Recursos Naturales y Sociedad, 2025. Vol. 11 (3): 89-101. https://doi.org/10.18846/renaysoc.2025.11.11.03.0005

The role of auxiliary sciences in marine biology: tools for understanding life in the Ocean

El papel de las ciencias auxiliares en la biología marina: herramientas para entender la vida en el océano

Carlos Francisco Rodríguez-Gómez[1]*, Vicencio de la Cruz-Francisco[1], Agustín de Jesús Basáñez-Muñoz[1], Ivette A. Chamorro-Florescano[1], Karla C. Garcés-García[1]

Resumen

El océano cubre más del 70% de la Tierra y alberga una diversidad biológica impresionante. Los biólogos marinos estudian estos ecosistemas complejos utilizando ciencias auxiliares para obtener una comprensión más precisa. Entre estas disciplinas se encuentran la física, que explica el movimiento de las aguas y su impacto en la distribución de las especies; la química, que estudia la composición del agua y los procesos biogeoquímicos que influyen en los ecosistemas marinos; las matemáticas, que permiten modelar fenómenos complejos como el crecimiento de poblaciones marinas y la dispersión de contaminantes; y la bioestadística, que ayuda a explorar y analizar datos complejos e interpretar los resultados obtenidos. En el caso de diseños experimentales donde se involucran más de una variable, la estadística multivariada permite estudiar cómo interaccionan entre sí las variables involucradas en un ecosistema marino. El buceo es otra herramienta crucial para observar directamente a las especies en su entorno natural; mientras que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la percepción remota, proporcionan herramientas para estudiar grandes áreas oceánicas, permitiendo evaluar por ejemplo el impacto del cambio climático y la contaminación a gran escala. En conjunto, estas ciencias auxiliares enriquecen el entendimiento del océano, siendo esenciales no solo para el estudio de la vida marina, sino también para la conservación de los ecosistemas marinos y costeros frente a los desafíos ambientales actuales.

Palabras clave: biodiversidad, conservación, ecosistemas, interacción, métodos.

[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, campus Tuxpan, Universidad Veracruzana.
Carretera Tuxpan Tampico Kilómetro 7.5 Universitaria 92870, Tuxpan de Rodríguez Cano, Ver. México
*Autor de correspondencia: carlosrodriguez05@uv.mx

Abstract

The ocean covers more than 70% of the Earth's surface and is home to an astonishing diversity of life. Marine biologists study these complex ecosystems using auxiliary sciences to gain a more accurate understanding. These disciplines include physics, which describes water movement and its impact on species distribution; chemistry, which studies water composition and the biogeochemical processes that shape marine ecosystems; mathematics, which allows modelling complex phenomena such as marine population growth and pollutant dispersion; and biostatistics, which aids in analysing intricate data and interpreting results. In experimental designs involving multiple variables, multivariate statistics help assess how different factors interact within a marine ecosystem. Diving is another crucial tool, allowing direct observation of species in their natural environments, while Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing provide large-scale insights into oceanic regions, enabling assessments of climate change impacts and pollution. Together, these auxiliary sciences deepen our understanding of the ocean, playing an essential role not only in studying marine life but also in conserving marine and coastal ecosystems.

Keywords: biodiversity, conservation, ecosystems, interaction, methods.

Introducción

El océano cubre más del 70% de la superficie terrestre donde habitan miles de especies, desde pequeños organismos microscópicos hasta grandes mamíferos marinos (García-Gómez, 2022). La comprensión del funcionamiento de estos ecosistemas es un desafío para los biólogos marinos, quienes recurren a diversas ciencias auxiliares para profundizar en el estudio de los océanos (Castro y Huber, 2016). Este documento tiene como objetivo mostrar cómo las ciencias auxiliares se integran en el trabajo cotidiano de los biólogos marinos para ofrecer una visión más completa de los fenómenos marinos.

¿Un biólogo marino sólo sabe de la biología del mar?

Con certeza, amable lector, le podemos decir que no. Una persona dedicada al estudio de la biología marina no solo conoce de los organismos vivos en el mar. Es común escuchar a algunas personas decir que eligieron estudiar biología marina para evitar los números y las matemáticas, pero la realidad es que la biología marina requiere de la comprensión de diversos métodos, incluidos los cuantitativos. Aunque la especialización de quienes estudian la biología marina está en los

ecosistemas marinos, esta ciencia requiere un conocimiento multidisciplinario para explicar la complejidad del océano. Los biólogos marinos deben integrar herramientas y conceptos de diversas ciencias, como la física, las matemáticas, la química y la bioestadística, entre otras, para comprender cómo interactúan los factores biológicos, físicos y químicos en los ecosistemas marinos (Figura 1). Por ejemplo, el uso de tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando técnicas de percepción remota y el buceo, junto con métodos hidrobiológicos (técnicas para colectar, identificar y analizar comunidades biológicas), nos permiten estudiar en detalle tanto la flora y la fauna, así como condiciones ambientales del mar.



Figura 1. Ciencias auxiliares de la Biología Marina.

Algunas ciencias auxiliares para estudiar a los organismos del mar

La metodología científica es el primer paso para cualquier investigación. En la biología marina, esta metodología organiza el proceso de recolección de datos y garantiza que los resultados obtenidos sean replicables. Para estudiar un ecosistema, los biólogos marinos deben establecer claramente qué preguntas desean responder, cómo recolectarán los datos, qué variables medirán y cómo controlarán las posibles variables que puedan influir en sus resultados (Hernández-Sampieri *et al*., 2015). Si un biólogo marino planea, por ejemplo, analizar el impacto ambiental de la contaminación en los arrecifes de coral, debe diseñar un experimento que permita medir variables como la temperatura, salinidad y la concentración de contaminantes en diferentes puntos del arrecife. Sin una metodología adecuada, los resultados podrían estar sesgados, lo que afectaría la calidad de las conclusiones (Zvereva y Kozlov, 2021). Debido a esto, el biólogo marino aplica el método científico a partir de la observación de las especies marinas y de los fenómenos naturales, así como en la identificación de problemáticas ambientales, se apoya de la revisión bibliográfica que ayuda a valorar la pertinencia del estudio de acuerdo con los antecedentes del tema de interés (Hernández-

Sampieri *et al*., 2015). Esto conduce al planteamiento de preguntas e hipótesis, al diseño y la planificación del proyecto de investigación para la obtención y análisis de datos con el apoyo de otras ciencias auxiliares, a fin de obtener conclusiones sólidas (Figura 2).



Figura 2. Biólogos marinos aplicando la metodología científica.

Por otra parte, la física es una ciencia muy útil para estudiar cómo se mueven las aguas del mar, un fenómeno que influye directamente en el comportamiento de las especies marinas. El estudio de las corrientes oceánicas, la energía de las olas y las mareas implica el conocimiento de las leyes físicas que rigen estos procesos, para poder predecir cómo influyen en la biodiversidad de un área (García-Gómez, 2022; Knauss y Garfield, 2017). Por ejemplo, las corrientes marinas son vitales para entender cómo los nutrientes se distribuyen a través de grandes áreas oceánicas, lo que afecta la distribución de las especies y la productividad primaria, que es la tasa a la que los organismos fotosintéticos generan materia orgánica, sosteniendo las redes alimenticias marinas (Castro y Huber, 2016).

La química es otra ciencia importante en la biología marina, ya que permite entender mejor los ciclos biogeoquímicos, procesos mediante los cuales elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo y

silicio circulan y se transforman entre los seres vivos y el ambiente, tanto en la columna de agua como en los sedimentos del fondo de los océanos (Emerson y Hamme, 2022). También estudia afectaciones en los seres vivos, como el impacto de plásticos, metales pesados, toxinas y la acidificación oceánica (Garrison y Ellis, 2016; Kennish, 2001). Por ello, el biólogo marino, además de colectar y manejar muestras de agua, sedimentos y organismos, se involucra en el trabajo de laboratorio usando instrumentos especializados del área química, siguiendo metodologías estandarizadas que llevan a resultados confiables.

Desde el análisis de datos ecológicos hasta la modelación matemática de poblaciones o el estudio de la física marina, los números permiten entender y gestionar los ecosistemas marinos. Las matemáticas, en especial los modelos matemáticos, permiten simular fenómenos complejos como la dinámica de poblaciones de especies, la dispersión de contaminantes o la evolución de un ecosistema ante diferentes condiciones (García-Gómez, 2022; Zar, 2010). En la biología marina, los biólogos utilizan ecuaciones matemáticas para comprender y proyectar fenómenos como el crecimiento de poblaciones marinas, la distribución de especies y la interacción entre los componentes de un ecosistema. Sin estos modelos, sería muy difícil comprender la magnitud de los cambios en los ambientes marinos, especialmente en un contexto de cambio climático.

Cuando los biólogos marinos reúnen una gran cantidad de datos sobre los océanos (pueden ser miles de datos), es necesario analizarlos adecuadamente para responder a las preguntas previamente planteadas. La bioestadística desempeña una función clave en este proceso, ya que permite analizar la información cuando los resultados observados son de calidad (Daniel, 2016; Zar, 2010). Las técnicas estadísticas que manejan los biólogos marinos son la estadística descriptiva (enfocada en el comportamiento de los datos obtenidos en el estudio) y la estadística inferencial (inferencias basadas en cálculos probabilísticos de los datos), las cuales son esenciales para analizar la información cualitativa y cuantitativa de variables poblacionales y de comunidades biológicas, así como de factores ambientales (Zar, 2010). Estas técnicas son fundamentales para la interpretación de procesos complejos, para validar hipótesis y para la toma de decisiones que permiten el manejo de los ecosistemas y recursos marinos y costeros. Por ejemplo, al estudiar una especie, los biólogos marinos pueden aplicar técnicas estadísticas para saber si las diferencias en la cantidad de individuos son el resultado de cambios naturales o si hay factores humanos que influyen. Sin un análisis estadístico adecuado, se corre el riesgo de sacar conclusiones incorrectas (Figura 3).



Figura 3. Los biólogos marinos analizan información estadística de los ecosistemas y la que obtienen en laboratorio.

En este sentido, los diseños experimentales ayudan a poner en práctica experimentos que permitan observar y analizar los efectos de las variables de un ecosistema marino. Un buen diseño experimental favorece la obtención de datos válidos y controla cualquier factor que pueda afectar los resultados (Montgomery, 2004). En biología marina, se puede diseñar un experimento para estudiar cómo el aumento de la temperatura influye sobre los corales, permitiendo que los demás factores se mantengan constantes, como la salinidad y la disponibilidad de luz. Un diseño experimental bien implementado es fundamental para garantizar que los resultados sean confiables y útiles, mismos resultados que serán analizados a través de la estadística descriptiva e inferencial (Figura 3).

Debido a que los ecosistemas marinos son complejos, la estadística multivariada es una herramienta que permite analizar la relación entre varias variables cualitativas y cuantitativas al

mismo tiempo (Palacio *et al*., 2020). Por ejemplo, un biólogo marino puede usar estadística multivariada para analizar cómo la temperatura, la salinidad y los nutrientes afectan la biodiversidad en una región, aplicando técnicas como el análisis de componentes principales (ACP) y los análisis de correspondencia (CA) (Legendre y Legendre, 2012). La estructura de las comunidades, que se entiende como la forma en que se organizan y distribuyen las especies de la columna de agua (plancton), del fondo marino (bentos) y nadadoras (necton), así como sus individuos en un ecosistema, puede ser estudiada empleando un análisis de clasificación (Clúster) para identificar grupos similares en composición y abundancia de especies (Clarke y Warwick, 2001). También se puede usar el Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) para visualizar relaciones entre muestras en gráficos 2D o 3D. Otros análisis, como ANOSIM, comparan grupos para determinar diferencias entre los mismos, mientras que SIMPER identifica las especies que más contribuyen a esas diferencias (Clarke y Warwick, 2001; Legendre y Legendre, 2012). Estos métodos ayudan a comprender las interacciones en ecosistemas marinos y su respuesta a factores externos como el cambio climático o la contaminación (Figura 3).

Los métodos hidrobiológicos son un conjunto de técnicas, procedimientos y herramientas que utiliza el biólogo marino para la realización de muestreos de campo (observación y colecta), para el manejo y análisis de muestras de agua, de sedimento y de muestras biológicas (Contreras Espinoza, 1994; Costello *et al*., 2016). Por ello, los métodos hidrobiológicos son esenciales para el estudio de la calidad del agua (parámetros fisicoquímicos, nutrientes y contaminantes) y para el monitoreo de los ecosistemas marinos. Por ejemplo, en el estudio del plancton, el biólogo marino aplica técnicas para la colecta, fijación y conservación de las muestras, esto involucra el uso de diferentes herramientas, desde material de cristalería, reactivos, instrumentos de medición y aparatos electrónicos (Karlson *et al.*, 2010). En estudios del necton y bentos, las técnicas de muestreo pueden ser extractivas para la colecta de organismos, por ejemplo, para colectar peces, moluscos y crustáceos se emplean artes de pesca, mientras para la obtención de muestras del fondo marino se utilizan dragas (Granados Barba *et al*., 2002). También, el biólogo marino emplea métodos no destructivos como el censo visual para el estudio de las especies de corales, equinodermos (como erizos y estrellas de mar) y peces, utilizando como unidades de muestreo los transectos y cuadrantes, técnicas que se complementan con fotografías y filmaciones para la identificación de especies marinas, y para la estimación de propiedades poblacionales y de atributos comunitarios (abundancia, densidad, cobertura, entre otros). El uso de técnicas hidrobiológicas permite a los biólogos marinos obtener datos clave para entender cómo las condiciones del agua afectan la biodiversidad y la salud de los organismos marinos (Figura 4).



Figura 4. Métodos de muestreo que realizan los biólogos marinos en diferentes ecosistemas y en laboratorio.

En este sentido, el buceo es una técnica que permite al biólogo marino sumergirse en aguas poco profundas (máximo 40 m) de los litorales para registrar y/o recolectar muestras de organismos, evaluar el estado de los hábitats y estudiar los comportamientos de las especies (Larn y Whistler, 1997). Además, el buceo permite estudiar aspectos de los ecosistemas que no pueden ser observados desde la superficie, lo que aporta una perspectiva única sobre la vida marina. Asimismo, gracias al buceo, los biólogos marinos continúan documentando los mares a través de fotografías y videos, que son de gran utilidad para la divulgación científica con el fin de promover en la sociedad la importancia y conservación de ambientes como los arrecifes coralinos, los pastos marinos, los manglares y los bosques de kelp (Figura 5).



Figura 5. El buceo como una técnica indispensable para el biólogo marino.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la percepción remota son herramientas tecnológicas que permiten a los biólogos marinos estudiar vastas áreas del océano sin necesidad de desplazarse físicamente (Aguirre Gómez, 2002; Buzai *et al*., 2016). Los SIG integran datos oceanográficos, registros de biodiversidad y modelos predictivos, mejorando la gestión de recursos marinos (MacLeod, 2013). La percepción remota permite responder a eventos como derrames de petróleo y analizar tendencias a largo plazo, facilitando estrategias de conservación más eficientes. A través de imágenes satelitales y drones, los biólogos marinos pueden mapear ecosistemas marinos, estudiar el impacto del cambio climático y monitorear la salud de los hábitats (McCauley *et al*., 2025). Estas tecnologías también permiten realizar estudios a gran escala, como el seguimiento de la migración de especies o la evaluación de los efectos de la contaminación en grandes áreas marinas (Figura 6).

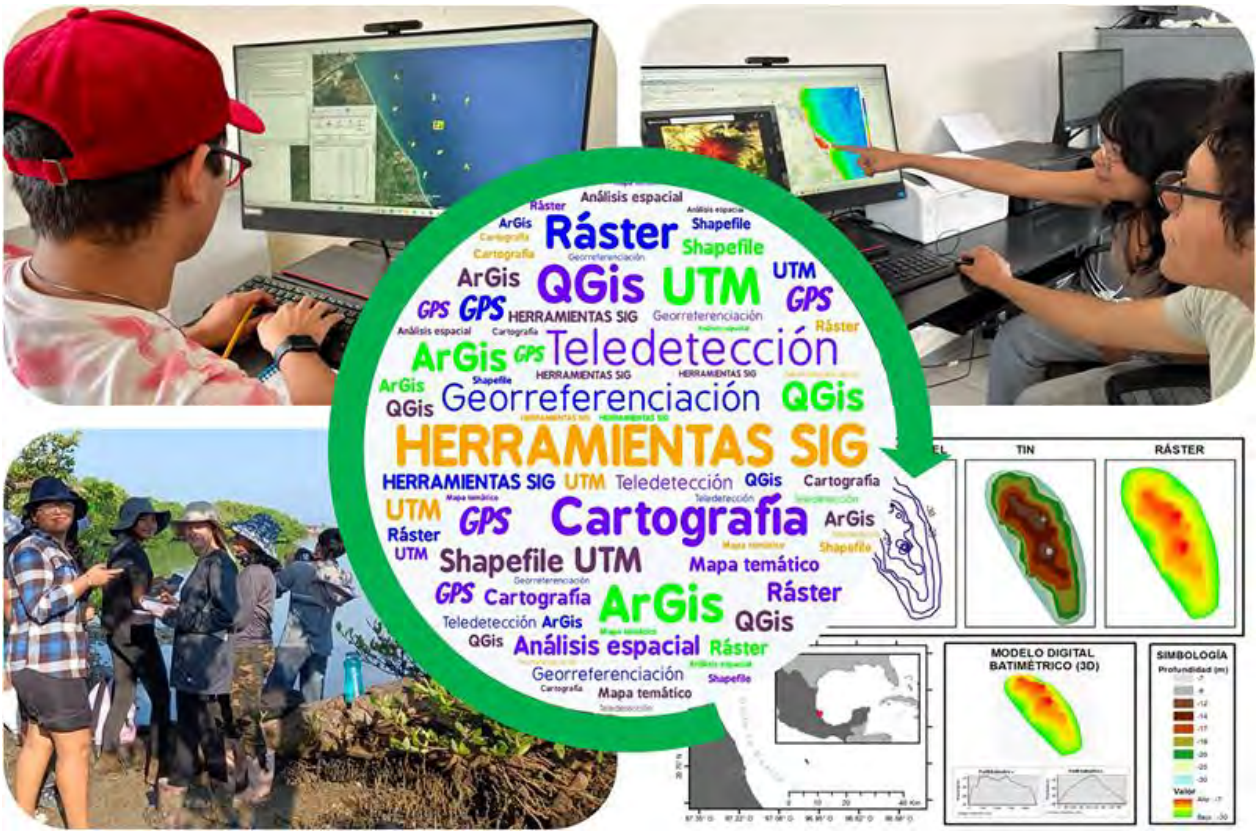


Figura 6. El trabajo de gabinete usando los SIG y la percepción remota son muy importantes en el trabajo de los biólogos marinos.

Consideraciones finales

La biología marina es una disciplina compleja que depende de diversas ciencias auxiliares para obtener una comprensión más profunda de los ecosistemas marinos. La integración de la física y la química, las matemáticas, la bioestadística, el buceo y otras disciplinas permite a los biólogos marinos abordar preguntas fundamentales sobre la vida en el mar de manera más efectiva. El uso de estas herramientas no solo enriquece nuestro entendimiento del océano, sino que también es crucial para la conservación de los ecosistemas marinos en un mundo que enfrenta desafíos ambientales sin precedentes. Sin embargo, hay tecnologías emergentes, como el ADN ambiental (eDNA) o el uso de inteligencia artificial para el análisis de datos que hacen de la biología, en general, una ciencia en una dinámica constante. Estos nuevos enfoques nos permitirán profundizar en cómo las ciencias auxiliares ayudan a mitigar problemas como la sobrepesca o la acidificación oceánica, entre otros.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de los estudiantes del Programa Educativo (PE) Biología marina de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Poza Rica-Tuxpan, Universidad Veracruzana, durante las prácticas de campo y laboratorio que ayudaron a ilustrar este documento. Esta es una contribución de los integrantes de la Academia de Ciencias Auxiliares del PE Biología marina con participación de miembros del Cuerpo Académico 035 - Preservación y conservación de ecosistemas tropicales.

Literatura citada

Aguirre Gómez, R. 2002. *Los mares mexicanos a través de la percepción remota*. 1a. edición. Editorial Plaza y Valdés, México. 95 pp.

Buzai, G.D., C.A. Baxendale, L. Humacata y N. Principi. 2016. *Sistemas de Información Geográfica*. Lugar Editorial, Argentina. 149 pp.

Castro, P. y M.E. Huber. 2016. *Marine Biology*. McGrawHill, USA. 462 pp.

Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2a. edición. PRIMER-E Ltd, UK. 174 pp.

Contreras Espinoza, F. 1994. *Manual de técnicas hidrobiológicas*. Editorial Trillas. 141 pp.

Costello, M.J., Z. Basher, L. McLeod, I. Asaad, S. Claus, L. Vanderpitte, Y. Moriaki, H. Gislason, M. Edwards, W. Appeltans, H. Enevoldsen, G.I. Edgar, P. Miloslavich, S.D. Monte, I.S. Pinto, D. Obura y A.E. Bates. 2016. *Methods for the study of marine biodiversity*. pp. 129–163. En: Walters, M. y R.J. Scholes (Eds.). The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks. Springer. Berlín, Alemania. 308 pp.

Daniel, W.W. 2016. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. 4a. edición. Editorial Limusa Wiley. 924 pp.

Emerson, S.R. y R.C. Hamme. 2022. *Chemical oceanography. Element fluxes in the sea*. 1a. edición. Cambridge University Press. 387 pp.

García-Gómez, J.C. 2022. *Biología marina. Medio físico, biodiversidad, recursos y conservación*. 1a. edición. Editorial Universidad de Sevilla, España. 552 pp.

Garrison, T. y R. Ellis. 2016. *Oceanography: An invitation to Marine Science*. 9a. edición. Cengage Learning, USA. 604 pp.

Granados Barba, A., V. Solís Weiss y R. Bernal Ramírez. 2002. *Métodos de muestreo en la investigación oceanográfica*. 1a. reimpresión. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 448 pp.

Hernández Sampieri, R., C. Fernández Collado y M.P. Baptista Lucio. 2015. *Metodología de la investigación*. 6a. edición. McGrawHill, México. 600 pp.

Karlson, B., C. Cusack y E. Bresnan. 2010. *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*. IOC-UNESCO, Francia. 110 pp.

Kennish, M.J. 2001. *Practical Handbook of Marine Science*. 3a. edición. CRC Press LLC. 876 pp.

Knauss, J.A. y N. Garfield. 2017. *Introduction to physical oceanography*. 3a. edición. Waveland Press Inc., USA. 310 pp.

Larn, R. y R. Whistler. 1997. *Manual de buceo deportivo y profesional*. Ediciones Omega, Barcelona. 479 pp.

Legendre, P. y L. Legendre. 2012. *Numerical ecology*. 3a. edición. Elsevier. 990 pp.

MacLeod, C.D. 2013. *An introduction to using GIS in marine biology*. 2a. edición. Pictish Beast Publications, Escocia. 426 pp.

McCauley, D., S. Andrzejaczek, B.A. Block, K.C. Cavanaugh, H.C. Cubaynes, E.L. Hazen, C. Hu, D. Kroodsma, J. Li y S.H. Young. 2025. *Improving ocean management using insights from space*. Annual Review of Marine Science 17: 381-408.

Montgomery, D.C. 2004. Diseño y análisis de experimentos. Editorial Limusa Wiley. 686 pp.

Palacio, F.X., M.J. Apodaca y J.V. Crisci. 2020. *Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R*. 1a. edición. Vázquez Mazzini Editores, Argentina. 265 pp.

Zar, J.H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5a. edición. Prentice Hall. 944 pp.

Zvereva, E.L. y M.V. Kozlov. 2021. *Biases in ecological research: attitudes of scientists and ways of control*. Scientific Reports 11: 26.

Cita

Rodríguez-Gómez, C.F., F. Vicencio de la Cruz-Francisco, A. de J. Basañez-Muñoz, I.A. Chamorro-Florescano y K.C. Garcés-García. El papel de las ciencias auxiliares en la biología marina: herramientas para entender la vida en el océano. Recursos Naturales y Sociedad, 2025. Vol. 11 (3): 89-101. https://doi.org/10.18846/renaysoc.2025.11.11.03.0005

Sometido: 2 de junio de 2025

Aceptado: 1 de septiembre de 2025

Editor asociado: Dr. Raúl O. Martínez Cruz

Editora ejecutiva: Dra. Crisalejandra Rivera-Pérez

Diseño gráfico editorial: Ing. Francisca Elizabeth Villegas Carrazco