

REVISTA DE BIOLOGÍA TROPICAL

INTERNATIONAL JOURNAL OF TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION



Volume / Volumen 64 (Suppl. / Supl. 1) • February / Febrero, 2016
San José, Costa Rica • www.biologiatropical.ucr.ac.cr



INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO
Y AGUAS ADYACENTES, PACÍFICO DE COSTA RICA

SCIENTIFIC RESEARCH AT
ISLA DEL COCO NATIONAL PARK
AND ADJACENT WATERS, PACIFIC COSTA RICA

Jorge Cortés

Scientific Editor • Editor Científico
CIMAR, Universidad de Costa Rica

Cover / Portada:

Fondo: *Acanthaster planci*, estrella de mar corona de espinas; se alimenta de corales. Parte inferior de izquierda a derecha: *Doriopsilla* cf. *spaldingi*, una babosa de mar, página S212. *Pentaceraster cumingi*, estrella de mar que forma grandes agregaciones en la Isla del Coco. Acercamiento del eufausido *Nematoscelis gracilis*, página S226.

Background: *Acanthaster planci*, crown-of-thorns seastar; it feeds on corals. Bottom from left to right: *Doriopsilla* cf. *spaldingi*, a sea slug, page S212. *Pentaceraster cumingi*, this seastars forms large aggregates at Isla del Coco. Close up of the euphausiid *Nematoscelis gracilis*, page S226.

Contraportada / Backcover

Arriba: Alejándose de la Isla del Coco. Medio: Bahía Chatham desde el Cerro del Aguacate. Debajo de izquierda a derecha: El sumergible *DeepSee* con Isla Manuelita al fondo. *Triaenodon obesus*, tiburones de arrecife de punta blanca en Punta María. Bajando un instrumento (CTD) durante una de las campaña oceanográfica. *Pocillopora eydouxi*, coral ramificado en Roca Sucia.

Top: Departing from Isla del Coco (Cocos Island). Middle: Chatham Bay from El Aguacate. Bottom from left to right The submersible *DeepSee* with Manuelita Island on the back. *Triaenodon obesus*, white tip reef sharks at Punta María. Lowering an instrument (CTD) during one of the oceanographic cruise. *Pocillopora eydouxi*, branching coral at Roca Sucia (Dirty Rock).

CITAR COMO / CITATION:

Cortés, J. (Editor). 2016. Investigaciones científicas en el Parque Nacional Isla del Coco y aguas adyacentes del Pacífico de Costa Rica / Scientific Research at Isla del Coco National Park and Adjacent Waters, Pacific Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, Volumen 64 (Supplement 1): S1-S293.

574.05

R

Revista de Biología Tropical / Universidad de Costa Rica. —Vol. 1
(1953)— . — San José, C. R. : Editorial Universidad de
Costa Rica, 1953—
v.

ISSN-0034-7744

1. Biología – Publicaciones periódicas, 2. Publicaciones
periódicas costarricenses.

BUCR

All content in this journal is:



OPEN ACCESS

Attribution (BY) • (BY) Anyone may copy, distribute or reuse these articles, as long as the author and original source are properly cited.

Reconocimiento (BY) • (BY) Cualquiera puede copiar, redistribuir o reusar estos artículos, siempre y cuando cite adecuadamente al autor y a la revista.


**Autonomía
Universitaria**
Condición de un pueblo libre

Edición aprobada por la Comisión Editorial de la Universidad de Costa Rica

© Editorial Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.

Apdo. 11501-2060 • Tel.: 2511-5310 • Fax: 2511-5257

Correo electrónico: distribucionyventas.siedin@ucr.ac.cr • Página web: www.editorial.ucr.ac.cr

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial **SALVO NORMAS OPEN ACCESS**.

Hecho el depósito de ley.

REVISTA DE
BIOLOGÍA TROPICAL

INTERNATIONAL JOURNAL OF TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION

Director: Julián Monge-Nájera¹

Editorial Board / Comité Editorial:

Juan B. Chavarría¹, Jorge Cortés¹, Enrique Freer¹,
Francisco Hernández¹, Carlos Morales¹, Bernal Morera², José A. Vargas¹, Braulio Vilchez³

Administrative Editor: Daisy Arroyo Mora¹ / **Technical Editor:** Vanessa Nielsen Muñoz¹

1. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 3. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD
COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL**

USA / EEUU

Harlan Dean

Harvard University, Cambridge, Massachusetts, *USA*

Juliette Denslow

Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, *USA*

Rodolfo Dirzo

Stanford University, Stanford, California, *USA*

Ana Dittel

University of Delaware, Newark, Delaware, *USA*

William Eberhard

Smithsonian Tropical Research Institute, Washington, *USA*

Paul Ehrlich

Stanford University, Palo Alto, California, *USA*

Peter W. Glynn

University of Miami, Miami, Florida, *USA*

Harry W. Greene

Cornell University, Ithaca, New York, *USA*

Daniel H. Janzen

University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, *USA*

Gordon H. Orians

University of Washington, Seattle, Washington, *USA*

Jay M. Savage

Rana Dorada Enterprises, San Diego, California, *USA*

David Wake

University of California, Berkeley, California, *USA*

Edward O. Wilson

Harvard University, Cambridge, Massachusetts, *USA*

EUROPE / EUROPA

Peter Döbbeler

Institut für Systematische Botanik, München, *Germany*

Klaus Gocke

Institut für Meereskunde, Kiel, *Germany*

Maarten Kapelle

U. Amsterdam / The Nature Conservancy, Amsterdam, *Holland*

Wilson Lourenço

Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, *France*

Lawrence Mound

The Natural History Museum, London, *England*

Matthias Wolff

Zentrum für marine Tropenökologie, Bremen, *Germany*

LATIN AMERICA / AMÉRICA LATINA

Michel E. Hendrickx

UNAM, Sinaloa, *México*

E. Rappoport

Universidad del Comahue, Bariloche, *Argentina*

Sergio Salazar-Vallejo

ECOSUR, Chetumal, *México*

AFRICA / ÁFRICA

Pius Araoye

Benue State University, Makurdi, *Nigeria*

The **Revista de Biología Tropical** has been published without interruption since 1953, has worldwide distribution and a high *Science Citation Index* rating. Issues are published each March, June, September and December. Normally, several supplements are also published each year (not included in subscription).

La **Revista de Biología Tropical** se publica ininterrumpidamente desde 1953, tiene distribución mundial y una alta evaluación del *Science Citation Index*. Se publican cuatro fascículos anuales (marzo, junio, setiembre y diciembre). Normalmente, también se publican varios suplementos cada año (no se incluyen en la suscripción).

Scope

The journal publishes articles in all fields of tropical biology and conservation. Selection criteria are the amount of new information, quality, and interest to a general readership. Studies with a strong experimental design, prolonged field work and taxonomic-systematics studies of whole groups are typical of the type of papers that are accepted, while preliminary studies and highly specialized reports are not.

Why submit?

Fully indexed: Web of Science, Science Citation Index, Current Contents, Google Scholar, Scopus, Biological Abstracts, Zoological Record and 41 more. **Open Access** (more likely to be cited). For authors: ten first printed **pages free**. **Rapid** publication; widely read in countries with the highest biodiversity, where your article can have the greatest real **impact**. A dedicated staff gives you **personalized treatment**.

INDEXED IN/INCLUIDA EN:

Web of Science; Science Citation Index; Current Contents; Google Scholar; Scopus; Biological Abstracts; Abstracts on Hygiene and Communicable Diseases; Animal Breeding Abstracts; ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts); Bio-Control News and Information; Cabell's Directory of Publishing Opportunities; Chemical Abstracts; Ecological Abstracts; Entomology Abstracts; Field Crop Abstracts; Forestry Abstracts; GetCited; Grasslands and Forage Abstracts; Helminthological Abstracts; Herbage Abstracts; Horticultural Abstracts; Index Medicus; Index Veterinarius; INIS Atomindex (International Nuclear Information System); LATINDEX; Medline; Periódica (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias); Poultry Abstracts; Protozoological Abstracts; Review of Medical and Veterinary Mycology; Review of Plant Pathology; Seed Abstracts; Veterinary Bulletin; Water Resources Abstracts; Weed Abstracts; Zoological Record; Pascal; LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde); Nutrition Abstracts and Reviews Series A: Human and Experimental; Nutrition Abstracts and Reviews Series B: Livestock and Feeding; Review of Agricultural Entomology; Review of Medical and Veterinary Entomology; Dairy Science Abstracts; Research Alert; SciELO; Scirus; Plataforma Open Access de Revistas Científicas Electrónicas Latinoamericanas (e-revist@s) www.erevistas.csic.es, DOAJ.

SINGLE ISSUES / NÚMEROS SUELTOS:

Costa Rica € 1 500,00*

YEARLY SUBSCRIPTION / SUSCRIPCIÓN ANUAL:

Costa Rica € 6 000,00*

Latin America, Asia and Africa / América Latina, Asia y África US\$ 20,00

Rest of the World / Resto del mundo US\$ 80,00*

* Make checks payable to/Cheques a nombre de: *Universidad de Costa Rica*; a price reduction is made to distributing agencies. For subscriptions, contact distribucionyventas.siedin@ucr.ac.cr

CONTACT

Tels.: (506) 2511-8982 • (506) 2511-8983

biologia.tropical@ucr.ac.cr

Revista de Biología Tropical, Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica

CONTENTS • CONTENIDO

The easternmost tropical Pacific. Part I: A climate review

Jorge A. Amador, E. R. Rivera, A. M. Durán-Quesada, G. Mora, F. Sáenz, B. Calderón & N. Mora S1-S22

The easternmost tropical Pacific. Part II: Seasonal and intraseasonal modes of atmospheric variability

Jorge A. Amador, A. M. Durán-Quesada, E. R. Rivera, G. Mora, F. Sáenz, B. Calderón & N. Mora S23-S57

Climate of an oceanic island in the Eastern Pacific: Isla del Coco, Costa Rica, Central America

Eric J. Alfaro, Hugo G. Hidalgo S59-S74

Radiación ultravioleta (UV) en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica

Ultraviolet radiation at Isla del Coco (Cocos Island) National Park, Costa Rica. [In Spanish with English abstract]

José L. Vargas & Eric J. Alfaro S75-S86

A multi-scale analysis of moisture supply associated with precipitation on Isla del Coco, Costa Rica

Ana María Durán-Quesada & Eric Alfaro S87-S103

Tracking the water fingerprints of Cocos Island: a stable isotope analysis of precipitation, surface water, and groundwater

José L. Corrales, Ricardo Sánchez-Murillo, Germain Esquivel-Hernández, Esteban Herrera & Jan Boll S105-S120

Variations in the geostrophic circulation pattern and thermohaline structure in the Southeast Central American Pacific

Carlos Brenes, Daniel Ballester, Rosario Benavides, Juan Pablo Salazar, & Gustavo Murillo S121-S134

Distribución espacio-temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto alrededor del Domo Térmico de Costa Rica

Spatio-temporal distribution of temperature, salinity and dissolved oxygen around the Costa Rica Thermal Dome. [In Spanish with English abstract]

Omar G. Lizano S135-S152

Ecosistemas coralinos del Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica: estructura y comparación 1987-2014

Coral reefs of Isla del Coco National Park, Costa Rica: structure and comparison (1987-2014). [In Spanish with English abstract]

Juan José Alvarado, Andrés Beita-Jiménez, Sebastián Mena, Cindy Fernández-García, Ana Gloria Guzman-Mora & Jorge Cortés. S153-S175

Poblaciones de tiburones en las bahías Chatham y Wafer del Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica

Shark populations in Chatham and Wafer bays, Isla del Coco National Park, Costa Rica.

[In Spanish with English abstract]

Ilena Zanella, Andrés López-Garro, Frank Martínez, Geiner Golfín-Duarte & Keylor Morales . . . S177-S186

Facilitative behavioral interactions between deepwater piscivores at Isla del Coco National Park and Las Gemelas Seamount, Costa Rica

Peter J. Auster, Astrid Sánchez-Jiménez, Jesús A. Rodríguez-Arrieta, Andrés J. Quesada, Cinthya Pérez, Beatriz Naranjo-Elizondo, Schmulik Blum & Jorge Cortés S187-S196

Anomalous coloration of a yellow tail damselfish *Stegastes arcifrons* (Actinopterygii: Pomacentridae) at Isla del Coco National Park, Costa Rica

Andrés Beita-Jiménez & Juan José Alvarado S197-S199

First record of young-of-the-year Scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) from Isla del Coco National Park, Costa Rica

Ilena Zanella, Andrés López-Garro, D. Michelle McComb-Kobza, Geiner Golfín-Duarte, Maikel Pérez-Montero & Josué Morales S201-S204

New records of heterobranch sea slugs (Mollusca: Gastropoda) from Isla del Coco National Park, Costa Rica

Kimberly García-Méndez & Yolanda E. Camacho-García S205-S219

Euphausiids (Crustacea: Euphausiacea) from a hotspot of marine biodiversity, Isla del Coco, Costa Rica, Eastern Tropical Pacific

Juan Carlos Azofeifa-Solano, Marco Corrales-Ugalde, Iván Castellanos-Osorio & Álvaro Morales-Ramírez S221-S230

First record of *Coronida glasselli* (Stomatopoda: Coronididae) for Costa Rica (Isla del Coco National Park, Eastern Tropical Pacific)

Carolina Salas-Moya & Rita Vargas-Castillo S231-S233

Observation frequency and seasonality of marine birds off the Pacific coast of Costa Rica

Bruce E. Young & James R. Zook S235-S248

La pesca ilegal en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica

Andrés López-Garro, Ilena Zanella, Frank Martínez, Geiner Golfín-Duarte & Maikel Pérez-Montero S249-S261

Population status of the tree *Sacoglottis holdridgei* (Humiriaceae) at Isla del Coco National Park, Costa Rica

Luis Guillermo Acosta-Vargas S263-S275

Políticas Públicas: Visión general y realidad en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica

Public Policies: from a general vision to Isla del Coco National Park, Costa Rica. [In Spanish with English abstract]

Mary Luz Moreno-Díaz S277-S290

Revisores / Reviewers S291-S293

ISI Web of KnowledgeSM

THOMSON

The *Revista de Biología Tropical*
International Journal of Tropical Biology and Conservation
is included in:

- ISI Web of KnowledgeSM
- Current Contents and Current Contents Connect
- Science Citation Index / Journal Citation Reports
- Biological Abstracts
- Zoological Records

Thomson Scientific also offers you Biology Browser,
Web Feat Prism, Meeting Proceedings Contents
and Century of Science

www.isinet.com

Fax: 215-386 6362
Thomson Scientific ISI, 3501 Market Street, Phila. PA 19104 USA

The *Revista de Biología Tropical*
International Journal of Tropical Biology and Conservation
is included in Scielo, the Scientific Electronic Library Online and other BIREME services



Scientific Electronic Library Online

www.scielo.org • www.bireme.org

Tel.: (55 11) 5576-9800 • Fax: (55 11) 5575-8868 • Centro Latinoamericano e
do Caribe de Informação em Ciências da Saúde Rua Botucatu, 862 • cep: 04023-901.
São Paulo/SP • Brasil

reDalyc

redalyc.uaemex.mx

La Red de Revistas Científicas de América
Latina y el Caribe, España y Portugal es
un proyecto impulsado por la Universidad
Autónoma de Estado de México.

**CONSULTA ESPECIALIZADA
POR ÁREA Y POR PAÍS**

The *Revista de Biología Tropical*
International Journal of Tropical Biology
and Conservation

is available from:

amazon.com[®]

The *Revista de Biología Tropical*
International Journal of **TROPICAL BIOLOGY** and Conservation
is included in

Google
scholar

REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL

Articles (include patents) Case law

Sistema Regional de Información
en Línea para Revistas Científicas
de América Latina, el Caribe, España y Portugal

latindex

Latindex has the widest coverage of the scientific literature
published in Latin America, Spain and Portugal

The *Revista de Biología Tropical*
International Journal of Tropical Biology and Conservation
is included in Latindex

<http://www.latindex.unam.mx/>

Phone (52-55) 5622 1632 or (52-55) 5616 0664
Latindex, Dirección General de Bibliotecas de la UNAM, Ciudad Universitaria,
Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México, D.F.

NAPUBCO

The *Revista de Biología Tropical*
International Journal of Tropical Biology and Conservation
is included in the microform publishing and digitization program of
National Archive Publishing Company

NAPUBCO

www.napubco.com

Tel. 1-734-302-6500 ext. 2479. Fax: 734-302-6581
National Archive Publishing Company, 300 N. Zeeb Road,
P.O. Box 998, Ann Arbor, MI 48106-0998 USA.



nhbs Environment Bookstore
Wildlife Science Conservation

The *Revista de Biología Tropical*
International Journal of Tropical Biology and Conservation
is available from the

Natural History Book Service

www.nhbs.com

Tel.: +44(0)1803-865913
Natural History Book Service, 2-3 Wills Road,
Totnes, Devon TQ9 5XN, United Kingdom.

You can order journal supplements, as well as a variety of books
on tropical nature, published by University of Costa Rica Press and
other respected Costa Rican publishers

**Investigaciones científicas en el
Parque Nacional Isla del Coco y aguas adyacentes
del Pacífico de Costa Rica**

Este Número Especial de la Revista de Biología Tropical, “Investigaciones científicas en el Parque Nacional Isla del Coco y aguas adyacentes del Pacífico de Costa Rica” (Volumen 64, Suplemento 1 del 2016) consiste en 20 artículos, cuyos temas van desde las ciencias atmosféricas hasta un análisis de políticas públicas de conservación, pasando por aspectos de oceanografía física, de química, de botánica y de la biodiversidad marina del Parque Nacional Isla del Coco, sus aguas adyacentes y las regiones entre el continente y la Isla del Coco. Los 20 trabajos fueron escritos por 54 autores, 15 de ellos estudiantes, de 13 instituciones nacionales y extranjeras. Los manuscritos fueron revisados por más de 75 personas a las cuales les agradezco profundamente sus correcciones, comentarios y sugerencias; sin duda contribuyeron grandemente a mejorar la calidad de los escritos. (Ver lista de revisores al final; algunos solicitaron quedar anónimos.) La mayoría de los artículos son el resultado de proyectos de investigación financiados por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y el Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial, así como por el Consejo Nacional de Rectores de las Universidades Públicas de Costa Rica (CONARE), Conservación Internacional, Undersea Hunter Group y otras fuentes de financiamiento. Agradezco profundamente, una vez más, el apoyo de la Revista de Biología Tropical. La publicación de este Suplemento fue posible gracias al aporte económico de la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, la empresa Undersea Hunter Group, Pristine Seas Project (National Geographic Society, gracias a Enric Sala) y Conservación Internacional (CI). Finalmente, les agradezco a todos y a cada uno de los autores por enviar sus manuscritos para ser publicar en este nuevo Suplemento sobre el Parque Nacional Isla del Coco y las aguas que la circundan. Tengo la esperanza de que este Suplemento, al igual que los anteriores, sirva para crear mayor conciencia sobre la importancia de la Isla del Coco para Costa Rica y para el mundo entero.

Jorge Cortés

Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR)
y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica

**Scientific Research at Isla del Coco National Park and
Adjacent Waters, Pacific Costa Rica**

This Special Issue of the *Revista de Biología Tropical*, “Scientific Research at Isla del Coco National Park and Adjacent Waters, Pacific Costa Rica” (Volume 64, Supplement 1, 2016) contains 20 papers, with topics ranging from atmospheric sciences to an analysis of conservation public policies, including also papers on physical oceanography, chemistry, botany and marine biodiversity of Isla del Coco National Park, its adjacent waters and regions between the continent and the island. The 20 papers were written by 54 authors, including 15 students, from 13 national and international institutions. The manuscripts were reviewed by more than 75 researchers to whom I am greatly thankful. (The list of reviewers is presented at the end; several requested to remain anonymous.) Their corrections, suggestions and comments greatly contributed to improve the papers. Most of the publications are the product of research projects funded by the Vice-rectory for Research of the University of Costa Rica, the French Fund for the World Environment, the National Council of Rectors of the Public Universities of Costa Rica (CONARE), Conservation International, the Undersea Hunter Group, and other funding agencies. I acknowledge the unconditional support, once more, of the *Revista de Biología Tropical*. The publication of this Special Issue was possible thanks to the financial contributions by the Costa Rican National Academy of Science, the Undersea Hunter Group, the Pristine Seas Project (National Geographic Society, thanks to Enric Sala), and Conservation International (CI). Finally, I want to thank each and every one of the authors for contributing with their manuscripts for this new Special Issue on scientific research at Isla del Coco National Park and its surrounding waters. I hope that this Special Issue, as well as the previous ones, contributes to increase awareness of the importance of Isla del Coco for Costa Rica and the entire world.

Jorge Cortés

Marine Sciences and Limnology Research Center (CIMAR)
and School of Biology, University of Costa Rica

