* con 14,20 %, según el análisis SIMPER.

Al reunir las muestras de las dos localidades y examinar el comportamiento de la abundancia mediante el nMDS, tampoco se observó una clara discriminación de las muestras según los meses del período de estudio, con la excepción de una ligera separación entre los meses de

diciembre y enero (Figura 5). Esto sugiere que la estructura de la comunidad, en general, no presentó una variación temporal relevante durante el período de estudio.

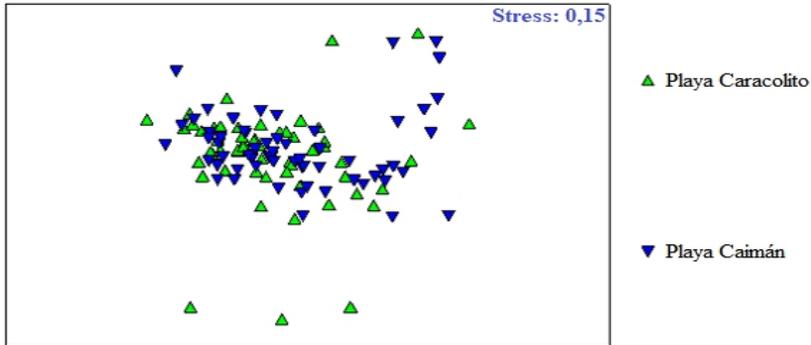


Figura 4. Análisis de ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de la estructura de la comunidad de anfípodos para cada playa (Caracolito y Caimán) en el periodo de estudio.

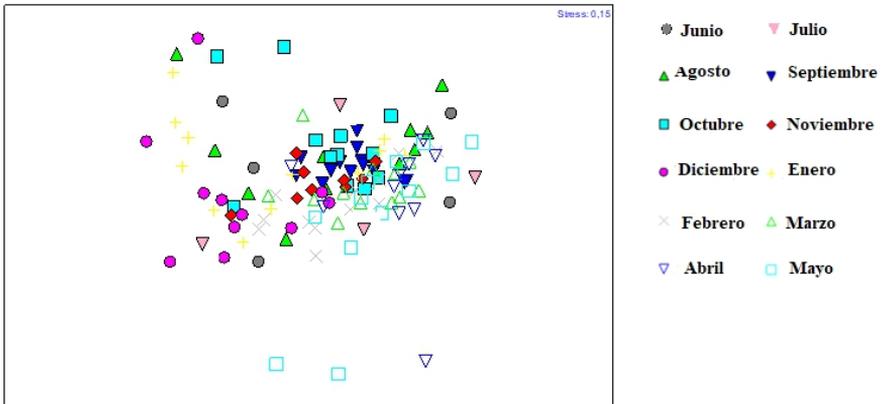


Figura 5. Análisis de ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de las muestras mensuales de anfípodos, desde junio de 2014 a mayo del 2015, considerando en conjunto playa Caracolito y playa Caimán.

Variables fisicoquímicas y su relación con la comunidad de anfípodos. Para ninguna de las variables fisicoquímicas consideradas se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las playas (factor espacial), por lo que se calculó el promedio mensual de cada

variable entre ambas localidades para analizar el efecto del factor tiempo. Se obtuvieron diferencias entre los meses para algunas de las variables, que se detallan a continuación.

La temperatura promedio estimada para todo el período, considerando en conjunto ambas localidades, fue de $26,3 \pm 1,5$ °C con el menor valor registrado en enero ($24,5 \pm 0,1$ °C) y el mayor valor en septiembre ($28,8 \pm 0,02$ °C) (Figura 6A). Las diferencias significativas se detectaron entre el mes de máxima temperatura (septiembre) con los meses de menor temperatura (enero, febrero y marzo) ($p < 0,001$ en cada comparación). El oxígeno disuelto presentó una media global de $6,60 \pm 0,40$ mg/l, con el mayor valor en diciembre ($7,27$ mg/l) y el menor valor en los meses de julio y septiembre ($6,30$ mg/l), una diferencia significativa estadísticamente ($p=0,009$) (Figura 6B).

Al analizar los nutrientes en el agua se encontró que la concentración media de fosfatos (PO_4) para ambas playas fue de $0,26 \pm 0,18$ mg/l, con la menor concentración registrada en junio ($0,10$ mg/l) y la mayor concentración en los meses de julio y febrero ($0,42$ mg/l) (Figura 6C). El amonio (NH_4) presentó una media de $0,11 \pm 0,08$ mg/l con concentración máxima en octubre ($0,32$ mg/l) y mínima en junio ($0,005$ mg/l), una diferencia significativa ($p = 0,04$) (Figura 6D). La concentración media de nitritos (NO_2) fue de $0,009 \pm 0,004$ mg/l, con valores bajos y similares entre junio y diciembre (un promedio de $0,007 \pm 0,001$ mg/l en estos meses) y mucho más altos entre enero y marzo (casi el doble, con un promedio de $0,013 \pm 0,003$ mg/l en estos meses) (Figura 6E). La diferencia de la concentración promedio de nitritos entre estos dos grupos de meses fue significativa ($p=0,001$). En cuanto a la concentración media de nitratos (NO_3) esta fue de $1,08 \pm 0,49$ mg/l, con diferencia significativa entre el valor mayor, obtenido en marzo ($1,60 \pm 0,30$ mg/l) y el menor valor, registrado en junio ($0,50 \pm 0,05$ mg/l) ($p = 0,002$) (Figura 6F).

La salinidad presentó una media de $37,9 \pm 1,2$ g/kg, con el mayor valor en los meses de julio y agosto (promedio de $39,9 \pm 0,6$ g/kg en ambos meses) mientras que el más bajo se obtuvo en noviembre ($35,9 \pm 0,1$ g/kg), una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$) (Figura 6G). Se observaron dos periodos, uno con altos valores de salinidad correspondiente a los meses de junio a agosto, y otro con concentraciones más bajas desde noviembre hasta febrero. El pH mostró una media de $8,1 \pm 0,1$ con diferencias significativas entre el mes de septiembre con los meses enero, febrero y marzo ($p < 0,01$ para cada comparación por pares) (Figura 6H).

En cuanto a las variables meteorológicas, la precipitación anual fue de $717,6$ mm, con el mayor valor en el mes de septiembre (182 mm) y el menor en febrero ($3,75$ mm). El periodo de mayor precipitación abarcó desde julio hasta diciembre 2014, disminuyendo abruptamente entre enero y junio

2015 (Figura 7A). La temperatura atmosférica presentó un promedio de $27,07 \pm 0,45 \text{ C}^\circ$, registrándose el mayor valor en junio 2014 (de $27,65 \text{ C}^\circ$) y el menor valor en enero 2015 ($26,31 \text{ C}^\circ$). Los valores de temperatura atmosférica fueron altos y muy similares desde junio hasta noviembre de 2014, para luego descender a partir del mes de diciembre y hasta el mes de junio del 2015, cuando volvió a incrementarse (Figura 7B).

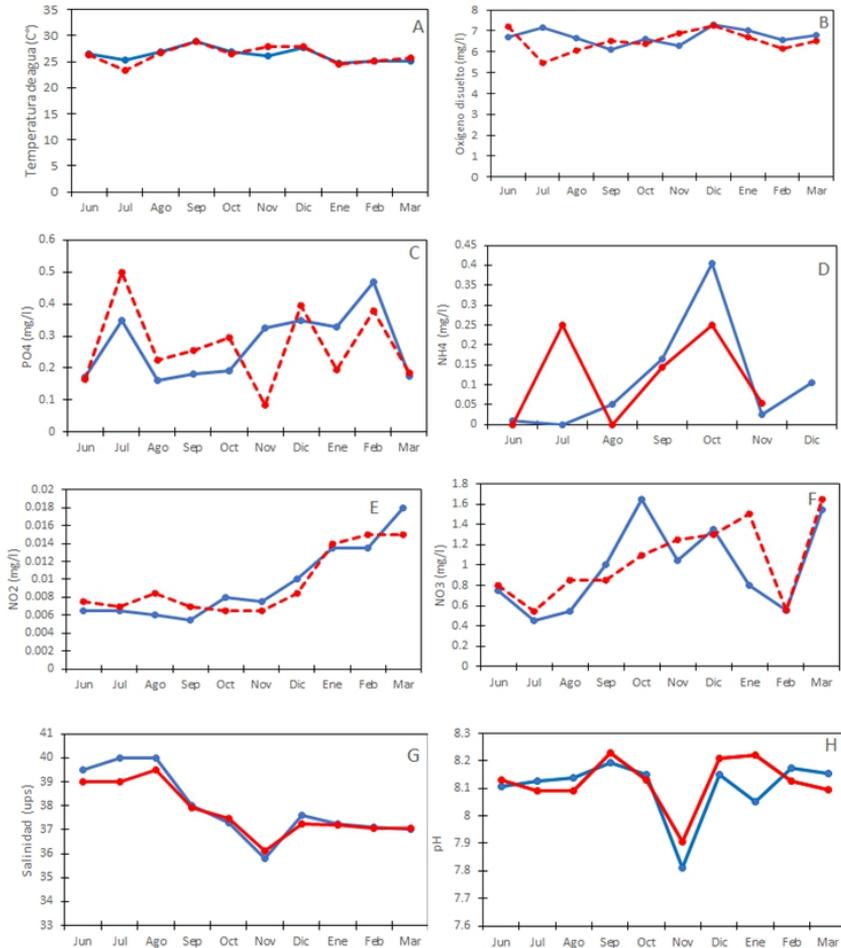


Figura 6. Variación temporal de las variables fisicoquímicas: temperatura del agua (A), oxígeno disuelto (B), PO₄ (C), NH₄ (D), NO₂ (E), NO₃ (F), salinidad (G), pH (H), desde junio del 2014 hasta marzo del 2015.

El comportamiento de las variables ambientales temperatura atmosférica, salinidad y precipitación es cónsono con la presencia de las dos estaciones climáticas reportadas previamente en la zona: la temporada de lluvia que se extendería desde julio hasta octubre - con mayor precipitación y temperatura atmosférica y menor salinidad - y la temporada de sequía a partir del mes de noviembre hasta marzo, con menor temperatura.

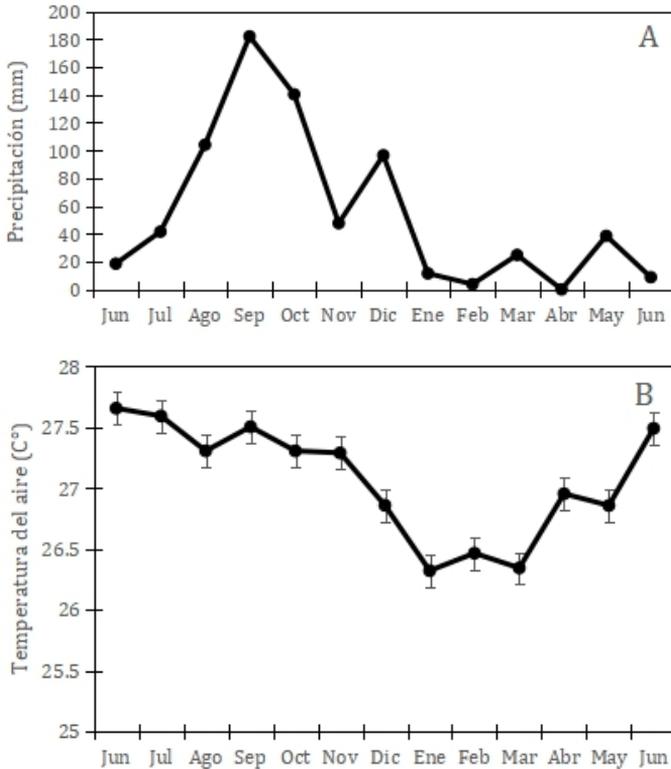


Figura 7. Variables meteorológicas: precipitación (A) y temperatura atmosférica (B) desde junio del 2014 hasta junio del 2015.

El análisis de correspondencia canónica entre las abundancias de las especies con las variables fisicoquímicas del agua de cada playa arrojó que los dos primeros ejes explicaron el 73,5 % de la varianza total. El primer eje explicó un 49,40 % y se correlacionó con la temperatura, NH_4 y salinidad. El segundo eje representó el 24,17 %, relacionándose con el NO_2 y temperatura (Figura 8). Los dos factores más asociados con la variación en

la abundancia de anfipodos fueron la salinidad y temperatura. Las especies *Lysianopsis alba* y *Ampithoe marcuzzii* mostraron una correlación positiva con la temperatura, mientras que los anfipodos *Stenothoe* sp, *Quadrinemaera quadrimana*, *Elasmopus balkomanus* y *Elasmopus levis* presentaron una correlación positiva con la salinidad. Los anfipodos *Bemlos brunneomaculatus*, *Amphitoe pollex* y *Amphitoe ramondi* tuvieron una correlación positiva con la concentración de nitritos en el agua, variable que se correlacionó negativamente con la temperatura.

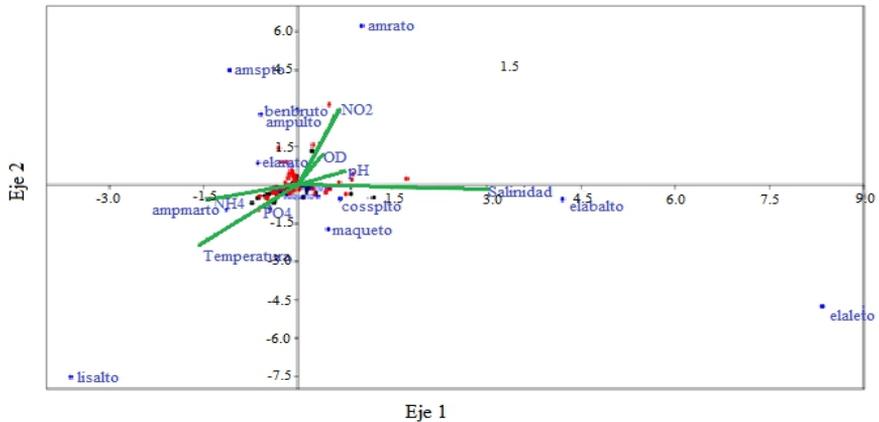


Figura 8. Análisis de correspondencia canónica de las especies de anfipodos y las variables fisicoquímicas. Los puntos en la gráfica representan las especies desde el mes de agosto de 2014 hasta mayo de 2015. Legenda; amrato: *Amphitoe ramondi*; amsp: *Ampithoe* sp.; ampmarto: *Ampithoe marcuzzii*; benbruto: *Bemlos brunneomaculatus*; ampulto: *Amphitoe pollex*; elarato: *Elasmopus balkomanus*; maqueto: *Quadrinemaera quadrimana*; elaleto: *Elasmopus levis*; lisalto: *Lysianopsis alba*; cossplto: *Stenothoe* sp.

DISCUSIÓN

La estructura comunitaria de los anfipodos en las plataformas rocosas de las playas Caimán y Caracolito fue muy similar a las estudiadas por Vizoso (1996), Ayala y Martín (2003), Rincón (2008) y Hernández y colaboradores (2012), en las cuales las familias Hyalidae y Melitidae presentaron altas densidades. En el estudio de Ayala y Martín (2003) en el litoral rocoso de la población de Taguao, estado La Guaira, se identificaron siete (7) especies pertenecientes a cinco (5) familias, donde la mayor frecuencia de aparición y densidad correspondió a *A. media* seguida por *H. pygmaea*, ambas pertenecientes a la familia Hyalidae. Por su parte, Rincón (2008) en su estudio sobre litorales intermareales de la península de Paraguaná, estado Falcón, identificó cinco (5) familias de anfipodos asociados a macroalgas, siendo Hyalidae la de mayor densidad. En el

Refugio de Fauna Silvestre Isla de Aves, Hernández y col. (2012) identificaron 26 especies de anfípodos asociados a cuatro especies de macroalgas, siendo *H. pygmaea* la especie dominante en densidad y frecuencia de aparición. Se puede señalar entonces que la familia Hyalidae tiene una importante representación en los litorales rocosos venezolanos.

Por otro lado, es importante resaltar que el número de especies y familias de anfípodos identificados en el presente estudio fue mayor que el reportado para otros litorales rocosos venezolanos en los trabajos de Ayala y Martín (2003), Rincón (2008) y Hernández y col. (2012). La riqueza fue cercana a la encontrada en el Refugio de Fauna Silvestre Isla de Aves, zona protegida considerada prístina, por Hernández y col. (2012). Estos resultados sugieren que la riqueza de las comunidades de anfípodos de las playas Caimán y Caracolito no han sido gravemente impactadas por las actividades antropogénicas relacionadas con el turismo o las operaciones petroleras que se realizan en el área.

Los resultados indican que *H. pygmaea*, *E. pecteniscrus* y *A. marcuzzii* son las especies dominantes de la comunidad de anfípodos de las localidades estudiadas, con una abundancia elevada. La amplia distribución de estas especies refleja su gran potencial reproductivo, capacidad de dispersión, rapidez en la colonización del sustrato y posibilidad de sobrevivencia a una variedad considerable de variables ambientales (Thiel y col., 2004).

En este estudio la distancia de 7 km entre cada playa representó una escala espacial en la cual no se detectó diferencia en la estructura de las comunidades de anfípodos. Sin embargo, si se compara con lo reportado en los trabajos realizados en el estado La Guaira, a cientos de kilómetros de distancia de las playas estudiadas, si se observan diferencias. En los estudios realizados en el estado la Guaira, se reportó una mayor densidad, pero menor riqueza de especies de anfípodos (Ayala y Martín, 2003). No obstante, en esos litorales rocosos se repite nuevamente la dominancia de los géneros *Hyale*, *Elasmopus* y *Ampithoe*.

En cuanto a su relación con las variables fisicoquímicas del agua, se detectó que la abundancia de algunas especies de anfípodos estuvo correlacionada con las variables ambientales temperatura y salinidad. Este resultado se evidencia al observar las fluctuaciones que presentaron la abundancia de anfípodos, la temperatura del agua, la precipitación y la salinidad en correspondencia con los dos periodos climáticos característicos de esta zona litoral del estado Miranda (Lorenzoni y col., 2019). La variación temporal de la comunidad de anfípodos según los periodos climáticos ha sido reportada para zonas tropicales (Curvelo y Corbisier, 2000; Valerio-Berardo y Flynn, 2002; Winfield y col., 2007; Esquete y col., 2011; Guerra-García y col., 2011). Sin embargo, para estas zonas tropicales, donde solo hay dos épocas marcadas en el año, existen

muy pocos estudios sobre la variación de la composición o la diversidad de esta comunidad a escalas temporales iguales o mayores a un año, por lo que se dificulta hacer comparaciones. Se debe resaltar que la variación temporal de la abundancia fue similar para ambas playas, indicando una dinámica comunitaria clara en cuanto a la variable temporal y una posible conectividad entre ambas playas.

Los cambios estacionales de las variables temperatura, precipitación y salinidad se comportan según lo reportado para las dos temporadas climáticas de la zona en estudio: temporada de lluvia desde agosto hasta diciembre, con inicio de la temporada de sequía a partir de enero. Durante la temporada de lluvia existe la mayor abundancia de anfipodos, mientras que su disminución coincide con el inicio de la estación de sequía. Este cambio en la abundancia de los anfipodos puede ser consecuencia de la influencia de las variables salinidad y temperatura sobre los procesos fisiológicos, así como en la sobrevivencia, ventilación, locomoción y osmorregulación de estos organismos (Sonorm *y col.*, 2010).

La salinidad como factor regulador de la distribución de las especies marinas se ha hecho evidente en otros estudios (Duarte *y col.*, 1990; Romero-Murillo y Polanía, 2008), los cuales señalan que los cambios de las precipitaciones producen variaciones en las concentraciones de sales, lo que posiblemente origina un cambio en la composición y abundancia de especies al sobrevivir aquellas que toleran tales variaciones. Esta proposición coincide con lo que ocurre con la comunidad de anfipodos en esta zona de estudio, donde el aporte de agua dulce más importante proviene principalmente de las precipitaciones en la temporada de lluvia.

La influencia de los cambios de salinidad en los anfipodos ha sido relacionada con la sensibilidad de la hemolinfa, debido a que las concentraciones de iones en la misma son responsables de la osmorregulación al compensar las diferencias del gradiente osmótico a través de los iones de sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) entre los ambientes externo e interno. Debido a que los cambios en la concentración de iones en la hemolinfa pueden reducir la aptitud darwiniana de los organismos, la perturbación del proceso de osmorregulación impacta en el resto de los procesos fisiológicos del animal hasta producir su muerte (Allan *y col.*, 2006; Sonorm *y col.*, 2010). De igual forma, la temperatura puede afectar la tolerancia a los cambios de salinidad, pues al producirse variaciones en las permeabilidades de las células y afectarse el intercambio iónico se alteran los procesos osmoregulatorios y la sobrevivencia del organismo (Miine y Ellis, 1973; Lawson *y col.*, 1995; Allan *y col.*, 2006; Sonorm *y col.*, 2010).

Los resultados de este estudio indican que la comunidad de anfipodos que habita en la zona intermareal de los litorales rocosos del estado Miranda presenta especies que han sido señaladas como resistentes al

estrés fisiológico crónico, tales como *H. pygmaea*, *E. pectinicus* y *A. marcuzzii* (Connell, 1972; Miloslavich y col. 2010), lo cual pudiese explicar su permanencia durante todo el año ante los cambios en temperatura y precipitación entre los períodos de lluvia y sequía.

Debemos resaltar, sin embargo, que los patrones de riqueza y abundancia de los anfipodos de las plataformas rocosas intermareales dependen de otros factores que no fueron evaluados en este trabajo como la depredación, la hidrodinámica local y regional, la complejidad del hábitat, la diversidad de recursos y la tolerancia fisiológica (Connell, 1972; Menge, 1976; Cruz-Motta, 2007). También se ha mencionado que factores biológicos como la arquitectura del alga epifitada y las defensas químicas de las algas influyen en la dinámica comunitaria de los crustáceos anfipodos (Poore, 1994; Ayala y Martín, 2003; Lionard y col., 2005).

CONCLUSIONES

En conclusión, la comunidad de anfipodos de playa Caracolito y playa Caimán es diversa, presentando un número de especies superior a lo reportado para otros litorales rocosos venezolanos, lo que destaca la importancia y el potencial ecológico de las localidades estudiadas dentro de los ecosistemas marinos costeros venezolanos. En este trabajo se pudo observar que la abundancia de la comunidad de anfipodos en zonas tropicales, y en particular la dinámica poblacional de algunas especies, están relacionadas con las estaciones climáticas - tal como ocurre en las zonas templadas - guardando una estrecha correspondencia con los períodos de sequía y de lluvia, propios de estas latitudes, los cuales se caracterizan por cambios importantes en las variables ambientales temperatura y salinidad.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo expuesto es producto de la Tesis Doctoral desarrollada por Vanessa Hernández en el Posgrado de Ecología de la Universidad Central de Venezuela, con sede en el Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET), bajo la tutoría de las doctoras Estrella Villamizar y Mayra García. Agradecemos al instituto de investigación Intevep por todo el apoyo ofrecido para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Allan, E., Froneman, P. y A. Hodgson. 2006. Effect of temperature and salinity on the standard metabolic rate (SMR) of Caribbean shrimp *Palaemon peringueyi*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 337: 103-108.

- Anderson, M. 2005. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26: 32-46.
- Arfianti, T. y M. Costello. 2020. Global biogeography of marine amphipod crustaceans: latitude, regionalization, and beta diversity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 638: 83-94.
- Astor, Y., Meri, J. y F. Muller-Karger. 1998. Variabilidad estacional hidrográfica en la Fosa de Cariaco. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 58(149): 61-72.
- Ayala, Y. y A. Martín. 2003. Relaciones entre la comunidad de anfipodos y las macroalgas a las que están asociados, en una plataforma rocosa del litoral central de Venezuela. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.* 19(1- 4): 171-182.
- Barnard, J. 1976. Amphipoda (Crustacea) from the Indo-Pacific tropics: a review. *Micronesica* 12(1): 169-176.
- Barnard, J. y J. Thomas. 1987. A new species of Chevalia from the Caribbean Sea (Crustacea: Amphipoda). *Proc. Biol. Soc. Wash.* 100(3): 532-542.
- Carrero de Blanco, A. y M. García Tovar. 2009. Caracterización ambiental del sector Los Totumos-Bahía de Buche ubicado en el Humedal Laguna Grande Zona Costera del Estado Miranda: Opciones de Solución para los problemas detectados. *Rev. Invest.* 33(66): 119-146.
- Chandani, A. y A. Myers. 2004. Reproductive bionomics and life history traits of three gammaridean amphipods, *Cymadusa filosa* Savigny, *Ampithoe laxipodus appadoo* and Myers and *Mallacoota schellendergi* Ledoer from the tropical Indian Ocean (Mauritius). *Acta Oecol.* 26: 227-238.
- Clarke, K. y R. Warwick. 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Mar. Biol.* 118(1):167-176.
- Clarke, K. y R. Gorley. 2006. Primer v6: user manual/tutorial. Phymouth, Australia.
- Clarke, K., Gorley, R., Somerfield, P. y R. Warwick. 2014. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E: Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom.
- Connell, J. 1972. Community Interactions on marine rocky intertidal shores. *Annu. Rev.Ecol. Syst.* 3:169-192.
- Cruz-Motta, J. 2007. Análisis espacial de las comunidades tropicales intermareales asociadas a los litorales rocosos de Venezuela. *Cien. Mar.* 33: 133-148.
- Curvelo, R. y T. Corbisier. 2000. The meiofauna associated with *Sargassum cymosum* at Lazaro Beach, Ubatuba, Sao Paulo. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 48 (2): 119-130.
- De Broyer, C. y K. Jazdzewski. 1996. Biodiversity of the Southern Ocean: Towards a new synthesis for the Amphipoda (Crustacea). *Boll. Mus. Civi. Stor. Nat. Verona* 20: 547-568.
- De-la-Ossa-Carretero, J.A., Del-Pilar-Ruso, Y., Loya-Fernández, A., Ferrero-Vicente, L.M., Marco-Méndez, C., Martínez-García, E., Sánchez-Lizaso, J.L. 2016. Response of amphipod assemblages to desalination brine discharge: impact and recovery. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 172: 13-23.
- Díaz, Y. 2001. Contribución al conocimiento del orden Amphipoda de la costa centro-occidental de Venezuela. Tesis doctoral. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. 542 pp.
- Díaz, Y. 2006. Macrofauna asociada a las comunidades de algas presentes en plataformas rocosas de la región centro- Occidente de Venezuela. Caracas, Venezuela: Trabajo dirigido, Universidad Simón Bolívar, Departamento de Estudios Ambientales.
- Díaz, Y. y A. Martín. 2000. *Audulla chelifera* (Amphipoda: Corophiidae) en las costas de Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 48(2-3), 722-723.

- Díaz, Y. y A. Martín. 2001. New records of amphipods (Crustacea: Amphipoda) from shallow waters of the Caribbean coast of Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 49(3-4), 1271-1277.
- Díaz, Y. y A. Martín. 2003. Primer registro de *Tropichelura gomezi* (Amphipoda: Cheluridae) para el Caribe Sur. *Rev. Biol. Trop.* 51(1): 266-267.
- Duarte, C., Montes, C., Agustí, S., Martino, P., Bernués, M. y J. Kalff. 1990. Biomasa de macrófitos acuáticos en la marisma del Parque Nacional de Doñana (SW España): importancia y factores ambientales que controlan su distribución. *Limnetica* 6: 1-12.
- Esquete, P., Moreira, J. y J. Troncoso. 2011. Peracarid assemblages of *Zostera meadows* in an estuarine ecosystem (O Grove inlet, NW Iberian Peninsula) spatial distribution and seasonal variation. *Helgol. Mar. Res.* 65:445-455.
- Ferreira, D., Dena-Silva, S. A., Güth, A.Z. Bueno, M. y F. Leite. 2019. Temporal variation in peracarid assemblages inhabiting *Caulerpa racemosa* in two Brazilian rocky shores. *Mar. Biodivers.* 9:1253-1260.
- Fukuoka, J. 1965. Meteorología e hidrografía. Estudios sobre el Ecosistema pelágico del NE de Venezuela. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 25, 70-71.
- Galán, A. 1984. A systematic study of Amphipoda (Crustacea) of the Caribbean coast of Venezuela. London, England: Ph.D. Thesis. Department of Pure and Applied Biology. Imperial College of Science and Technology, London University.
- Guerra-García, J., Baeza-Rojano, M. y J. García-Gómez. 2011. Vertical distribution and seasonality of peracarid crustaceans associated with intertidal macroalgae. *J. Sea Res.* 65 (2):56-264.
- Gutow, L., Poore, A.G., Díaz Poblete, M.A., Villalobos, V. y M. Thiel. 2020. Small burrowing amphipods cause major damage in a large kelp. *Proceedings of the Royal Society B.* 287(1926): 20200330.
- Hammer, O., Harper, D. y P. Ryan. 2001. Paleontología Electrónica. En: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm 165.
- Hernández, V., Pereira, C., Delgado, B. y E. Abreu. 2012. Avance de los estudios de línea base sobre la biota, procesos litorales y parámetros oceanográficos en la isla de Aves, Venezuela. PDVSA Intevep. Los Teques: PDVSA.
- Huck, E., Martín, A. y P. Miloslavich. 2007. Contenido proteico en los diferentes estadios embrionarios de *Talorchestia margaritae* (Amphipoda: Talitridae) durante su desarrollo intra-marsupial. *Rev. Biol. Trop.* 55 (1): 1-8.
- Jacobucci, G., Tanaka, M.O. y F. Leite. 2009. Temporal variation of amphipod assemblages associated with *Sargassum filipendula* (Phaeophyta) and its epiphytes in a subtropical shore. *Aquat. Ecol.* 43: 1031-1040.
- Johnson, W., Stevens, M. y L. Watling. 2001. Reproduction and development of marine peracarideans. *Adv. Mar. Biol.* 39: 105- 260.
- Lawson, S., Jones, M. y R. Moate. 1995. Effect of copper on the ultrastructure of the gill epithelium of *Carcinus Maenas*. *Mar. Pollut. Bull.* 31: 63-72.
- Lionard, M., Muylaert, K., Van Gansbeke, D. y W. Vyverman. 2005. Influence of changes in salinity and light intensity on growth of phytoplankton communities from the Schelde river and estuary (Belgium/The Netherlands). *Hydrobiologia* 540(1-3):105-115.
- López, S., Díaz, Y., Noris, K. y A. Cabrera. 2010. Lípidos en el anfípodo *Talorchestia margaritae* (Amphipoda: Talitridae) y su relación con la ecología de la especie. *Rev. Biol. Trop.* 58(3): 841-855.
- Lorenzoni, L., R. Thunell, C. Benitez-Nelson, E. Montes, R. Varela, Y. Astor y F. Muller-Karger. 2019. From land to the ocean: the interplay between allochthonous and autochthonous contribution to particles in nepheloid layers of the Cariaco Basin, Venezuela. *J. Geophys. Res. Biogeo.* 124(11): 3191-3207.

- Mann, H. y D. Whitney. 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically large than the other. *Ann. Math. Stat.* 18: 50-60.
- Martin, A. 2007. Catálogo de los anfipodos (Crustacea: Amphipoda: Gammaridea y Caprellidae) de Venezuela. Caracas: Tomos I y II Trabajo de Ascenso, Universidad Simón Bolívar.
- Martín, A., Atienza, D. y Y. Díaz. 2001. Ampliación de ámbito de *Mellita persona* (Amphipoda: Mellitidae) en el Caribe Sur. *Rev. Biol. Trop.* 49(1): 397-397.
- Martín, A. y Y. Díaz. 2011. La fauna de anfipodos (Crustacea: Amphipoda) de las aguas costeras de la región oriental de Venezuela. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 19(1-4): 327-344.
- Martín, A., Díaz, Y., Miloslavich, P., Escobar-Briones, E., Guerra-García, J., Ortiz, M., Valencia, B., Giraldo, A y E. Klein. 2013. Regional diversity of Amphipoda in the Caribbean Sea. *Rev. Biol. Trop.* 61(4):1681-1720.
- Martín, A., Ortiz, M. y Díaz, Y. 2002. Nuevos registros de anfipodos (Crustacea: Peracarida) para Venezuela. *Bol. Investig. Mar. y Cost.* 31(1): 15-24.
- Menge, B.A. 1976. Organization of the New England rocky intertidal community: role of predation, competition, and environmental heterogeneity. *Ecol. Monogr.* 46(4): 355-393.
- Miine, D. y R. Ellis. 1973. The Effect of salinity acclimation on the acclimation on the ultrastructure of the gills of *Gammarus oceanicus* (Sergertrale, 1947) (Crustacea: Amphipoda). *Zeitschrift fuer Zellforschung* 139: 311-318.
- Miloslavich, P., Díaz, J. M., Klein, E., Alvarado, J. J., Díaz, C., Gobin, J. y A. Bastidas. 2010. Marine biodiversity in the Caribbean: regional estimates and distribution patterns. *PloS one.* 5(8): e11916.
- Mosbahi, N., Boudaya, L., Neifar, L. y J. Dauvin. 2020. Do intertidal *Zostera noltei* meadows represent a favourable habitat for amphipods? The case of the Kneiss Islands (Gulf of Gabès: Central Mediterranean Sea). *Marine Ecology* e12589.
- Ortiz, M. y R. Lemaitre. 1994. Crustáceos anfipodos (Gammaridea) colectados en las costas del Caribe colombiano, al sur de Cartagena. *Bol. Invest. Mar. Cost INVEMAR.* 23: 119-127.
- Ortiz, M., Martín, A. y D. Atienza. 2000. Una nueva especie de anfípodo del género *Tiburonella* (Crustacea, Amphipoda, Platyschnopidae) de Venezuela. *Acta Biol. Venez.* 20(2): 29-36.
- Ortiz, M., Martín, A., Winfield, I., Díaz, Y. y D. Atienza. 2004. Anfipodos (Crustacea: Gammaridea). Clave gráfica para la identificación de las familias, géneros y especies marinas y estuarinas del Atlántico occidental tropical. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 172 pp.
- Poore, A. 1994. Selective herbivory by amphipods inhabiting the brown alga *Zonaria angustata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 107: 113-123.
- Rincón, A. 2008. Variación espaciotemporal de invertebrados asociados a algas en plataformas rocosas de Paraguaná Caracas, Venezuela. Tesis de Licenciatura, Universidad Simón Bolívar.
- Romero-Murillo, P. y J. Polanía. 2008. Sucesión temprana de la taxocenosis Mollusca-Annelida-Crustacea en raíces sumergidas de mangle rojo en San Andrés Isla, Caribe colombiano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 43: 63-74.
- Ruesink, J. 2000. Intertidal mesograzers in field microcosm: linking laboratory feeding rates to community dynamics. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 248 (2), 163-176.
- Ruffo, S. 1950. Studi sui crostacei anfipodi. XXII. Anfipodi nel Venezuela raccolti dal dott. G. Marcuzzi. *Memoria Museo Civico di Storia Naturale di Verona* 2: 49-65.
- Ruffo, S. 1954. Studi sui crostacei anfipodi. XL. Nuovi anfipodi raccolti nel Venezuela dal dott G. Marcuzzi. *Memoria Museo Civico di Storia Naturale di Verona* 4: 117-125.

- Sonorm, P., Felten, V., Me doc, V., Sroda, S., Rousselle, P. y J. Beisei. 2010. Effect of gender on physiological and behavioural responses of *Gammarus roeselii* (Crustacea Amphipoda) to salinity and temperature. *Environ. Pollut.* 158: 1288-1295.
- Stephensen, K. 1948. Amphipods from Curaçao, Bonaire, Aruba and Margarita. *Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands* 3(1), 1-20.
- Stoner, A. y F. Lewis. 1985. The influence of quantitative and qualitative aspects of habitat complexity in tropical sea-grass meadows. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 94(1):19-40.
- Strickland, J. y T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *J. Fish. Res. Board Can.* 167: 1-310.
- Thiel, M. y J. Vásquez. 2000. Are kelp holdfasts islands on the ocean floor? Indication for temporarily closed demes of peracarid crustaceans. *Hydrobiologia* 440:45-54.
- Thiel, M., González, E., Balanda, M., Haye, P., Heard, R. y L. Watling. 2004. Diversity of Chilean peracarids (Crustacea: Malacostraca). *Contributions to the study of East-Pacific crustaceans* 2(1)177-189.
- Urbani, F. y M. Osto. 1989. El complejo Ávila, Cordillera de la Costa, Venezuela. *Geos.* 29: 205-217.
- Valerio-Berardo, M. y M. Flynn. 2002. Composition and seasonality of an amphipod community associated to the algae *Bryocladia trysigera*. *Braz. J. Biol.* 62 (4): 167-184.
- Van Lieshout, S. 1983. Presence of (Amphipoda). *Bijdragen tot de Dierkunde* 53(2): 244-246.
- Vizoso, B. 1996. Dimensión fractal de macroalgas y estructura de la comunidad de invertebrados marinos. Tesis de licenciatura. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela: 23 pp.
- Winfield, I., Cházaro-Olvera, S. y F. Alvarez. 2007. ¿Controla la biomasa de pastos marinos la densidad de los peracáridos (Crustacea: Peracarida) en lagunas tropicales? *Rev. Biol. Trop.* 55 (1): 43-53.
- Winfield, I., Cházaro-Olvera, S., Horta-Puga, G., Lozano-Aburto, M.Á., y V. Arenas-Fuentes. 2010. Macrocrustáceos incrustantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversidad, abundancia y distribución. *Rev. Mex. Biod.* 81: 165-175.
- Worms; World Register of Marine Species. 2020. En: <http://www.marinespecies.org>.