

ARTICULO ORIGINAL

Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Palma Real de la isla Parida, Golfo de Chiriquí, Panamá

Luz E. González Castillo¹, Yusseff Aguirre^{2, 3}, Juan A. Bernal Vega³, Tomás A. Ríos González³, Angélica M. Rodríguez Castillo^{3, 4}

¹ Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.

² Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Panamá.

³ Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados, Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.

⁴ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá

{lelaine3@gmail.com; yusseff.aguirre@unachi.ac.pa; tomas.rios@unachi.ac.pa; rod2175@yahoo.com}

Recibido: 11.09.2019 / Revisado: 26.09.2019 / Aceptado: 19.11.2019.

© 2019 UNACHI: Universidad Autónoma de Chiriquí.

RESUMEN

La República de Panamá cuenta con una red insular de 1,518 entre islas, islotes y cayos, a pesar de ello, el conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos es insuficiente en este tipo de ecosistemas. Durante los últimos años, se ha producido un interés por realizar actividades antropogénicas; tales como, ecoturismo, ganadería y la agricultura en alguna de estas islas. Este estudio tuvo como objetivo determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad de agua de la única fuente permanente de agua dulce de la Isla Parida, localizada en el Parque Nacional Marino Golfo de Chiriquí en el pacífico panameño. Las giras de campo fueron realizadas una vez al mes desde septiembre de 2015 a diciembre de 2016. Se recolectaron macroinvertebrados acuáticos en tres sitios de muestreo en diferentes tipos de microhábitats. Se recolectó un total de 2,484 individuos, identificados en nueve órdenes, 35 familias y 53 géneros de macroinvertebrados acuáticos. El grupo dominante fue la clase Insecta, seguido de los gasterópodos, decápodos y oligoquetos. Los índices de diversidad biológica obtenidos fueron altos; sin embargo, los estimadores no paramétricos indicaron que un mayor esfuerzo de muestreo permitiría la recolecta de especies no reportadas en este estudio. La recolecta de macroinvertebrados acuáticos de alta exigencia ecológica, evidenció la buena condición de la calidad de agua que presenta la quebrada Palma Real.

ABSTRACT

The Republic of Panama has an island network of 1,518 between islands, islets and keys, despite this, knowledge of aquatic macroinvertebrate communities is insufficient in this type of ecosystem. During the last years, there has been an interest in anthropogenic activities; such as, ecotourism, livestock and agriculture in any of these islands. This study aimed to determine the diversity of aquatic macroinvertebrates and the water quality of the only permanent source of fresh water on Parida Island, located in the Gulf of Chiriqui National Marine Park in the Panamanian Pacific. Field trips were conducted once a month from September 2015 to December 2016. Aquatic macroinvertebrates were collected at three sampling sites in different types of microhabitats. A total of 2,484 individuals were collected, identified in nine orders, 35 families and 53 genera of aquatic macroinvertebrates. The dominant group was the Insecta class, followed by gastropods, decapods and oligochaetes. The biological diversity indices obtained were high; however, non-parametric estimators indicated that a greater sampling effort would allow the collection of species not reported in this study. The collection of aquatic macroinvertebrates of high ecological demand evidenced the good condition of the water quality presented by the Palma Real stream.

KEY WORDS; PALABRAS CLAVES

Calidad de agua, isla, macroinvertebrados, Neotrópico, riqueza, Pacífico; Water quality, island, macroinvertebrates, neotropic, richness, Pacific.

INTRODUCCIÓN

El componente insular de la república de Panamá cuenta con 1,518 islas, islotes y cayos; que abarcan alrededor de 1,489.6 km² lo que corresponde al 1.97 % del total del territorio nacional. Hay nueve islas con superficies que fluctúan entre los 15 y los 80 km² y que son, en orden y tamaño, Cébaco, Colón, Popa, Bastimentos, San José, Cristóbal, Boca Brava, Jicarón y Parida (ARAP 2019).

La isla Parida forma parte del archipiélago de las islas Páridas que se encuentra ubicada en el Parque Nacional Marino Golfo de Chiriquí (PNMGC) al sur de la provincia de Chiriquí. La isla Parida es la de mayor extensión en el parque, y una de las únicas habitadas, ya que contienen fuentes de agua dulce durante todo el año. Este parque tiene una superficie total de 212,22 km², de los cuales 195,02 km² son de cobertura marina (ANAM 2000). La isla sirve de anidación y de reproducción de aves marinas y tortugas. Además, posee especies de importancia comercial como el pargo, langosta, cambute y ostra perlífera (Pinto & Yee 2011).

Los macroinvertebrados acuáticos incluyen grupos tales como: platelmintos, anélidos, moluscos y artrópodos, donde estos últimos constituyen el grupo más numeroso representados por larvas y ninfas de los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera, Plecoptera, Odonata y Trichoptera (Aguirre & Bernal Vega 2014). Al transcurrir del tiempo, estos organismos han adquirido una creciente importancia en el análisis de la calidad biológica de las aguas, debido a su capacidad de indicar los niveles de contaminación acuática (Alba & Tercedor 1996). Estos análisis se logran a través del índice biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP), adaptado para Panamá (BMWP'/PAN) (Cornejo *et al.* 2017).

Las investigaciones documentadas en macroinvertebrados acuáticos en islas panameñas son escasas, algunas de ellas relacionadas con estudios de tipo ecológico específicamente en la isla Coiba en la provincia de Veraguas, como por ejemplo los trabajos de Camacho *et al.* (1997), Boyero y Bailey (2001) y Boyero y De Lope (2002). Sin embargo, actualmente no existe alguna investigación documentada en macroinvertebrados acuáticos en la isla Parida.

La isla Parida mantiene una constante presión por actividades recreativas no planificadas, erosión de los suelos; así como, el uso de productos químicos para actividades agrícolas y forestales, y contaminación por aguas residuales (Pinto & Yee 2011). El propósito de esta investigación fue determinar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, su estructura trófica y la calidad biológica del agua de la quebrada Palma Real en la isla Parida. De esta manera, se busca llenar los vacíos de información que hay actualmente y establecer las bases para futuros estudios en taxonomía, ecología y dinámica poblacional en ecosistemas de agua dulce de islas en Panamá y la región neotropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolecta de macroinvertebrados acuáticos se realizó una vez al mes de septiembre de 2015 a diciembre de 2016 en tres sitios ubicados a lo largo de la quebrada Palma Real [S1 (0351881 N, 0895472 O, 0 m), S2 (0351924 N, 08955335 O, 20 m) y S3 (0351962 N, 0895312 O, 24 m)] en la isla Parida (Fig. 1). Los sitios de muestreo fueron seleccionados por su facilidad de acceso y por contar con las siguientes características: entre 2 y 3 metros de ancho de caudal, con corriente lenta, sustrato rocoso-arenoso y con bosque secundario en ambos márgenes de la quebrada. El relieve de esta isla está conformado por pequeños cerros y colinas de roca sedimentaria que no sobrepasan los 100 metros de altitud sobre el nivel del mar y por la presencia de abundantes planicies litorales (ANAM 2000).

Se recolectaron macroinvertebrados en todos los microhábitats presentes en la quebrada (hojarasca, rocas, troncos, raíces sumergidas, arena, entre otros). Para esto se utilizó una red triangular con un poro de 500 μm y la recolecta manual con pinzas entomológicas. Los macroinvertebrados acuáticos fueron preservados en alcohol al 70 % y el esfuerzo de muestreo en cada sitio fue de aproximadamente 45 minutos. Los macroinvertebrados acuáticos fueron identificados al menor nivel taxonómico posible (géneros y en algunos casos familia) utilizando las claves taxonómicas de Merrit & Cummings 2008, Padilla 2012, Roldán 1996 y Springer *et al.* 2010. Las muestras fueron depositadas en el Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI) de la Universidad Autónoma de Chiriquí, catálogo (MUPADI-UNACHI-MacAc-01-535).

Para determinar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, se determinó la abundancia y riqueza taxonómica, y se calculó la diversidad mediante el Índice Shannon-Wiener (H'), la dominancia a través del Índice de Simpson (D) y la equidad por medio del Índice de Pielou (J'); utilizando el programa PAST, versión 3.10 (Hammer *et al.* 2015). Para la determinación de los grupos tróficos se siguió la clasificación propuesta por Tomanova *et al.* (2006), Chará-Serna *et al.* (2010) y Rodríguez *et al.* (2011) para taxones neotropicales. Los macroinvertebrados fueron clasificados en los siguientes grupos tróficos: colectores, fragmentadores, depredadores, raspadores, colectores-recolectores y colectores-filtradores. La representatividad del esfuerzo de muestreo en el área de estudio, se evaluó mediante una Curva de Acumulación de Especies y cálculos de estimadores de riqueza no paramétricos (Chao 2 y Jackknife 1) usando el programa EstimateS, versión 9.1.0 (Colwell 2013). La calidad del agua de la quebrada Palma Real fue evaluada mediante el índice biótico “*Biological Monitoring Working Party/Panamá* (BMWP/PAN) (Cornejo *et al.* 2017).

RESULTADOS

Durante el período de estudio se recolectó un total de 2,484 individuos pertenecientes a 53 taxones (47 géneros y 6 morfoespecies), agrupados en cuatro clases, nueve órdenes y 35 familias. El grupo con mayor abundancia y riqueza taxonómica fue la clase Insecta, seguido de la clase Gastropoda, Crustácea y por último Oligochaeta (Cuadro 1).

La clase Insecta representó el 61.35 % (1,524 de 2,484 especímenes recolectados) de la muestra. Del grupo antes citado, el orden Trichoptera presentó la mayor abundancia con 724 individuos (47.51 % del total de insectos y 29.15 % del total de la muestra), seguido por los órdenes Ephemeroptera con 406 individuos (26.64 % del total de los insectos y 16.34 % del total de la muestra) y Hemiptera con 309 individuos (20.28 % del total de insectos y 12.44 % del total de la muestra). El 21.98 % (546 de 2,484 especímenes recolectados) de la muestra fueron moluscos; el género más abundante fue *Neritina* (Neritidae) con 284 individuos, seguido de *Physa* (Physidae) con 241 individuos. El 14.01 % (348 de 2,484 especímenes recolectado) de la muestra correspondió a los crustáceos; siendo el género más abundante fue *Potimirim* (Atyidae) con 208 individuos, seguido de *Macrobrachium* (Palaemonidae) con 135 individuos.

El orden con mayor cantidad de géneros fue Ephemeroptera con 12, seguido de Trichoptera con 10 y Coleoptera con ocho. Los taxones que estuvieron presentes a lo largo de todos los sitios de muestreo fueron *Chimarra* con 450 individuos, seguido de *Neritina* con 284 individuos, alcanzando la mayor densidad en el sitio S1. El género *Potimirim* alcanzó su mayor densidad en los sitios S2 y S3 (Cuadro 1).

Los diferentes grupos tróficos fueron recolectados en todos los sitios de muestreo; con excepción de, los raspadores que estuvieron ausentes en el sitio S3. Los grupos tróficos con mayor abundancia fueron los colectores (33.33 %) y depredadores (33.33 %) presentes en todos los sitios de muestreo. Seguido estuvieron los fragmentadores (16.67 %), colectores-recolectores (7.14 %) y los raspadores (7.14 %). Los colectores-filtradores fueron los menos abundantes (2.38 %) (Fig. 2).

Los valores de las variables comunitarias de los macroinvertebrados acuáticos se presentan en el Cuadro 2. La riqueza entre 33 géneros en el sitio S2 a 42 géneros en el sitio S1. El sitio que presentó mayor abundancia de individuos fue S1 (1085), y el de menor abundancia fue el S3 (644). El Índice de Diversidad de Shannon Wiener (H') varió entre 2.52 en el sitio S2 a 2.75 en el sitio S1. Se registraron bajos valores de dominancia coincidiendo con los valores de equitabilidad constante para todos los sitios de muestreo (Cuadro 3).

La curva de acumulación de especies observada se aproximó parcialmente a la riqueza asintótica; sin embargo, se mantuvo por debajo de los estimadores de riqueza. El esfuerzo de muestreo evidenciado por el estimador Chao 2 mostró el 65 % de las especies presentes; mientras que, el Jackknife 1, el 76 % de muestreo (Fig. 3).

El índice de calidad de agua BMWP/PAN mostró de manera general, que los tres sitios de muestreo presentaron aguas muy limpias a aguas de calidad excelente, con valores entre 133 (S2) y 172 (S1) (Cuadro 2). Esto se vio reflejado en la frecuente recolecta de especímenes de algunas familias (por ejemplo, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae y Psephenidae) que son exigentes y viven en aguas rápidas y muy oxigenadas.

DISCUSIÓN

En este estudio se evidencia una mayor abundancia y riqueza de macroinvertebrados acuáticos debido al período de muestreo en comparación con otros estudios conducidos en islas del pacífico. Camacho *et al.* (1997), reportaron 22 taxones de invertebrados en los ríos y quebradas del Parque Nacional Coiba. Los grupos más representativos fueron los nematodos, anélidos, moluscos y artrópodos. Boyeros & De López (2002) en Isla Gorgona (Colombia), identificaron cinco géneros agrupados en 29 familias y 10 órdenes. Springer (2004) en isla del Caño (Costa Rica), identificó 23 géneros agrupados en 19 familias y nueve órdenes. Gutiérrez-Fonseca *et al.* (2012) reportaron 20 taxones de 15 familias representadas en cinco órdenes de insectos acuáticos en isla del Coco (Costa Rica).

La riqueza taxonómica y la variedad de microhábitats o sustratos son variables directamente relacionadas (Richards *et al.* 1993). Los sustratos asociados a hojarasca y fondos pedregosos suelen ser más ricos en la disponibilidad de alimento y refugio; lo que brindan una mayor disponibilidad de recursos para los organismos, y repercute en una alta riqueza de especies (Burdet & Watts 2009, Meza *et al.* 2012). Esto se ve reflejado en el presente estudio, donde los grupos Ephemeroptera, Trichoptera y Coleoptera fueron los de mayor diversidad de géneros y densidad a lo largo de todos los sitios de muestreo.

La comunidad trófica recolectada en esta investigación estuvo dominada por los colectores, depredadores y fragmentadores; y en relación con lo anterior, Rodríguez *et al.* (2016) documentaron que la combinación de hojarasca y sustrato rocoso aseguran una mayor representatividad de diversidad funcional de grupos tróficos como los recolectores, colectores-recolectores y fragmentadores. Esta variabilidad en la presencia de varios grupos tróficos a lo largo de la quebrada, podría estar relacionada con la existencia de una diversidad de nichos tróficos; donde los organismos explotan diferentes hábitats, y los recursos disponibles en su entorno, reducen los efectos de la competencia (Morelli & Verdi 2014). Los únicos trabajos realizados en ecología en islas del pacífico panameño fueron conducidos por Boyeros & Bailey (2001) donde llevaron un estudio en isla Coiba, con el objetivo de examinar la variabilidad de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en tres escalas espaciales. Estos autores tomaron

muestras estándar con red Surber en hábitats rápidos de arroyos de primer, segundo y tercer orden en la cuenca del río Juncal. Encontraron que la composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos fue similar en los arroyos de primer y tercer orden esto probablemente relacionado con la mayor heterogeneidad del sustrato en estos arroyos.

La heterogeneidad de hábitat fluvial disponible evidenció la alta riqueza taxonómica y los índices biológicos reportados en cada sitio de estudio. De manera general, las heterogeneidades de hábitats suministran espacio físico y proporcionan fuentes de alimento para las especies, mostrando una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan (Morelli & Verdi 2014, Pardo *et al.* 2002). En nuestro estudio, se encontró una riqueza específica y diversidad alfa alta, comparado con valores de dominancia y equitatividad uniforme concordando con estudios realizados por Guinard *et al.* (2013), Aguirre & Bernal Vega (2014) y Ríos *et al.* (2015).

Según los estimadores no paramétricos comunitarios analizados en este estudio, se obtuvo un alto porcentaje de éxito de muestreo de los taxones de macroinvertebrados acuáticos. Sin embargo, estos estimadores no alcanzaron un valor asintótico; lo que indica que, la riqueza de especies de la comunidad es superior a la registrada. Al respecto, Mora-Day *et al.* (2009), Morelli & Verdi (2014) comunican que esto puede deberse principalmente a que, el componente de macroinvertebrados acuáticos incluyen diversos taxones, y se esperaría que mayores esfuerzos permitan la recolecta de especies no reportadas.

Según Moreno (2001) un tramo heterogéneo, con alta calidad de agua permitirá la existencia de un mayor número de taxones en comparación con un tramo afectado por actividades antropogénicas. El índice de calidad de agua BMWP/PAN mostró de manera general, que la quebrada Palma Real presentó aguas muy limpias a aguas de calidad excelente. Estos valores de agua muy limpia, posiblemente estén relacionados con la conservación de los bosques de galería y la poca intervención de actividades antropogénicas (Lombardo & Rodríguez 2007). También, se vio reflejado en la frecuente recolecta de especímenes de algunas familias (por ejemplo, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae y Psephenidae) que son organismos exigentes de aguas muy oxigenadas y de poca intervención (Roldán 2000, Hanson *et al.* 2010).

AGRADECIMIENTO

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, a través del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), por el apoyo económico para realizar esta investigación. A C. Saldaña, L. Flores y A. Hernández del Parque Nacional Marino Golfo de Chiriquí. En memoria de Juan Antonio Bernal Vega (q.e.p.d.), un extraordinario profesional de la Entomología en Panamá.

CONCLUSIONS

La quebrada Palma Real en la Isla Parida mostró una comunidad heterogénea de macroinvertebrados acuáticos; la cual es validada por una diversidad alta de taxones encontrados, debido a la disponibilidad de microhábitats y la poca intervención de las actividades humanas. La buena condición de la calidad de agua registrada en esta investigación, sirve como información para futuros ajustes que se puedan realizar a nivel del Plan de Manejo del PNMGC; del cual, forma parte este ecosistema de agua dulce. Este estudio sirve como base para futuros estudios en ecología y taxonomía de macroinvertebrados acuáticos de esta y otras islas del país.

REFERENCIAS

- Abbas, G., Ahmed, I., Al-Harrasi, A., Alii, I., Anwar, S., Badshah, A., Green, I., Hussain, H., Mabood, F., Saleem, M., Shah, A., Ur Rehman, N. & Van Ree, T. 2013. The Genus *Pluchea*: Phytochemistry, *Traditional Uses, and Biological Activities*. *Chemistry & Biodiversity*, 10, 1944-1971.
- Aguirre P., Y.P. & J.A. Bernal-Vega. 2014. Distribución y diversidad de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta, media y baja del río Caldera, Chiriquí, Panamá. *Scientia (Panamá)* 24(2): 37-55.
- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). 2000. Parques Nacionales de Panamá. 1ra ed. Panamá. Ediciones Balboa. ISBN 84-89127-22-0. 111 p.
- Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP). 2019. Los Recursos Costeros (en línea). Consultado el 13.8.2019. Disponible en: <https://arap.gob.pa/unidad-ambiental/recursos/>
- Boyero, L. & R. Bailey. 2001. Organization of macroinvertebrate communities at a hierarchy of spatial scales in a tropical stream. *Hydrobiologia* 464: 219-225.
- Boyero, L. & J. De Lope. 2002. Short- term recolonization of stones in a tropical island stream. *Marine and Freshwater Research* 53: 993-998.
- Burdet, A. & R. J. Watts. 2009. Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia*, 618:161-173.
- Camacho, A.I., Bello, E. & García-Valdecasas, A. 1997. Los invertebrados de agua dulce de la Isla de Coiba (Panamá). pp 127-153. En: Castroviejo, S. (ed.), *Flora u Fauna del Parque Nacional de Coiba (Panamá) Inventario Preliminar*. Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), Serviprint, Madrid.
- Chará-Serna, A., J. Chará, M. Zúñiga, G. Pedraza & L. Giraldo. 2010. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum* 15:27-36.

- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>
- Cornejo, A., López-López, E., Ruiz-Picos, R.A., Sedeño-Díaz, J.E., Armitage, B., Arefina, T., Nieto, C., Tuñón, A., Molinar, M., Ábrego, T., Pérez, E., Tuñón, A.R., Magué, J., Rodríguez, A., Pineda, J., Cubilla, J. & Avila Quintero, I.M. 2017. Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá. 326 p.
- Guinard, J.; Ríos, T. & J.A. Bernal Vega. 2013. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Revista Gestión y Ambiente* 16(2): 61-70.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E., Ramírez, A., Umaña, G., & Springer, M. 2012. Macroinvertebrados dulceacuícolas de la Isla del Coco, Costa Rica: especies y comparación con otras islas del Pacífico Tropical Oriental. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 657–668.
- Hammer, O.; D. A.T. Harper & P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1): 9 pp.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. 2010. Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Lombardo, R. & V. Rodríguez. 2007. Entomofauna acuática asociada a la parte media-baja del río Santa María, provincia de Veragua, república de Panamá. *Tecnociencia*. Vol. (9)1: 89-100p.
- Merritt, R. & K. Cummins. 2008. *An Introduction to the Aquatic insects of North America*. (Tercera edición). Estados Unidos. Kendall/ Hunt Publishing Company. 862 p.
- Meza, S., A. M., J. M. Rubio, L. G. Dias y J. M. Walteros. 2012. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia*, 34:443-456.
- Mora-Day, J., Magalhães, C., El Souki, M., & Blanco-Belmonte, L. 2009. Macroinvertebrados acuáticos de los ríos Cuyuní y Uey, cuenca del Cuyuní, Estado Bolívar, Venezuela. In

- Evaluación rápida de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos de la cuenca alta del Río Cuyuní, Guayana Venezolana. Conservation International. <https://doi.org/10.1896/054.055.0108>
- Morelli, E., & Verdi, A. 2014. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1160-1170.
- Moreno, C. E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Padilla-Gil, D. N. 2012. Los hemípteros acuáticos del municipio de Tumaco (Nariño, Colombia) Guía ilustrada. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia: Universidad de Nariño, 1-88.
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J., Vivas, S., Bonada, N., Alba Tercedor, J., Jáimez Cuéllar, P., Moyà, G., Prat, N., Robles, S., Suárez, M. L., Toro, M. y Vidal Abarca, M. 2002. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4)
- Pinto, I. & Yee, J. 2011. Diagnóstico de las áreas marinas protegidas y de las áreas marinas para la pesca responsable en el Pacífico panameño, Fundación Marviva, Panamá, pp 215.
- Richards, C., G. E. Host y J. W. Arthur. 1993. Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwater. Biology* 29:285-294.
- Ríos, T., González, G., & Vega, J. A. B. 2015. Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mula, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 113-128.
- Rodríguez-Barrios, J., R. Ospina-Tórres & R. Turizo-Correa. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista Biología Tropical* 59:1537-1552.

- Rodríguez, W., Milena, J., Castaño Rojas, J. M., & Marulanda Gómez, J. H. 2016. Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dalí-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia. *Hidrobiológica*, 26(3), 359-371.
- Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de macroinvertebrados del Departamento de Antioquia. Fondo FEN – Colombia. Conciencias – Universidad de Antioquia. Ed. Presencia Ltda., Santafé de Bogotá. 217.
- Roldán, G. 2000. Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la calidad de las Aguas en los Andes Colombianos. Versión preliminar. Universidad de Antioquia. Departamento de Biología. Medellín, Colombia. 100 P.
- Springer, M., Ramírez, A., & Hanson, P. 2010. Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical*, 58(4).
- Springer, M. 2004. Primer listado de insectos acuáticos de la Isla del Caño, Costa Rica. *Brenesia* 62: 97-98.
- Tomanova, S., E. Goitia & J. Helešic. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556:251-264.

ANEXOS

Cuadro 1. Macroinvertebrados acuáticos recolectados y su abundancia relativa en la quebrada Palma Real, isla Parida.

Clase/Orden	Familia	Género	Total	%	
Insecta					
Coleoptera	Dytiscidae	Morfoespecie 1	1	0.04	
	Elmidae	<i>Phanocerus</i>	1	0.04	
		<i>Neelmis</i>	1	0.04	
		<i>Gyretes</i>	7	0.28	
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	7	0.28	
	Ptilodactylidae	<i>Ptilodactyla</i>	6	0.24	
	Staphylinidae	Morfoespecie 1	1	0.04	
		Morfoespecie 2	1	0.04	
	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 1	10	0.40
		Tipulidae	<i>Eriocera</i>	1	0.04
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	3	0.12	
		<i>Mayobaetis</i>	3	0.12	
		<i>Caenis</i>	1	0.04	
	Leptohyphidae	<i>Cabecar</i>	5	0.20	
		<i>Epiphrales</i>	2	0.08	
		<i>Leptohyphes</i>	7	0.28	
		<i>Tricorythodes</i>	4	0.16	
		<i>Vacupernius</i>	9	0.36	
		Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>	94	3.78
			<i>Terpides</i>	25	1.01
	<i>Thraulodes</i>		203	8.17	
	Hemiptera	Gerridae	<i>Tikuna</i>	50	2.01
			<i>Brachymetra</i>	45	1.81
<i>Tachygerris</i>			9	0.36	
<i>Telmatometra</i>			56	2.25	
<i>Trepobates</i>			15	0.60	
Odonata	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	21	0.85	
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	163	6.56	
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	10	0.40	
<i>Nehalennia</i>		1	0.04		
Libellulidae		<i>Erythrodiplax</i>	1	0.04	
	<i>Orthemis</i>	3	0.12		

	Heteragrionidae	<i>Heteragrion</i>	12	0.48
	Platystictidae	<i>Palaemnema</i>	22	0.89
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	81	3.26
	Glossosomatidae	<i>Protoptila</i>	1	0.04
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	30	1.21
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	6	0.24
	Hydropsychidae	<i>Centromacronema</i>	7	0.28
		<i>Leptonema</i>	49	1.97
		<i>Macronema</i>	94	3.78
		Morfoespecie 1	5	0.20
	Hydroptilidae	<i>Cerasmotrichia</i>	1	0.04
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	450	18.12
Oligochaeta				
Haplotaxida	Tubificidae	Morfoespecie 1	65	2.62
	Nereididae	<i>Nereis</i>	1	0.04
Crustacea				
Decapoda	Atyidae	<i>Potimirim</i>	208	8.37
	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>	135	5.43
	Pseudothelphusidae	<i>Eudaniela</i>	5	0.20
Gastropoda				
Basommatophora	Ampullariidae	<i>Pomacea</i>	17	0.68
	Ancylidae	<i>Ferrissia</i>	4	0.16
	Physidae	<i>Physa</i>	241	9.70
	Neritidae	<i>Neritina</i>	284	11.43
Total de individuos			2484	100.00
Total de géneros			53	

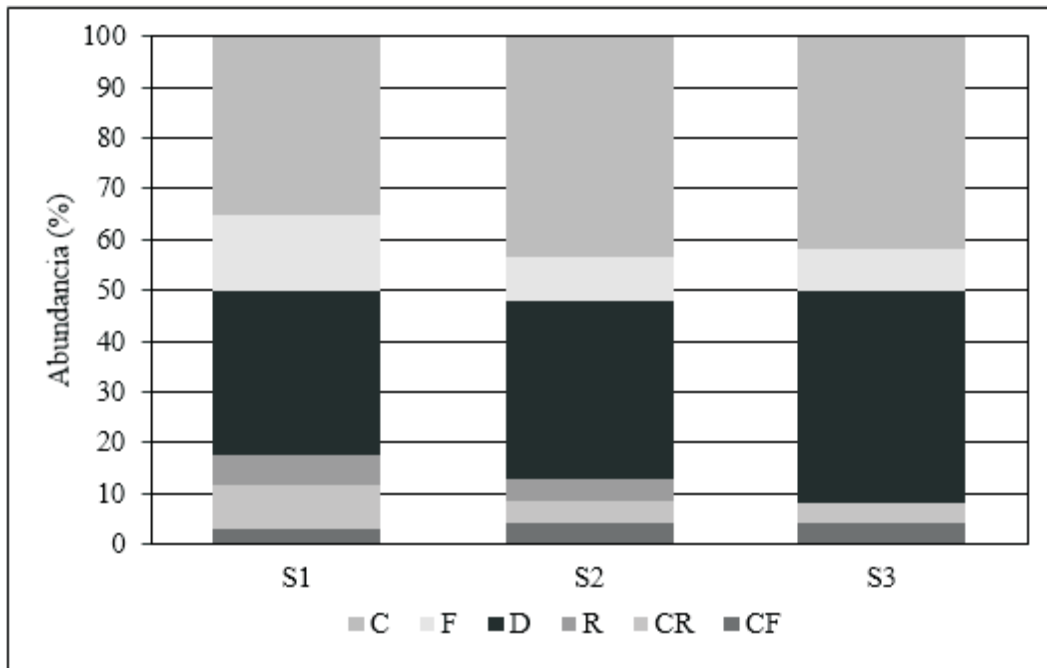
Cuadro 2. Valores de las variables comunitarias de macroinvertebrados e índice de calidad de agua (BMWP/Pan) para cada sitio de muestreo en la quebrada Palma Real, isla Parida. Riqueza (S), número de individuos (Núm.) índice de Shannon (H'), Simpson (D), equidad de Pielou (J').

<i>Sitios</i>	<i>S</i>	<i>Núm.</i>	H'	<i>D</i>	J'	<i>BMWP/Pan</i>
S1	42	1085	2.75	0.10	0.74	172
S2	33	755	2.57	0.11	0.73	133
S3	39	644	2.72	0.10	0.74	141

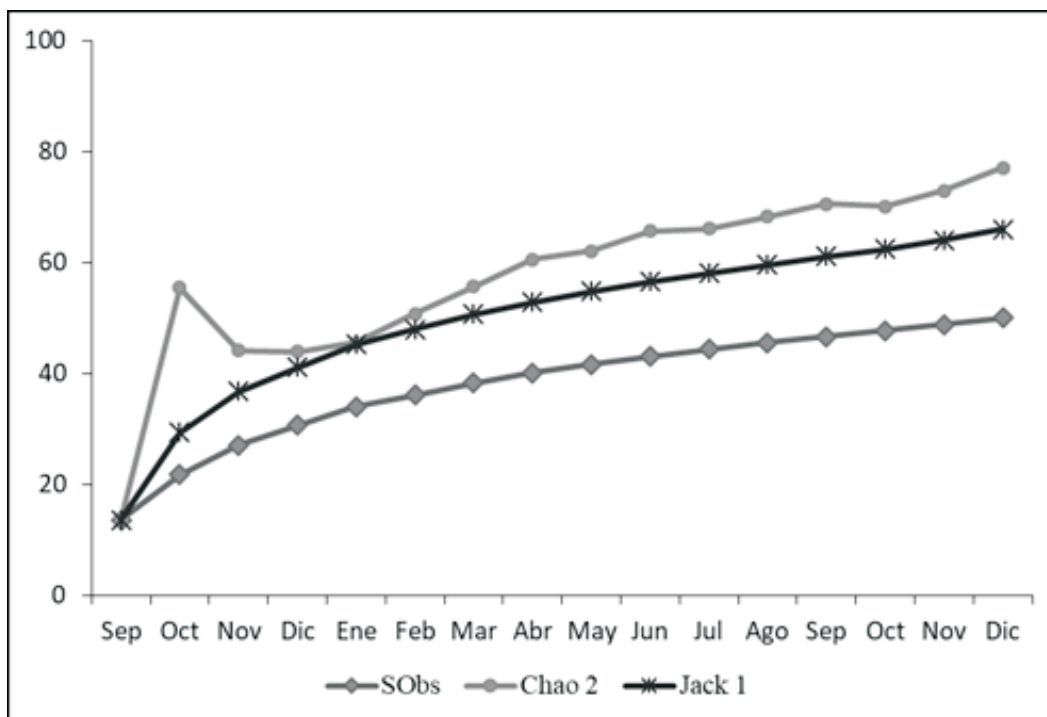


Figura 1. Isla Parida y los sitios de recolecta de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Palma Real, PNMGC, Panamá. Google Earth (2019).

2



3



Figuras 2-3. Fig. 2. Grupos funcionales alimenticios por sitio de muestreo en la quebrada Palma Real, isla Parida. C, colectores; F, fragmentadores; D, depredadores; R, raspadores; CR, colectores-recolectores; CF, colectores-filtradores. **Fig. 3.** Estimación de riqueza durante los meses de muestreo en la quebrada Palma Real, isla Parida (septiembre de 2015 a diciembre de 2016). SObs, riqueza observada; Chao 2, estimador no paramétrico Chao 2; Jack 1, estimador no paramétrico Jackknife 1.