

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



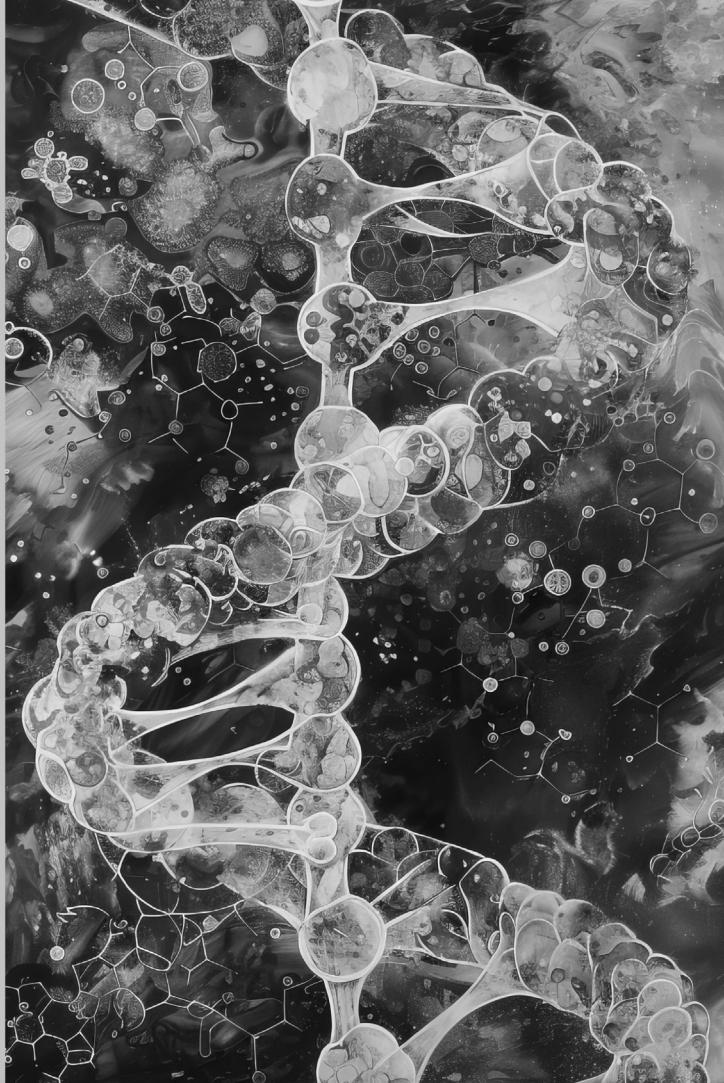
ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL I



EDITORA
ARTEMIS
2026

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL I

 EDITORA
ARTEMIS
2026



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores.

Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, **conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.**

Editora Chefe	Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadora	Prof. ^a Dr. ^a Alda Rocío Ortiz Muñiz
Imagem da Capa	mikkiorso/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos



Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Dina Maria Martins Ferreira, *Universidade Estadual do Ceará*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.ª Dr.ª Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo (USP)*, Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México
Prof.ª Dr.ª Emilias Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal*, Canadá
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, *Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)*, Portugal
Prof.ª Dr.ª Galina Gumovskaya – *Higher School of Economics*, Moscow, Russia
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg*, Suécia
Prof.ª Dr.ª Lara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UNIFIMES - Centro Universitário de Mineiros*, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. José Cortez Godinez, *Universidad Autónoma de Baja California*, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, *Instituto Politécnico Nacional*, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México



Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leiníg Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha

Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal

Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E89 Estudos em ciências biológicas e suas tecnologias [livro eletrônico] / Organizadora Alda Rocío Ortiz Muñiz. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilingue

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-09-3

DOI 10.37572/EdArt_300626093

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biodiversidade.
4. Sustentabilidade ambiental. I. Ortiz Muñiz, Alda Rocío.

CDD 570

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

Las ciencias biológicas ocupan un lugar esencial en la comprensión de los fenómenos de la vida, desde los procesos moleculares, celulares y genéticos que sustentan el funcionamiento de los organismos, hasta la dinámica de los ecosistemas y las relaciones que estos establecen con su ambiente, así como de las posibilidades tecnológicas que emergen de la investigación científica aplicada. En un mundo marcado por crisis ambientales, demandas de sostenibilidad, avances biotecnológicos y desafíos relacionados con la salud humana y ecosistémica, resulta cada vez más necesario articular conocimiento científico, innovación, responsabilidad social y compromiso con la preservación de la vida en sus múltiples formas.

Este primer volumen de *Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias* reúne un conjunto de trabajos que expresa la diversidad y la relevancia contemporánea de este campo. Las investigaciones aquí presentadas transitan por temas como biomarcadores de daño genético, formación en contextos biomédicos, productos naturales, compuestos bioactivos, actividad antioxidante, alternativas ecológicas para la higiene doméstica, crisis hídrica, sostenibilidad, biodiversidad, ecosistemas costeros, manglares, microplásticos y contaminación lumínica. Se trata, por tanto, de una obra que evidencia la amplitud de las ciencias biológicas y su capacidad de dialogar con problemas científicos, ambientales, tecnológicos, educativos y sociales.

La organización de este volumen fue pensada a partir de una estructura breve y articulada, distribuida en tres ejes temáticos. Esta propuesta busca valorar la especificidad de cada trabajo sin fragmentar excesivamente la lectura, considerando que los capítulos reunidos comparten una preocupación común: comprender, preservar, transformar y aplicar el conocimiento biológico frente a los desafíos del presente.

El primer eje, dedicado a la salud, los biomarcadores y los procesos formativos, abre el volumen con una reflexión sobre dos dimensiones complementarias de las ciencias biológicas aplicadas al ámbito de la salud: por una parte, el desarrollo y utilización de herramientas para el estudio del daño celular y genético, y por otra, los procesos educativos que intervienen en la formación de los profesionales de la salud. Los estudios reunidos en esta sección permiten reflexionar sobre la importancia de las herramientas de análisis biológico para la identificación de daños celulares y genéticos, así como sobre los procesos formativos que atraviesan áreas vinculadas a la salud. Al articular investigación biomédica, toxicología, nutrición, ambiente y formación profesional, este bloque evidencia que las ciencias biológicas no se restringen al estudio aislado de los seres vivos, sino que también contribuyen a la comprensión de condiciones que afectan la salud, la prevención de riesgos y la calidad de los procesos educativos en campos biomédicos.

El segundo eje reúne investigaciones relacionadas con los productos naturales y los compuestos bioactivos. En este conjunto se observa el potencial de las ciencias biológicas y de sus tecnologías para el aprovechamiento sostenible de recursos naturales y el desarrollo de procesos y productos con aplicación ambiental, alimentaria y doméstica. Los trabajos exploran temas como la extracción de compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante, la capsaicina, los hidrolatos, los aceites esenciales y las formulaciones sostenibles. Esta sección destaca la relevancia de la innovación científica orientada por principios de sostenibilidad, aprovechamiento responsable de los recursos naturales y reducción de impactos ambientales.

Al abordar recursos vegetales y materias primas naturales, los capítulos de este eje demuestran que la tecnología puede ponerse al servicio de soluciones más responsables, eficientes y coherentes con las necesidades actuales. La búsqueda de procesos menos agresivos para el ambiente, de alternativas biodegradables y de productos con potencial funcional o antimicrobiano revela una dimensión aplicada de las ciencias biológicas, en la cual el conocimiento sobre organismos, moléculas y metabolitos naturales se transforma en estrategias concretas de innovación.

El tercer eje se orienta al ambiente, la biodiversidad y la sostenibilidad socioecológica. Los trabajos reunidos en esta sección abordan problemáticas ambientales de gran relevancia, como la contaminación lumínica, la crisis agrícola provocada por sequías, la presencia de microplásticos en playas, la biodiversidad de peces en manglares y la necesidad de soluciones sostenibles frente a la presión sobre los recursos naturales. Estos temas revelan la urgencia de comprender los ecosistemas de manera integrada, reconociendo sus dimensiones biológicas, sociales, económicas y culturales.

La presencia de estudios sobre ambientes costeros, manglares, recursos hídricos y contaminación evidencia la importancia del monitoreo ambiental y de la producción de datos científicos para orientar políticas públicas, prácticas comunitarias y estrategias de conservación. Al mismo tiempo, la discusión sobre soluciones sostenibles, como sistemas hidropónicos de bajo costo e iniciativas de gestión ambiental, apunta a la necesidad de integrar ciencia, educación, tecnología y participación social en la construcción de respuestas frente a los desafíos ecológicos contemporáneos.

En conjunto, los capítulos de este primer volumen muestran que las ciencias biológicas y sus tecnologías son fundamentales para comprender las relaciones entre vida, ambiente y sociedad. Las investigaciones aquí reunidas revelan que los fenómenos biológicos no pueden pensarse de forma aislada, pues están profundamente conectados con las formas de producción, consumo, cuidado, educación, innovación y gestión de los recursos naturales. Esta perspectiva integradora resulta especialmente importante en un

contexto en el que los problemas ambientales y sanitarios exigen respuestas científicas sólidas, interdisciplinarias y socialmente comprometidas.

Así, ***Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias*** propone una lectura que parte de la salud y los biomarcadores, avanza hacia los productos naturales y las aplicaciones biotecnológicas de los recursos biológicos, y culmina en las discusiones ambientales y socioecológicas. Esta trayectoria permite reconocer la vitalidad del campo biológico, tanto en su dimensión experimental y aplicada como en su capacidad de contribuir a prácticas más sostenibles, inclusivas y responsables.

Esperamos que este primer volumen contribuya al diálogo entre investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en las ciencias biológicas y en sus interfaces tecnológicas. Que los estudios aquí reunidos inspiren nuevas investigaciones, fortalezcan prácticas científicas comprometidas con la vida y amplíen los horizontes de actuación de las ciencias biológicas frente a los desafíos ambientales, sociales y tecnológicos de nuestro tiempo.

Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

México

SUMARIO

SALUD, BIOMARCADORES Y FORMACIÓN EN CONTEXTOS BIOMÉDICOS

CAPÍTULO 1..... 1

MICRONÚCLEOS: DE LA CINÉTICA DE FORMACIÓN A SUS APLICACIONES EN NUTRICIÓN Y AMBIENTE

Rocío Ortiz Muñiz

Elsa Cervantes Ríos

Pedro Morales Ramírez

Virginia Cruz Vallejo

Juana Sánchez-Alarcón

Rafael Valencia-Quintana

Edith Cortés Barberena

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260931

CAPÍTULO 2..... 21

EL CURRÍCULUM OCULTO Y SUS EFECTOS EN LAS ESCUELAS DE ODONTOLOGÍA

Elsa Gabriela Chávez-Guajardo

Gloria Martha Álvarez Morales

Joana Etzel Rodríguez Raudales

Claudia H. Maldonado-Tapia

Carla Sofía Padilla-Arellano

Nelly Alejandra Rodríguez Guajardo

Jesús Rivas Gutiérrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260932

BIOTECNOLOGÍA, PRODUCTOS NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS

CAPÍTULO 3..... 36

EFFECTO DEL SOLVENTE EN LA EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO DE FENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL APIO (*Apium graveolens*)

Gisela Palma-Orozco

Lorena Marian Calles-Soriano

Cybellé Darian García-Mancera

Carlos Orozco-Álvarez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260933

CAPÍTULO 4..... 49

CAPSAICIN CONTENT AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN DIFFERENT MATURITY STATES OF HABANERO PEPPER (*Capsicum chinense* Jacq.)

Gisela Palma-Orozco
América Belém Ugalde-Herrera
Víctor Ouseiri Díaz-Castañón
Carlos Orozco-Álvarez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260934

CAPÍTULO 5..... 58

HIDROLATO DE LIMONARIA (*Cymbopogon citratus*) COMO DESINFECTANTE ARTESANAL SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA LA HIGIENE DOMÉSTICA

Juan Carlos Llanes Carvajal
Miller Sánchez Balaguera
Andrea Catalina Escalante Rico

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260935

AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y SOSTENIBILIDAD SOCIOECOLÓGICA

CAPÍTULO 6..... 68

“PUERTO RICO BRILLA NATURALMENTE” REDUCE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS, MARCO REGULATORIO Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN COMUNITARIA

Elizabeth Padilla-Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260936

CAPÍTULO 7.....82

HIDRONOMÍA: DIAGNÓSTICO DE LA CRISIS AGRÍCOLA POR SEQUÍA EN TAMAULIPAS (2023-2025) Y FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO CON PERTINENCIA CULTURAL EN ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA

Lucio Alberto San Pedro Acevedo
Hilario Rafael Martínez Flores
Nora Armenia Torres Mariño
Valeria Isabel Vargas Olvera
Emanuel León Estrada

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260937

CAPÍTULO 8..... 98

ABUNDÂNCIA DE PEIXES TELEÓSTEOS EM UM MANGUEZAL DA RAPOSA, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Maria do Socorro Saraiva Pinheiro

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260938

CAPÍTULO 9..... 114

PRESENCIA Y CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS DE LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR

Osmel Alberto Sánchez Granados

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260939

SOBRE A ORGANIZADORA..... 130

ÍNDICE REMISSIVO 131

CAPÍTULO 6

“PUERTO RICO BRILLA NATURALMENTE” REDUCE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS, MARCO REGULATORIO Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN COMUNITARIA

Data de submissão: 19/05/2026

Data de aceite: 05/06/2026

Elizabeth Padilla-Rodríguez, PhD

Para la Naturaleza
Unidad de Cultura Ecológica
Puerto Rico

RESUMEN: La contaminación lumínica constituye una forma creciente de degradación ambiental con implicaciones directas sobre la biodiversidad, la salud humana y la eficiencia energética. Este estudio analiza el caso de Puerto Rico integrando evidencia científica, normativa y educativa derivada de la iniciativa Puerto Rico Brilla Naturalmente. Se examinan los impactos ecológicos, incluyendo la alteración de ciclos biológicos y la afectación de ecosistemas sensibles como las bahías bioluminiscentes, así como efectos en la salud humana asociados a la disrupción del ciclo circadiano. Asimismo, se evalúa el marco legal vigente, particularmente la Ley 218-2008, y se describen estrategias de manejo basadas en educación, monitoreo y participación comunitaria. Los resultados evidencian la necesidad de un enfoque sistémico que articule ciencia, política pública y acción ciudadana.

PALABRAS CLAVE: contaminación lumínica; Puerto Rico; Caribe; sostenibilidad; biodiversidad; política pública; gobernanza ambiental.

“PUERTO RICO SHINES NATURALLY”:
REDUCES LIGHT POLLUTION:
SOCIOECOLOGICAL IMPACTS,
REGULATORY FRAMEWORK, AND
COMMUNITY-BASED MANAGEMENT
STRATEGIES

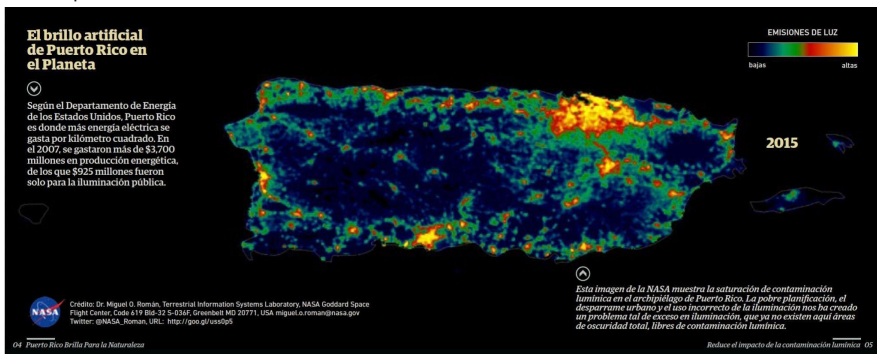
ABSTRACT: Light pollution is an increasingly recognized environmental issue with significant ecological, health, and economic impacts. This paper analyzes the case of Puerto Rico by integrating scientific, regulatory, and educational perspectives derived from the Puerto Rico Shines Naturally initiative. Ecological impacts on nocturnal species and sensitive ecosystems, particularly bioluminescent bays, are examined, alongside human health effects related to circadian disruption. The study also reviews the legal framework, including Law 218-2008, and presents management strategies based on education, monitoring, and community engagement. Findings highlight the need for a systemic and multi-sectoral approach to mitigate light pollution.

KEYWORDS: light pollution; Puerto Rico; Caribbean; sustainability; biodiversity; public policy; environmental governance.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación lumínica se define como el efecto adverso de la luz artificial que altera la oscuridad natural del cielo nocturno (Gobierno de Puerto Rico, 2008). En Puerto Rico, este fenómeno ha emergido como un problema ambiental relevante debido a procesos de urbanización, turismo y uso ineficiente de la iluminación. Imágenes satelitales, como se aprecia en la figura 1, han evidenciado niveles elevados de brillo artificial, posicionando al archipiélago de Puerto Rico entre las regiones con mayor intensidad lumínica en el Caribe (Román, 2015). Este escenario no solo limita la observación astronómica, sino que también impacta sistemas ecológicos y sociales.

Figura 1. Distribución del brillo nocturno en Puerto Rico. Tomado de la página 3 del panfleto Puerto Rico Brilla Naturalmente por Para la Naturaleza.



Ante esta situación, desde el año 2005, Para la Naturaleza (PLN) impulsó una iniciativa orientada a reducir los efectos de la contaminación lumínica sobre la biodiversidad en la Reserva Natural Cabezas de San Juan (CSJ), en Fajardo, Puerto Rico, así como en las áreas naturales circundantes, incluyendo la protección de su laguna bioluminiscente. A la vez, la iniciativa buscó diseñar un modelo replicable que pudiera implementarse en otras comunidades, áreas protegidas y organizaciones con intereses afines.

Como primer paso, se estableció un comité asesor integrado por personas expertas provenientes de sectores gubernamentales, académicos, comunitarios y profesionales especializados, incluyendo arquitectura sostenible. Posteriormente, se estructuró el abordaje del problema en cuatro áreas clave: efectos ecológicos, efectos astronómicos, efectos en la salud humana y efectos en el consumo energético. Esta clasificación permitió orientar de manera más eficiente las estrategias educativas y de intervención, tanto a corto como a largo plazo.

Una vez definido el marco de trabajo, se delimitó un perímetro de aproximadamente 630 acres alrededor de CSJ para realizar un inventario de luminarias, organizadas por

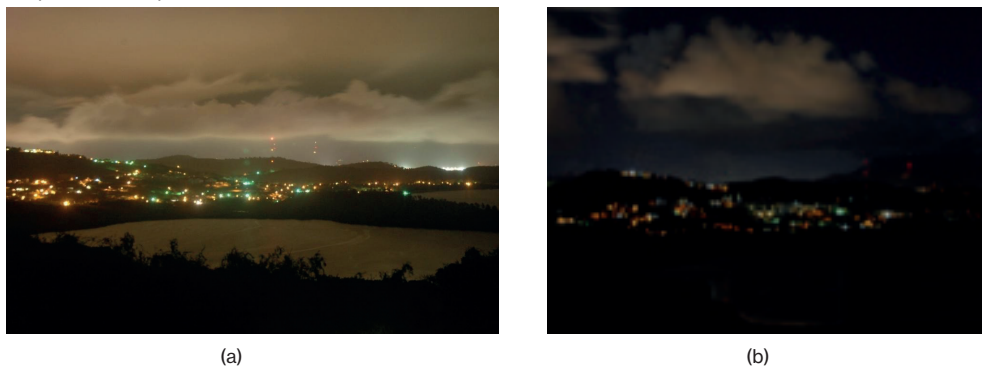
zonas de análisis. Como resultado, se identificaron más de 400 luminarias como fuentes potenciales de contaminación lumínica, distribuidas en siete zonas que incluían espacios de uso público (como balnearios y alumbrado vial), así como áreas privadas (residencias, hoteles y espacios recreativos).

A partir de este diagnóstico, se establecieron criterios de evaluación para determinar las acciones correctivas más adecuadas. Entre las preguntas guía se incluyeron: ¿son necesarias todas las luminarias existentes? ¿Hacia dónde se dirige la luz emitida (cielo, laterales o el suelo)? ¿Es eficiente el consumo energético y apropiado el espectro (color) de luz utilizado?

Asimismo, se evaluó el potencial de participación de las comunidades aledañas y su rol en la implementación de soluciones.

Como resultado de este esfuerzo, se desarrolló el programa *Puerto Rico Brilla Naturalmente: reduce la contaminación lumínica*, el cual, en un periodo de seis años, logró reducir significativamente la contaminación lumínica en los alrededores de CSJ. Este esfuerzo integró a la comunidad circundante mediante procesos educativos que facilitaron la comprensión del valor de los cielos oscuros y promovieron prácticas para reducir la contaminación lumínica.

Figura 2. Área inicial del programa *Puerto Rico Brilla Naturalmente*. (a) Contaminación lumínica en el área de Las Croabas, sector circundante a CSJ, al inicio del programa en 2006. (b) Reducción observada en 2012, seis años después de su implementación. Fuente: Para la Naturaleza.



A partir de esta experiencia, se diseñó e implementó un plan de manejo orientado a reducir la luz artificial en áreas protegidas, conservadas y otras zonas de interés. Este plan se estructuró en torno a los siguientes objetivos: (1) educar a las comunidades vecinas sobre los efectos de la contaminación lumínica y orientar sobre prácticas de iluminación adecuadas; (2) promover cambios en los sistemas de iluminación en sectores residenciales, comerciales, turísticos y en la infraestructura vial; (3) contribuir al establecimiento de un marco regulatorio; y (4) desarrollar protocolos de medición de la

brillantez atmosférica nocturna que permitan generar datos empíricos para sustentar la toma de decisiones y las acciones regulatorias.

2. METODOLOGÍA

El programa adopta un enfoque cualitativo de tipo estudio de caso, orientado a comprender la contaminación lumínica en las islas de Puerto Rico como un fenómeno socioecológico complejo. Este enfoque, dentro de un marco de sistemas socioecológicos (SES), permite integrar múltiples fuentes de información y analizar la interacción entre dimensiones ecológicas, sociales, tecnológicas y normativas. Para ello, se empleó una combinación de análisis documental, revisión normativa y sistematización de experiencias programáticas. Este enfoque busca fortalecer la validez del programa mediante la convergencia de distintas fuentes y perspectivas.

Para el análisis documental se realizó una revisión de materiales educativos, técnicos y científicos relacionados con la contaminación lumínica, incluyendo guías educativas y materiales de sensibilización comunitaria, informes técnicos y documentos institucionales y literatura científica relevante sobre impactos ecológicos, de salud y energéticos de la luz artificial nocturna (ALAN).

El tema de la contaminación lumínica no es emergente. Ha sido estudiado y discutido por años y existe vasta literatura sobre este tema. Nuestro análisis se centró en identificar categorías clave como: impactos ecológicos, efectos en la salud humana, eficiencia energética, protocolos de medición y soluciones prácticas de iluminación. A pesar de la extensa documentación a nivel mundial, para las islas de Puerto Rico ha sido limitada dada la ausencia de datos primarios cuantitativos que puedan sostener las estrategias a nivel local, por lo que se depende de fuentes secundarias no locales. No obstante, estos análisis de documentos ofrecen, aun con sus limitaciones, una comprensión integral del fenómeno.

De otra parte, en la revisión normativa vigente en Puerto Rico se destaca la Ley Núm. 218-2008, que establece el Programa para el Control y la Prevención de la Contaminación Lumínica. Dicha ley establece el *Programa para el Control y la Prevención de la Contaminación Lumínica*, con el propósito de regular el uso de la iluminación artificial exterior para proteger la calidad del cielo nocturno, conservar energía y salvaguardar los ecosistemas. La ley define la contaminación lumínica como el efecto adverso de la luz artificial sobre los cielos nocturnos y establece normas para el diseño, instalación y operación de luminarias, promoviendo el uso eficiente de la luz y la reducción de emisiones hacia el cielo. Además, dispone la creación de reglamentos, la clasificación de áreas de

protección especial (como zonas ecológicamente sensibles) y la implementación de medidas educativas y correctivas para reducir sus impactos ambientales y sociales.

3. RESULTADOS

Durante el programa, los impactos ecológicos, de salud y energéticos derivados del uso ineficiente de iluminación artificial, han sido evidenciados en tres áreas temáticas:

3.1. IMPACTOS ECOLÓGICOS

La contaminación lumínica altera los ciclos naturales de la flora y fauna, afectando procesos como la reproducción, migración y alimentación (Falchi et al., 2016). Al modificar la oscuridad natural, la luz artificial introduce estímulos que pueden desorganizar comportamientos ecológicos que han evolucionado en sincronía con los ciclos de luz y oscuridad (ciclo circadiano).

En Puerto Rico, uno de los impactos más documentados es la desorientación de tortugas marinas, cuyas neonatas son atraídas por fuentes de luz artificial provenientes de carreteras, hospederías, residencias o comercios cercanos a la costa en lugar del horizonte marino. Esta alteración aumenta su vulnerabilidad, ya que puede alejarlas del mar y exponerlas a depredadores, a la deshidratación o a ser atropelladas (Para la Naturaleza, 2020).

Asimismo, la iluminación artificial afecta la visibilidad de la bioluminiscencia en cuerpos de agua, reduciendo su valor ecológico y turístico (Detrés et al., 2021). El exceso de luz reduce el contraste necesario para observar este fenómeno natural y puede alterar las condiciones del hábitat de los organismos responsables de producirlo. En este sentido, la contaminación lumínica no solo representa una amenaza para especies específicas, sino también para ecosistemas únicos cuyo valor ecológico, educativo, cultural y turístico depende de la conservación de la oscuridad natural.

Estos impactos evidencian la necesidad de manejar la iluminación exterior de manera responsable, especialmente en zonas costeras, áreas naturales protegidas y comunidades cercanas a ecosistemas nocturnos sensibles. Reducir la intensidad, dirección y duración de la luz artificial contribuye a proteger la biodiversidad, mantener los procesos ecológicos nocturnos y conservar la calidad ambiental del paisaje nocturno.

3.2. IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA

La exposición prolongada a luz artificial nocturna interfiere con la producción de melatonina, hormona clave en la regulación del ciclo circadiano y en procesos fisiológicos

como el sueño, la recuperación celular y la función inmunológica (Cajochen et al., 2011). Esta alteración ocurre cuando se suprime esta hormona, particularmente cuando existe exposición a luz de espectro azul, común en luminarias LED, pantallas y alumbrado urbano, durante horas en las que el organismo está biológicamente preparado para la oscuridad.

La disrupción del ritmo circadiano puede derivar en trastornos del sueño, incluyendo insomnio, sueño fragmentado y reducción en la calidad del descanso. Estas alteraciones afectan funciones cognitivas como la memoria, la atención y el rendimiento, y se asocian con un incremento en los niveles de estrés, ansiedad y síntomas depresivos (Cajochen et al., 2011).

Asimismo, la evidencia científica sugiere que la exposición crónica a la luz artificial nocturna puede tener efectos sistémicos, incluyendo alteraciones metabólicas y endocrinas, como desregulación del apetito, aumento de peso y cambios hormonales. Algunos estudios también han identificado asociaciones entre la alteración del ciclo circadiano y un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer, particularmente cáncer de mama, aunque estos vínculos continúan en evaluación (Stevens et al., 2014; World Health Organization, 2020).

A pesar de que para Puerto Rico no hay estudios clínicos en este tema, sí puede inferirse a partir de la revisión de literatura que en contextos urbanos de Puerto Rico, donde la iluminación artificial permanece activa durante toda la noche, estos efectos adquieren relevancia desde una perspectiva de salud pública. La planificación inadecuada del alumbrado no solo impacta los ecosistemas, sino que también influye directamente en el bienestar humano.

Promover prácticas de iluminación responsables, como el uso de luz cálida, la reducción de la intensidad innecesaria, la limitación de la exposición a pantallas antes de dormir y el diseño de iluminación exterior dirigida y eficiente, constituyen una estrategia preventiva clave para proteger la salud y restablecer ritmos biológicos en armonía con los ciclos naturales de luz y oscuridad.

3.3. IMPACTOS ENERGÉTICOS Y ECONÓMICOS

El uso ineficiente de la iluminación artificial representa un costo significativo tanto en términos económicos como ambientales. A nivel global, se estima que una proporción considerable de la iluminación exterior, particularmente aquella mal dirigida, sobreiluminada o innecesaria, se desperdicia, iluminando áreas donde no se requiere (como el cielo nocturno) en lugar de cumplir su función específica. Este fenómeno no solo implica un uso ineficiente de la energía, sino también una pérdida directa de recursos económicos (International Dark-Sky Association, 2020).

Desde la perspectiva energética, la iluminación constituye un componente relevante del consumo eléctrico en entornos urbanos. Cuando los sistemas de alumbrado no están diseñados bajo criterios de eficiencia, como el uso de luminarias apantalladas, sensores de movimiento o temporizadores, se incrementa la demanda energética, lo que a su vez contribuye a mayores emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en contextos donde la generación eléctrica depende de combustibles fósiles (Kyba et al., 2017). De igual forma, la sobreluminación en sectores comerciales y turísticos no necesariamente mejora la seguridad ni la experiencia del usuario, pero sí incrementa los costos operacionales y la demanda por energía y por tanto su impacto climático.

En el contexto de Puerto Rico, donde los costos de energía son relativamente altos y el sistema eléctrico enfrenta desafíos estructurales, la optimización del uso de la iluminación adquiere una relevancia estratégica. El costo de energía en Puerto Rico es uno de los más altos de Estados Unidos., rondando los 23-27 centavos por kWh para clientes residenciales en 2025. Un hogar promedio consume entre 500 y 1,000 kWh mensuales, lo que resulta en facturas típicas de entre \$150 y \$300 mensuales, variando según el uso de equipos electrónicos (Hybrid Energy PR, 2025). Por tanto, reducir el desperdicio lumínico no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también representa una oportunidad concreta para mejorar la eficiencia económica y la resiliencia energética del archipiélago.

Para ello, es necesario continuar adoptando prácticas de iluminación responsable, como el diseño adecuado de luminarias, el uso de tecnologías LED cálidas y eficientes, la regulación de horarios de encendido y el monitoreo del consumo, para disminuir tanto el gasto energético como las emisiones asociadas. Estas medidas, además de ser rentables, contribuyen a la protección del cielo nocturno y al bienestar de los ecosistemas y su biodiversidad, a las comunidades humanas y no humanas, así como a disminuir la crisis climática.

3.4. INVESTIGACIÓN

En 2018, NASA estableció un acuerdo cooperativo con Para la Naturaleza para fortalecer la investigación y el monitoreo de la contaminación lumínica en Puerto Rico. Este acuerdo permitió: establecer estaciones de monitoreo del brillo del cielo nocturno; desarrollar protocolos científicos de medición, entrenar voluntarios y personal técnico, realizar inventarios de luminarias, y desarrollar campañas educativas y herramientas digitales de mapeo.

El proyecto se enfocó especialmente en las bahías bioluminiscentes de La Parguera (Lajas) y Bahía Mosquito (Vieques). Entre los objetivos destacados se encuentran:

recopilar datos científicos para apoyar políticas públicas; desarrollar protocolos para medir brillo atmosférico; crear materiales educativos; inventariar luminarias públicas y privadas; identificar luces que deben ser modificadas o reemplazadas y promover campañas de concienciación ciudadana.

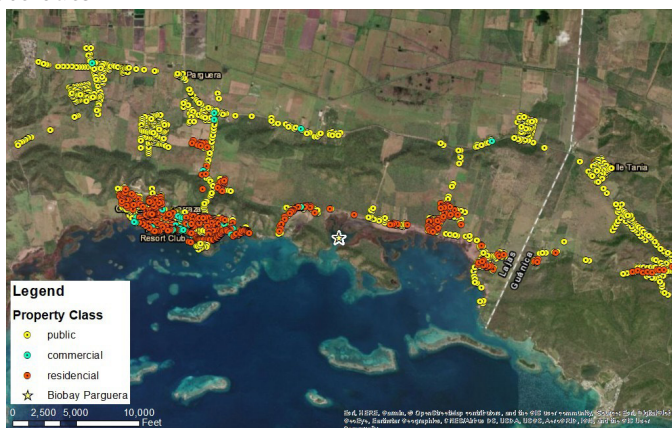
Adicionalmente, como parte de este acuerdo, entre 2018 y 2020 se realizaron numerosas actividades de divulgación y capacitación, incluyendo: talleres y entrenamientos para voluntarios; conferencias públicas; charlas en la Legislatura de Puerto Rico; recorridos educativos sobre bioluminiscencia y contaminación lumínica; y distribución de folletos educativos como “*Apaga la luz, Enciende la Naturaleza*” (ver figura número 3). Estas actividades ayudaron a aumentar el conocimiento público sobre los efectos negativos del exceso de iluminación artificial.

En cuanto a los protocolos y monitoreo científico realizado durante este periodo, el proyecto desarrolló dos protocolos principales: (1) medición del brillo del cielo nocturno; (2) inventarios de luminarias mediante ArcGIS Survey123.

Además, se establecieron estaciones de monitoreo en diferentes reservas naturales de Puerto Rico utilizando equipos Sky Quality Meter (SQM) para medir el brillo atmosférico y evaluar la calidad del cielo oscuro. Las estaciones se ubicaron en lugares como: Cabezas de San Juan (Fajardo), La Parguera (Lajas), Hacienda La Esperanza (Manatí), Cañón San Cristóbal (Barranquitas) y Hacienda Buena Vista (Ponce).

En los inventarios realizados, en La Parguera se registraron aproximadamente 2,477 luminarias, mientras que en Vieques se identificaron 426 luminarias. La mayoría correspondían a alumbrado público.

Figura 3: Inventario de luminarias para la Parguera, Lajas. Se registró un total de 2,477 luminarias en el área de La Parguera. Según la clasificación por tipo de propiedad donde se encuentran ubicadas las luminarias, 1,825 (78.87%) corresponden a alumbrado público, 435 (18.8%) son de tipo residencial, 58 (2.51%) corresponden a propiedades comerciales, y 3 (0.13%) fueron clasificadas como otras, representando una combinación entre usos públicos, comerciales y residenciales.



Los inventarios permitieron: identificar luminarias mal orientadas; evaluar niveles de cobertura lumínica; generar mapas de visibilidad y desarrollar recomendaciones para reducir impactos sobre las bahías bioluminiscentes. El proyecto integró herramientas GIS, imágenes nocturnas satelitales y sistemas de monitoreo atmosférico. También comenzó el desarrollo de cámaras CCD de bajo costo para complementar las estaciones de monitoreo.

La información recopilada alimenta iniciativas como Mapa de Vida, plataforma de ciencia ciudadana utilizada por Para la Naturaleza para apoyar estrategias de conservación. El proyecto demostró cómo los datos de iluminación nocturna pueden utilizarse para la conservación ambiental, planificación y monitoreo territorial.

4. MARCO NORMATIVO

Puerto Rico cuenta con un marco legal para atender la contaminación lumínica. La Ley 218-2008 establece el Programa para el Control y Prevención de la Contaminación Lumínica, cuyo propósito es proteger la calidad del cielo nocturno, conservar energía y salvaguardar ecosistemas sensibles (Gobierno de Puerto Rico, 2008).

El Reglamento 8786 complementa esta ley mediante criterios técnicos que incluyen: control de emisión lumínica hacia el cielo, uso de luminarias eficientes, y regulación de horarios de iluminación exterior. Este reglamento surge de la colaboración de los miembros del consejo asesor de Puerto Rico Brilla Naturalmente, quienes durante el periodo de 2014-2016 nos dimos a la tarea, mediante reuniones y grupos focales, de redactar el contenido de este reglamento, siendo aprobado por la Legislatura en 2016.

Además de establecer principios generales para el control de la contaminación lumínica, el Reglamento 8786 incorpora parámetros técnicos relacionados con los niveles de iluminación permitidos y la clasificación de los sistemas de alumbrado según el tipo de actividad y sensibilidad del entorno. Estas disposiciones buscan garantizar un balance entre seguridad, funcionalidad, eficiencia energética y protección ambiental.

El reglamento adopta criterios de iluminación basados en estándares internacionales de ingeniería y diseño lumínico, estableciendo límites máximos de iluminancia y controlando la dispersión de luz fuera de las áreas que requieren iluminación. Entre los aspectos técnicos más relevantes se incluyen: límites de intensidad lumínica permitida en áreas residenciales, comerciales e industriales; control del deslumbramiento y de la luz intrusa en propiedades adyacentes; restricciones sobre la emisión directa de luz hacia el hemisferio superior; y requisitos para el uso de luminarias de corte total (*full cutoff*) o apantalladas.

Asimismo, el reglamento clasifica las áreas de iluminación según su nivel de sensibilidad ambiental y actividad urbana. Estas categorías permiten aplicar requisitos diferenciados de iluminación conforme al contexto de cada zona. Generalmente, las clasificaciones consideran:

- Zona 1 o de protección especial: áreas ecológicas sensibles, observatorios astronómicos, reservas naturales y sectores rurales con mínima iluminación permitida.
- Zona 2 o residenciales de baja densidad: comunidades suburbanas y rurales donde se requiere iluminación moderada y control estricto de intrusión lumínica.
- Zona 3 o comerciales/residenciales mixtas: áreas urbanas con actividad comercial moderada donde se permiten niveles mayores de iluminación controlada.
- Zona 4 o de alta actividad urbana: sectores comerciales intensivos, industriales o turísticos donde los niveles de iluminación pueden ser más altos por razones de seguridad y operación.
- Zona 5 o área especial para la zona de Vieques: todo el área territorial de la Isla Municipio de Vieques, a fin de proteger la Bahía Mosquito en Vieques.
- Zona 6 o área especial para la zona de La Parguera: zona especial que será delimitada con la colaboración de la Junta de Planificación y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales alrededor de la Bahía Bioluminiscente de la Parguera para su protección.
- Zona 7 o área especial para la zona de las Cabezas de San Juan: zona especial que será delimitada con la colaboración de la Junta de Planificación y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales alrededor de la Laguna Grande.
- Zona 8 o área especial para las playas utilizadas por tortugas marinas: zona especial que será delimitada con la colaboración de la Junta de Planificación y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales que comprenderán todo el litoral costero que sirva como lugar de anidaje y desove para las tortugas marinas en su visita anual por las costas de Puerto Rico.

El reglamento también establece recomendaciones sobre temperatura de color y eficiencia energética, favoreciendo tecnologías de menor impacto ambiental y menor emisión de luz azul, debido a sus efectos sobre la fauna nocturna y los ciclos circadianos humanos.

En cuanto a los niveles de iluminación, se promueve que toda instalación mantenga únicamente la cantidad de luz necesaria para la actividad específica, evitando el sobrealumbrado. Esto incluye controles automáticos, temporizadores y reducción de intensidad durante horarios nocturnos de baja actividad.

Estas disposiciones técnicas convierten al Reglamento 8786 en una herramienta integral que no solo atiende la eficiencia energética, sino también la salud pública, la conservación ambiental y la protección del patrimonio astronómico de Puerto Rico.

5. DISCUSIÓN

Los hallazgos evidencian que la contaminación lumínica es un problema socioecológico complejo que requiere intervenciones integradas. A pesar de contar con legislación avanzada, persisten retos en su implementación y en la adopción de prácticas de iluminación responsables por parte de la ciudadanía.

El caso de Puerto Rico demuestra que la combinación de educación, regulación y participación comunitaria puede generar cambios significativos en la gestión de la contaminación lumínica. Desde el año 2006, la iniciativa Puerto Rico Brilla Naturalmente ha impulsado un enfoque integral orientado a reducir los efectos ambientales, energéticos y sociales asociados al uso inadecuado de la iluminación artificial (Para la Naturaleza, 2021).

Esta iniciativa surgió como un esfuerzo colaborativo entre organizaciones ambientales, científicos, educadores, municipios y ciudadanos comprometidos con la protección del cielo nocturno y la promoción de prácticas sostenibles de iluminación. A través de los años, el programa ha contribuido al desarrollo de conciencia pública sobre cómo el exceso de luz artificial afecta la biodiversidad, la salud humana, el consumo energético y la capacidad de observación astronómica en la isla.

Los componentes principales de este enfoque incluyen:

- *Educación comunitaria*: desarrollo de talleres, campañas educativas, charlas escolares y actividades de divulgación dirigidas a orientar a la ciudadanía sobre el uso responsable de la iluminación exterior. Estas iniciativas fomentan prácticas como el uso de luminarias apantalladas, la reducción de iluminación innecesaria y el ahorro energético.
- *Monitoreo científico del cielo nocturno*: recopilación de datos sobre el brillo del cielo mediante instrumentos especializados y observaciones ciudadanas. Este monitoreo permite identificar áreas críticas de contaminación lumínica y evaluar la efectividad de las medidas implementadas.
- *Inventarios de luminarias*: evaluación y documentación de sistemas de alumbrado público y privado para identificar luminarias ineficientes, mal

dirigidas o con altos niveles de emisión hacia el cielo. Estos inventarios sirven como herramienta de planificación para modernizar la infraestructura lumínica.

- **Colaboración interinstitucional:** integración de agencias gubernamentales, municipios, universidades, organizaciones ambientales y comunidades locales en la formulación de políticas y proyectos relacionados con iluminación sostenible. Este modelo colaborativo ha fortalecido la implementación del marco regulatorio y la adopción de mejores prácticas.

Además, Puerto Rico Brilla Naturalmente ha promovido el concepto de que la iluminación adecuada no significa necesariamente mayor cantidad de luz, sino una iluminación más eficiente, mejor dirigida y adaptada a las necesidades reales de cada espacio. Esta visión ha ayudado a incorporar la contaminación lumínica dentro de las discusiones sobre sostenibilidad, resiliencia energética y conservación ambiental en Puerto Rico.

Otro aspecto importante de esta iniciativa ha sido su contribución al fortalecimiento de la investigación científica y la participación ciudadana. La integración de comunidades en procesos de medición y observación del cielo nocturno ha permitido crear una mayor conexión entre la población y la protección de los recursos naturales y culturales asociados al paisaje nocturno.

La experiencia de Puerto Rico evidencia que la atención efectiva a la contaminación lumínica requiere no solo marcos legales y reglamentarios, sino también procesos continuos de educación pública, innovación tecnológica y compromiso comunitario.

Figura 4. Buenas y malas prácticas de iluminación. Guía educativa diseñada por voluntarios del programa Puerto Rico Brilla Naturalmente de Para la Naturaleza como parte de su campaña educativa 2021.



6. CONCLUSIONES

La contaminación lumínica representa uno de los retos ambientales menos visibles, pero con profundas consecuencias sobre la biodiversidad, la salud humana, el consumo energético y la calidad de vida. En Puerto Rico, sus efectos son especialmente significativos debido a la riqueza ecológica del archipiélago y la presencia de ecosistemas nocturnos únicos, como las bahías bioluminiscentes y las áreas naturales protegidas. Sin embargo, la experiencia desarrollada durante las últimas décadas demuestra que este problema puede atenderse de manera efectiva mediante la integración de ciencia, educación, política pública y participación ciudadana.

La iniciativa Puerto Rico Brilla Naturalmente evidencia que pequeñas acciones individuales y colectivas pueden generar grandes cambios. Apagar luces innecesarias, utilizar luminarias eficientes y correctamente dirigidas, reducir el exceso de iluminación y promover tecnologías responsables no solo protege el cielo nocturno, sino que también contribuye a conservar la biodiversidad, disminuir el desperdicio energético y fortalecer nuestra relación con la naturaleza.

Proteger la oscuridad natural es también proteger un patrimonio ecológico, cultural y científico que pertenece a todas las generaciones. Recuperar la posibilidad de observar un cielo estrellado, conservar la bioluminiscencia y permitir que los ecosistemas nocturnos mantengan sus procesos naturales constituye una responsabilidad compartida entre gobiernos, comunidades, empresas y ciudadanía.

Por ello, se hace un llamado a continuar fortaleciendo programas educativos, iniciativas de monitoreo y esfuerzos colaborativos como Puerto Rico Brilla Naturalmente, mediante la participación de voluntarios, educadores, investigadores o ciudadanos comprometidos con prácticas responsables de iluminación. Cada acción cuenta y cada luz bien utilizada representa una oportunidad para construir comunidades más sostenibles, resilientes y en armonía con la naturaleza.

REFERENCIAS

Cajochen, C., Frey, S., Anders, D., Späti, J., Bues, M., Pross, A., Mager, R., Wirz-Justice, A., & Stefani, O. (2011). Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1432-1438. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00165.2011>

Detrés, Y., Hernández, W., & Padilla, E. (2021). *Strategies for management and prevention of light pollution in Puerto Rico*. Para la Naturaleza.

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B. A., Rybnikova, N. A., & Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, 2(6), e1600377. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>

Gobierno de Puerto Rico. (2008). *Ley Núm. 218 de 2008: Ley para el control y la prevención de la contaminación lumínica*.

Hybrid Energy PR (2025, October 13). *¿Cuánto estás pagando por la luz?* <https://www.hybridenergypr.com/cuantos-paneles-solares-necesitas-en-puerto-rico/>

International Dark-Sky Association. (2020). *Light pollution and its effects*. <https://www.darksky.org>

Kyba, C. C. M., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., Bennett, M.M., Elvidge, C. D., Gaston, K. J., & Guanter, L. (2017). *Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent*. *Science Advances*, 3(11), e1701528. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528>

Para la Naturaleza. (2020). *Apaga la luz, enciende la naturaleza: Guía educativa sobre contaminación lumínica*.

Román, M. O. (2015). *Nighttime lights and urbanization patterns in Puerto Rico*. NASA Goddard Space Flight Center.

Stevens, R. G., Brainard, G. C., Blask, D. E., Lockley, S. W., & Motta, M. E. (2014). Adverse health effects of nighttime lighting: Comments on American Medical Association policy statement. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(3), 343–346. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.04.011>

World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>

[1] Para la Naturaleza: Es una organización dedicada a la conservación y protección de los ecosistemas en Puerto Rico, promoviendo una cultura ecológica de colaboración, aprendizaje mutuo y participación activa de las comunidades en el cuidado de la naturaleza. <https://www.paralanaturaleza.org>

SOBRE A ORGANIZADORA

La **Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz** es bióloga, maestra y doctora en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde 1979 desarrolla actividades académicas y de investigación en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I), donde actualmente es Profesora Titular “C” de tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Salud de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Es fundadora y responsable del Laboratorio de Biología Celular y Citometría de Flujo de la UAM-I. Sus principales líneas de investigación son: 1) el estudio de los efectos asociados con la desnutrición y la obesidad, con énfasis en alteraciones celulares, citogenéticas y genómicas; y 2) la aplicación de la citometría de flujo en investigación básica y clínica para el análisis de procesos celulares en diferentes condiciones fisiológicas y patológicas. Ha dirigido proyectos de investigación, tesis de licenciatura y posgrado, y ha contribuido a la formación de recursos humanos especializados en las áreas de nutrición, genética toxicológica, biología celular y citometría de flujo. Sus investigaciones se han centrado en el estudio de la inestabilidad genómica, la genotoxicidad y la evaluación de biomarcadores celulares en modelos experimentales y poblaciones humanas. Ha publicado artículos científicos, capítulos de libro y trabajos de divulgación, además de participar activamente en redes de colaboración académica. Fue Presidenta de la Sociedad Mexicana de Genética durante el periodo 2003–2005 y es integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores desde 1986. Actualmente cuenta con el nombramiento de Investigadora Nacional Nivel III.

<https://orcid.org/0000-0003-2501-2916>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abundância 98, 99, 102, 108, 109, 113, 114, 117, 119, 120, 121, 123, 125, 128

Abundancia de microplásticos 114, 117, 119

Actividad antimicrobiana 58, 63, 64, 65, 66

Antioxidant compounds 49, 50, 51

Apio 36, 37, 38, 41, 43, 46, 47

B

Biodegradable 58, 59, 66

Biodiversidad 68, 69, 72, 74, 78, 80, 116, 124, 127

Biomonitorio ambiental 2, 10

C

Capacidad antioxidante 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 57

Caribe 68, 69, 84, 116, 120, 124, 128

Citometría de flujo 2, 5, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20

Contaminación lumínica 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81

Contaminación por plásticos 114, 125

Costa de El Salvador 114, 128

Cultura institucional 22

Curriculum oculto 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33

Cymbopogon citratus 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67

D

Desnutrición 1, 2, 3, 5, 8

E

Educación superior 22, 23, 26, 34

F

Formación odontológica 22, 23, 31

G

Genotoxicidad 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 20

Gobernanza ambiental 68

H

Hidrolato 58, 60, 61, 62, 63, 66

Hidroponia 83, 88, 95, 96

I

Ictiofauna subequatorial 98

Identidad profesional 22, 34

Inmature 50

Innovación social solidaria 83

Inseguridad alimentaria 83, 84, 86, 88, 89, 93, 94, 96, 97

M

Maceración 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 46, 62

Medio ambiente 59, 60, 82, 114

Micronúcleos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17

Mugilidae 98, 104, 105, 109

P

Phenolic compounds 48, 49, 50, 51, 54

Política pública 68, 80, 96

Puerto Rico 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 111, 113

R

Ripe 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

S

Sedimentos de playa 114, 124

Sequía 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97

Socialización educativa 22

Sostenibilidad 68, 74, 79

T

Tamaulipas 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97

U

Ultrasonido 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 46

