



NOTA / NOTE:

Heteropods (*Gastropoda: Pterotracheoidea*) identified along a coastal-oceanic transect in the Colombian Pacific

Heterópodos (*Gastropoda: Pterotracheoidea*) identificados en un transecto costa-océano en el Pacífico colombiano

María Moreno-Alcántara¹, Alan Giraldo² and Gerardo Aceves-Medina¹

 0000-0002-2501-843X

 0000-0001-9182-888X

 0000-0002-7614-6669

¹ Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Plancton y Ecología Marina. Avenida IPN s/n, La Paz, B.C.S, C.P. 23096, México. maria0328@yahoo.com, gaceves@ipn.mx

² Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología. Grupo de Investigación en Ciencias Oceanográficas. Calle 13 # 100-00, Cali, Colombia. alan.giraldo@correounivalle.edu.co, oceanografia@correounivalle.edu.co.

RESUMEN

Con el propósito de establecer la composición taxonómica del ensamblaje de heterópodos que habita en el Pacífico colombiano, se analizaron muestras de zooplancton recolectadas en marzo de 2014 a lo largo de un trayecto costa-océano. Se identificaron 12 especies pertenecientes a tres familias y tres géneros. *Atlanta lesuerii* fue la especie más abundante en el área de estudio. Además, se registran por primera vez a *A. frontieri*, *A. oligogyra*, *A. inflata* y *A. plana* en el Pacífico sudamericano, así como *A. helicinoidea* en el Pacífico colombiano. Este trabajo contribuye de manera significativa en el conocimiento de los moluscos heterópodos del Pacífico colombiano.

Palabras Clave: Diversidad marina, Moluscos pelágicos, Pterotracheoidea, Zooplancton, Heterópodos.

ABSTRACT

With the purpose of establishing the taxonomic composition of the heteropod assembly that inhabits the Colombian Pacific, zooplankton samples were collected in March 2014 along a coastal- offshore transect and later analyzed. Twelve species belonging to three families and three genera were identified. *Atlanta lesuerii* was the most abundant species in the study area. In addition, *A. frontieri*, *A. oligogyra*, *A. inflata* and *A. plana* were recorded for the first time in the South American Pacific, as well as *A. helicinoidea* in the Colombian Pacific. This work contributes in a significant way in the knowledge of the heteropod mollusks of the Colombian Pacific.

Key words: Marine diversity, Pelagic mollusks, Pterotracheoidea, Zooplankton, Heteropods.

Los heterópodos son gasterópodos holoplanctónicos clasificados dentro de la superfamilia Pterotracheoidea, que incluye tres familias: Atlantidae, Carinariidae, y Pterotracheidae (Van der Spoel *et al.*, 1997). Atlantidae tiene la mayor riqueza de especies descritas, seguida por Pterotracheidae y Carinariidae (Richter y Seapy, 1999). Estos organismos exhiben adaptaciones morfológicas, tales como una concha transparente relativamente grande de aragonita en las especies de la familia Atlantidae, una concha de menor tamaño en las especies de Carinariidae, y sin concha en las especies de Pterotracheidae. Los heterópodos también han desarrollado una aleta de natación derivada del pie (Lalli y Gilmer, 1989; Richter y Seapy, 1999).

Los heterópodos se consideran un componente importante en la transferencia de energía de los ambientes pelágicos, ya que son consumidos por tortugas marinas (por ejemplo, *Caretta caretta*) y peces como el mahi-mahi (*Coryphaena hippurus* y *C. equiselis*) y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). A su vez, los heterópodos se alimentan de copépodos, larvas de peces, salpas, medusas, ctenóforos, y algunos pterópodos y heterópodos (Russell, 1960; Seapy, 1980; Lalli y Gilmer, 1989; Junior *et al.*, 2004; Vaske *et al.*, 2012; Wall-Palmer *et al.*, 2016).

Aunque estos gasterópodos holoplanctónicos son cosmopolitas (Lalli y Gilmer, 1989; Richter y Seapy, 1999), la mayoría de las especies se distribuyen en aguas cálidas (Lalli y Gilmer, 1989; Van der Spoel, 1996), lo que denota la importancia de estudiar los moluscos holoplanctónicos en aguas tropicales. Desafortunadamente, la investigación sobre este grupo taxonómico en las aguas cálidas del Pacífico oriental es escasa (Cruz 1983, 1998; Suárez-Morales *et al.*, 2009). Los pocos estudios que existen sobre heterópodos en aguas cercanas al Pacífico colombiano (PC) se han realizado en el centro de Panamá y la costa del Pacífico de Costa Rica, Ecuador y Perú (Van der Spoel, 1976; Cruz, 1983, 1996, 1998, 2012; Suárez-Morales *et al.*, 2003; Ayón *et al.*, 2008). En estos estudios, junto con el único que se ha realizado en el PC (Cediel-Parra *et al.*, 1995), se han identificado un total de 14 especies, pertenecientes a siete géneros y tres familias, que representan aproximadamente 40% de las 37 especies de heterópodos en todo el mundo (Gofas, 2009). La afinidad tropical de este grupo taxonómico, así como la escasa investigación sobre la composición de las especies y la abundancia de estos organismos en muestras de zooplancton en áreas cercanas, sugieren la presencia

Heteropods are holoplanktonic gastropods classified within the superfamilia Pterotracheoidea, which comprises three families: Atlantidae, Carinariidae, and Pterotracheidae (Van der Spoel *et al.*, 1997). Atlantidae has the highest richness of described species, followed by Pterotracheidae and Carinariidae (Richter and Seapy, 1999). These organisms exhibit morphological adaptations, such as a relatively large aragonite transparent shell in members of the Atlantidae, a reduced shell in Carinariidae species, and no shell in the Pterotracheidae species. Heteropods also developed a swimming fin derived from the foot (Lalli and Gilmer, 1989; Richter and Seapy, 1999).

Heteropods are considered as an important component in the energy transfer of pelagic environments, since they are preyed upon by sea turtles (e.g. *Caretta caretta*) and fish such as mahi-mahi (*Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). But they also prey on copepods, fish larvae, salps, medusae, ctenophores, and some pteropods and heteropods (Russell, 1960; Seapy, 1980; Lalli and Gilmer, 1989; Junior *et al.*, 2004; Vaske *et al.*, 2012; Wall-Palmer *et al.*, 2016).

Although these holoplanktonic gastropods are cosmopolitan (Lalli and Gilmer, 1989; Richter and Seapy, 1999), most species are distributed in warm waters (Lalli and Gilmer, 1989; Van der Spoel, 1996), which denotes the importance of studying holoplanktonic mollusks in tropical waters. Unfortunately, research on this taxonomic group for the warm waters of the eastern Pacific is scarce (Cruz 1983, 1998; Suárez-Morales *et al.*, 2009). The few studies regarding heteropods in waters near the Colombian Pacific (CP) include the Panama Centre, the Pacific coast of Costa Rica, Ecuador and Peru (Van der Spoel, 1976; Cruz, 1983, 1996, 1998, 2012; Suárez-Morales *et al.*, 2003; Ayón *et al.*, 2008). In these studies, along with the only one that has been performed in the CP (Cediel-Parra *et al.*, 1995), a total of 14 species have been reported, belonging to seven genera and three families, which represent approximately 40% of the 37 species of heteropods worldwide (Gofas, 2009). The tropical affinity of this taxonomic group, as well as the scarce research about the species composition and the abundance of these organisms in zooplankton samples in nearby areas, suggest the presence of more species than the ones already reported for the CP (12 before this study). Due to this, a study to analyze heteropods from zooplankton samples collected in the central Colombian Pacific in March 2014 was performed.

The zooplankton tows were done in eight sampling stations using a bongo net equipped with an Hydrobios®

de más especies que las que se han identificado hasta el momento para el PC (12 antes de este estudio). Debido a esto, se realizó un estudio para analizar los heterópodos presentes en muestras de zooplancton en la zona central del Pacífico colombiano en marzo de 2014.

Las muestras de zooplancton se recolectaron en ocho estaciones de muestreo utilizando una red bongo con un diámetro de boca de 60 cm y un tamaño de malla de 300 μm , equipada con un flujómetro Hydrobios® unido a la boca de la red. Los arrastres fueron oblicuos y se realizaron durante 10 min desde una profundidad de 40 m hasta la

flow meter attached to the mouth of the net, with 60 cm mouth diameter and 300 μm mesh size. Oblique tows were performed during 10 minutes from a depth of 40 m to the surface. Sampling stations were 50 km apart and set along a linear transect parallel to 4°N latitude, starting 20 km from the coastline off Bahía Málaga, Valle del Cauca, to 420 km off shore (Figure 1). Zooplankton samples were preserved and transported to the Animal Ecology laboratory of the Universidad del Valle, Cali, Colombia. All heteropods were separated from the samples, identified and counted using a dissecting microscope of 50x magnification. Abundance

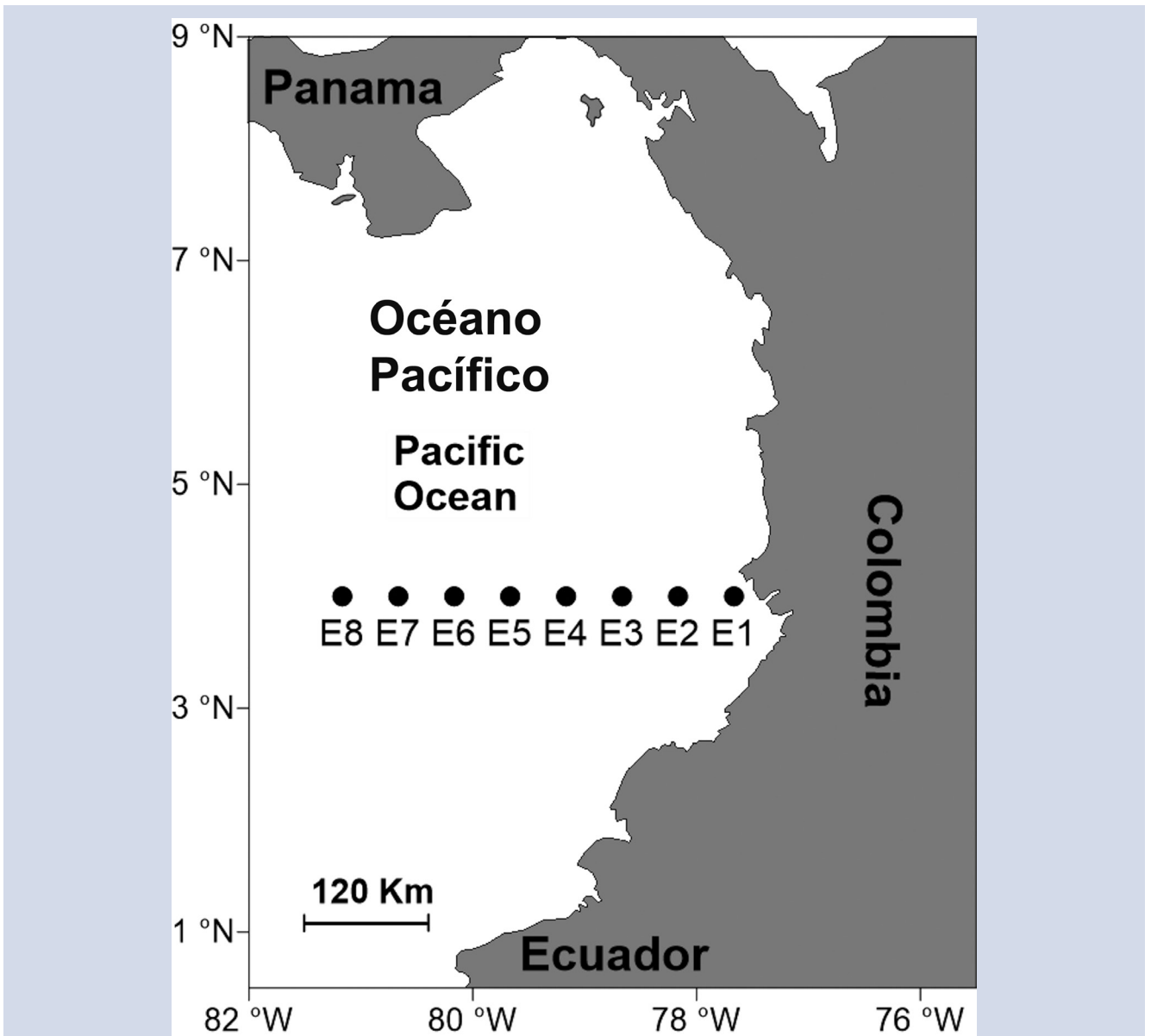


Figura 1. Estaciones de muestreo del zooplancton a lo largo del paralelo 4°N en el Océano Pacífico Colombiano.

Figure 1. Zooplankton sampling stations along 4°N in the Colombian Pacific Ocean.

superficie. Las estaciones de muestreo estaban separadas por 50 km y se ubicaron a lo largo de un trayecto lineal paralelo a 4° N, comenzando a 20 km de la costa de bahía Málaga, Valle del Cauca, hasta llegar a 420 km de la costa (Figura 1). Las muestras de zooplancton se conservaron y transportaron al laboratorio de Ecología Animal de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. Se separaron todos los heterópodos de las muestras, y se identificaron y contaron usando un microscopio de disección con aumento de 50x. La abundancia fue estandarizada como el número de individuos/1000 m³. Todos los especímenes están alojados en la colección de moluscos holoplanctónicos del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN-CICIMAR), La Paz, Baja California Sur, México.

Se identificaron un número total de 365 heterópodos pertenecientes a doce especies, tres géneros y tres familias (Figura 2) utilizando los criterios morfológicos propuestos por Seapy (1990) y Richter y Seapy (1999), basados en el número de espiras, morfología general de la concha y tipo de ojo presente. Se siguió la clasificación taxonómica propuesta por Richter y Seapy (1999) (Tabla 1). La especie más abundante fue *Atlanta lesueurii*, que representó 32.9% de los especímenes totales recogidos, seguida de *A. gaudichaudi* (17.0%), *A. peronii* (9.9%), *Cardiapoda placenta* (9.6%) y *Firoloida desmarestia* (7.7%), las cuales representaron 76.9% de la abundancia total.

Aunque la profundidad máxima de muestreo no cubre todo el ámbito de distribución vertical de los heterópodos, la Tabla 1 muestra que después de un análisis comparativo de la composición de las especies registradas en otras investigaciones realizadas en el PC y áreas circundantes, este estudio presenta un nuevo registro para el PC (*A. helicinoidea*) y cuatro nuevos registros para el Pacífico sudamericano (*A. frontieri*, *A. inflata*, *A. oligogyra* y *A. plana*). Esto aumenta hasta 18 el número total de heterópodos conocidos de la región.

Este incremento de 10%, que resulta en 18 especies identificadas, es significativo si se considera el bajo esfuerzo de muestreo (ocho muestras), comparado con las 20 especies registradas en el Golfo de Tehuantepec, 24 especies en el Golfo de California y 13 especies en la costa del Pacífico frente a California y Baja California, donde el esfuerzo de muestreo ha sido dos o tres veces mayor (McGowan, 1967; Angulo-Campillo *et al.*, 2011; Moreno-Alcántara *et al.*, 2014). Esto lleva a considerar al PC como una región de alta diversidad, clave para entender los patrones biogeográficos de los heterópodos en todo el mundo.

was standardized to individuals/1000 m³. All specimens are hosted at the holoplanktonic mollusks collection at Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN-CICIMAR), La Paz, Baja California Sur, Mexico.

A total of 365 heteropods belonging to 12 species, three genera and three families were identified (Figure 2) using morphological criteria proposed by Seapy (1990) and Richter and Seapy (1999) based on the count of spires, general shell morphology and type of eye present. The taxonomic classification proposed by Richter and Seapy (1999) was followed (Table 1). The most abundant species was *Atlanta lesueurii* which represented 32.9% of the total specimens collected, followed by *A. gaudichaudi* (17.0%), *A. peronii* (9.9%), *Cardiapoda placenta* (9.6%), and *Firoloida desmarestia* (7.7%), which represented 76.9% of the total abundance.

Although the maximum sampling depth does not cover the entire vertical distribution range of heteropods, table 1 shows that from a comparative analysis of the species composition reported in other research performed in the CP and surrounding areas, this study provides a new report for the CP (*A. helicinoidea*) and four new reports for the Southern American Pacific (*A. frontieri*, *A. inflata*, *A. oligogyra* y *A. plana*). This increases to 18 the total number of heteropods known from the area.

This increase of 10%, leading to 18 species, is significant if the low sampling effort is considered (eighth samples), compared to 20 species reported in the Gulf of Tehuantepec, 24 species for the Gulf of California, and 13 species in the Pacific off California and Baja California, where the sampling effort has been greater in two to three orders of magnitude (McGowan, 1967; Angulo-Campillo *et al.*, 2011; Moreno-Alcántara *et al.*, 2014). This leads to consider the CP as a region with high diversity, key to understanding the biogeographic patterns of heteropods worldwide.

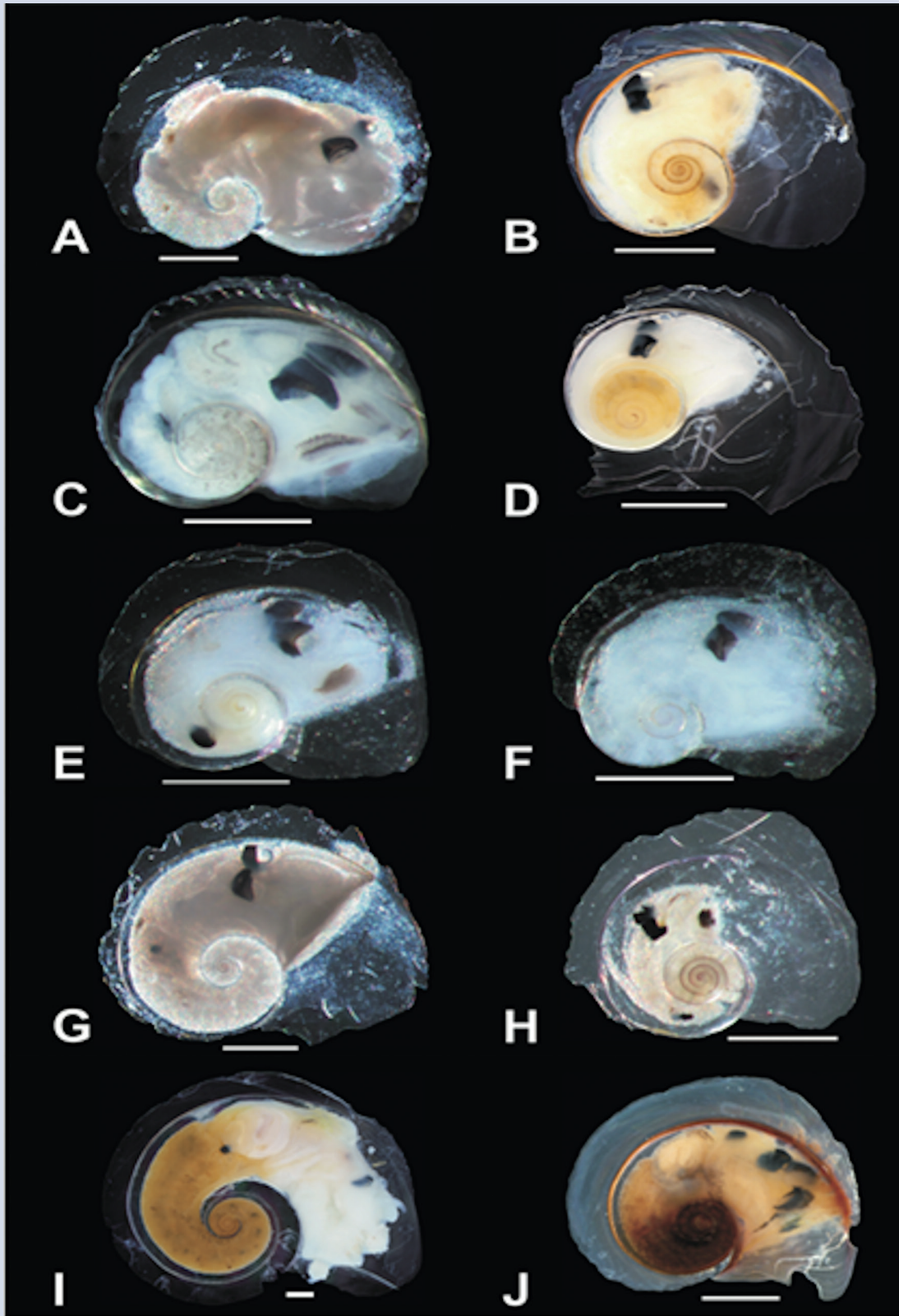


Figura 2. Heterópodos de la familia Atlantidae obtenidos durante el estudio. A: *Atlanta lesueurii*; B: *A. gaudichaudii*; C: *A. helicinoidea*; D: *A. inclinata*; E: *A. inflata*; F: *A. oligogyra*; G: *A. peronii*; H: *A. plana*; I: *A. frontieri*; J: *A. turriculata*. La barra de escala representa 1 mm.

Figure 2. Heteropods of the family Atlantidae obtained during the survey. A: *Atlanta lesueurii*; B: *A. gaudichaudii*; C: *A. helicinoidea*; D: *A. inclinata*; E: *A. inflata*; F: *A. oligogyra*; G: *A. peronii*; H: *A. plana*; I: *A. frontieri*; J: *A. turriculata*. Scale bar represents 1mm.

Tabla 1. Especies de heterópodos registradas en este trabajo y en registros anteriores en el Pacífico colombiano y las áreas cercanas. X: presente; *: distribución probable; +: presencia del grupo de especies (según lo referido por el autor); ¹: nuevo registro para el Pacífico sudamericano; ²: nuevo registro para el Pacífico colombiano. El número entre paréntesis es el porcentaje de abundancia para cada especie.

Table 1. Heteropod species recorded in this work and the previous records for the Colombian Pacific and nearby areas. X: present; *: probable distribution; +: presence of the species group (as given by the author); ¹: new record for the Southern American Pacific; ²: new record for the Colombian Pacific. The number in parenthesis is the percentage of abundance for each species.

	Van der Spoel (1976) Panamá Centro / Panamá Centre	Suárez-Morales et al. (2009) Pacífico Costa Rica / Costa Rica Pacific	Cruz, (1983, 1996, 1998) Ecuador	Ayón et al. (2008) Perú	Cediel-Parra et al. (1995) Pacífico Colombia / Colombian Pacific	Este trabajo / Present work
Pterotracheoidea						
Atlantidae						
<i>Atlanta brunnea</i> Gray, 1850					X	
<i>Atlanta frontieri</i> Richter, 1993						X ¹ (4.1)
<i>Atlanta gaudichaudi</i> Gray, 1850	*	X	X	X	X	X (17.0)
<i>Atlanta helicinoidea</i> Gray, 1850	X	X		X		X ² (3.8)
<i>Atlanta inclinata</i> Gray, 1850	+	X		X	X	X (0.5)
<i>Atlanta inflata</i> Gray, 1850	+					X ¹ (6.3)
<i>Atlanta lesueurii</i> Gray, 1850	X	X	X	X	X	X (32.9)
<i>Atlanta oligogyra</i> Tesch, 1906						X ¹ (1.4)
<i>Atlanta peronii</i> Lesueur, 1871	X	X	X	X	X	X (9.9)
<i>Atlanta plana</i> Richter, 1972						X ¹ (0.8)
<i>Atlanta turriculata</i> d'Orbigny, 1836	*	X	X	X	X	X (6.0)
<i>Oxygyrus inflatus</i> Benson, 1835				X	X	
<i>Protatlanta souleyeti</i> (Smith, 1888)				X		
Carinariidae						
<i>Cardiapoda placenta</i> (Lesson, 1831)		X		X	X	X (9.6)
<i>Carinaria lamarcki</i> Blainville, 1817				X	X	
Pterotracheidae						
<i>Firoloida desmarestia</i> Lesueur, 1817		X	X	X	X	X (7.7)
<i>Pterotrachea coronata</i> Forsskål, 1775				X	X	
<i>Pterotrachea hippocampus</i> Philippi, 1836				X	X	

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Andrés Cuellar por su ayuda durante el muestreo y a la Fundación Malpelo por proporcionar acceso a la plataforma de muestreo. Esta investigación se realizó en el marco de expediciones científicas para el seguimiento de las condiciones ambientales y biológicas del componente oceanográfico del Santuario de Fauna y Flora Malpelo (SFF), que fue cofinanciado por la Fundación Malpelo, SFF Malpelo y la Universidad del Valle. El primer autor agradece a la Coordinación de Cooperación Académica del Instituto Politécnico Nacional y a las becas del CONACyT por el apoyo económico brindado durante sus estudios de Maestría y por su visita de investigación a Colombia. El último autor agradece a SNI-CONACyT y al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo prestado a través de los sistemas de becas EDI y COFAA y los proyectos

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Andrés Cuellar for his help during sampling and the Malpelo Foundation for providing access to the sampling platform. This research was carried out within the framework of scientific expeditions for the monitoring of environmental and biological conditions of the Malpelo Fauna and Flora Sanctuary (FFS), oceanographic component, which is co-financed by the Malpelo Foundation, Malpelo FFS, and the Universidad del Valle. The first author thanks the Coordinación de Cooperación Académica of the Instituto Politécnico Nacional and CONACyT scholarships for economic support provided during her Masters studies and for her research visit to Colombia. The last author thanks SNI-CONACyT and the Instituto Politécnico Nacional for support through the EDI and COFAA scholarship systems



institucionales SIP 20151160 y 20160625 durante este proyecto de investigación.

and the SIP 20151160 and 20160625 institutional projects during this research project.

BIBLIOGRAFÍA / LITERATURE CITED

- Angulo-Campillo, O., G. Aceves-Medina and R. Avedaño-Ibarra. 2011. Holoplanktonic mollusks (Mollusca: Gastropoda) from the Gulf of California, México. *Check List*, 7: 337-342.
- Ayón, P., M.L. Criales-Hernández, R. Schwaborn and H. Hirche. 2008. Zooplankton research off Peru: A review. *Progr. Oceanogr.*, 79(2-4): 238-255.
- Cediel-Parra, A.L., R.S. Avila-Pineda and B.S. Beltrán-León. 1995. Composición, distribución y abundancia de moluscos holoplanctónicos (Heterópodos y Pterópodos) del Pacífico colombiano durante 1991. *Bol. Cient. INPA*, 3: 168-186.
- Cruz, M. 1983. Pterópodos y heterópodos del golfo de Guayaquil. *Acta Oceanogr. Pacíf.*, 2(2): 569-587.
- Cruz, M. 1996. Pterópodos Thecosomados y Heterópodos (Gasterópodos) como bioindicadores del Evento "El Niño" 1992, en la Estación Fija "La Libertad", Ecuador. *Acta Oceanogr. Pacíf.*, 8 (1): 51- 66.
- Cruz, M. 1998. Gastrópodos planctónicos (Pteropoda y Heteropoda) como bioindicadores de los eventos "El Niño" 1992 y 1997-98 en la estación fija "La Libertad". *Acta. Oceanogr. Pacíf.*, 9: 12-18.
- Cruz, M. 2012. Preferencia y rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad de los Pterópodos y Heterópodos frente a la costa ecuatorial. *Acta. Oceanogr. Pacíf.*, 17: 93-125.
- Gofas, S. 2009. Pterotracheoidea Rafinesque. In: *Mollusca base*. 2016. World register of marine species. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=387338>. 12/06/2016.
- Junior, T.V., C.M. Vooren and R.P. Lessa. 2004. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Env. Biol. Fish.*, 70(3): 293-304.
- Lalli, C.M. and R.W. Gilmer. 1989. Pelagic snails: the biology of holoplanktonic mollusks. Stanford University Press, Stanford, USA. 259 p.
- McGowan, J.A. 1967. Distributional atlas of pelagic mollusks in the California Current region. *CalCofi Atlas No. 6*, State of California Marine Research Committee. 218 p.
- Moreno-Alcántara, M., G. Aceves-Medina, O. Angulo-Campillo and J.P. Murad-Serrano. 2014. Holoplanktonic molluscs (Gastropoda: Pterotracheoidea, Thecosomata and Gymnosomata) from the Southern Mexican Pacific. *J. Moll. Stud.*, 80(2): 131-138.
- Richter, G. and R.R. Seapy. 1999. Heteropoda. 621-647. En: Boltovskoy, D. (Ed.). *South Atlantic zooplankton vol. 1*. Backhuys Publishers, Leiden, Netherland. 868 p.
- Russell, H.D. 1960. Heteropods and pteropods as food of the fish genera, *Thunnus* and *Alepisaurus*. *Nautilus*, 74(2): 46- 56.
- Seapy, R.R. 1980. Predation by the epipelagic heteropod mollusk *Carinaria cristata* forma *japonica*. *Mar. Biol.*, 60(2-3): 137-146.
- Seapy, R.R. 1990. The pelagic family Atlantidae (Gastropoda: Heteropoda) from hawaiian waters: a faunistic survey. *Malacologia*, 32(1): 107-130.
- Suárez-Morales, E., R. Gasca and I. Castellanos. 2009. Pelagic gastropods: 357-369. In: *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. Springer Netherlands. 538 p.
- Van der Spoel, S. 1976. Pseudothecosomata, Gymnosomata and Heteropoda (Gastropoda). Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht, Netherland. 484 p.
- Van der Spoel, S. 1996. Heteropoda: 407-457. En: Gasca, R. y E. Suárez (Eds.). *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/ CONACYT, México. 711 p.
- Van der Spoel, S., L. Newman and K.W. Estep. 1997. Pelagic molluscs of the world. World biodiversity data base, CD-ROM series. Expert center for taxonomist identification (ETI), Unesco, Amsterdam y París.
- Vaske, T., P.E. Travassos, F.H.V. Hazin., M.T. Tolotti and T.M. Barbosa. 2012. Forage fauna in the diet of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western tropical Atlantic Ocean. *Braz. J. Oceanogr.*, 60(1): 89-97.
- Wall-Palmer, D., C.W. Smart, R. Kirby, M.B. Hart, K.T. Peijnenburg and A.W. Janssen. 2016. A review of the ecology, palaeontology and distribution of *Atlantid* heteropods (Caenogastropoda: Pterotracheoidea: Atlantidae). *J. Moll. Stud.*, 82 (2): 221-234. (2): 221-234.

RECIBIDO/ RECEIVED: 16/08/2016

ACEPTADO/ ACCEPTED: 08/06/2017

