

Nota científica

Museo del Mar en 3D: Digitalización Biológica en la Universidad del Mar

Eduardo Juventino Ramírez Chávez¹ * , Luis Antonio Hernández Díaz² 
Guadalupe Sinaí Luna Zavaleta³ , Hiram Cuenca Mendoza⁴ ,
Irving Leonardo García Guzmán⁴ , Evelyn Yadira Gallegos Carrión⁴ ,
Brenda Berenice Pérez Pérez⁴ , Carlos Alberto Ordoñez Patricio⁴
& Sandra Soé Blas Barrera² 

Resumen

El escaneo y modelado 3D de especímenes biológicos permite la documentación, conservación y divulgación del patrimonio natural sin comprometer la integridad de los ejemplares. En este estudio, se implementó un proceso de digitalización de colecciones científicas en la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, empleando tecnología de escaneo estructurado y software especializado para generar modelos tridimensionales de moluscos, equinodermos, peces y tortugas marinas. Estos modelos se publicaron en la plataforma Sketchfab, brindando acceso abierto a estudiantes e investigadores. El análisis de Sankey aplicado a las encuestas realizadas indica una evaluación positiva de la colección biológica digitalizada, destacando su accesibilidad, nivel de detalle y facilidad de navegación como factores clave para su utilidad en educación e investigación. Los resultados demuestran el potencial de la digitalización 3D para la enseñanza y la preservación de especímenes biológicos.

Palabras clave: biodiversidad, conservación, digitalización, tecnología educativa, modelado 3D

Abstract

The scanning and 3D modeling of biological specimens enables the documentation, conservation, and dissemination of natural heritage without compromising the integrity of the samples. In this study, a digitization process of scientific collections was implemented at the Universidad del Mar, Puerto Ángel campus, using structured scanning technology and specialized software to generate three-dimensional models of mollusks, echinoderms, fish, and sea turtles. These models were published on the Sketchfab platform, providing open access to students and researchers. The Sankey analysis applied to the surveys conducted indicates a positive evaluation of the digitized biological collection, highlighting its accessibility, level of detail, and ease of navigation as key factors for its usefulness in education and research. The results demonstrate the potential of 3D digitization for the teaching and preservation of biological specimens.

Key words: biodiversity, conservation, digitization, educational technology, 3D model

Recibido: 06 de marzo de 2025.

Aceptado: 17 de abril de 2025.

¹ Instituto de Ecología, Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Cd. Universitaria S/N. Pochutla, Oaxaca, México.

² Laboratorio de SIG y PR, Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Cd. Universitaria S/N. Pochutla, Oaxaca, México.

³ Estudiantes de Ingeniería Ambiental, Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Cd. Universitaria S/N. Pochutla, Oaxaca, México.

⁴ Estudiantes de Biología Marina, Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Cd. Universitaria S/N. Pochutla, Oaxaca, México.

* Autor de correspondencia: eudardo_rmz@aulavirtual.umar.mx (EJRC)

Introducción

Las colecciones biológicas desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, la educación y la investigación científica. Estos acervos representan registros tangibles de especies que permiten el estudio de su morfología, distribución y evolución. Sin embargo, su manejo y acceso suelen estar limitados debido a la fragilidad de los especímenes, las restricciones de almacenamiento y la necesidad de preservar su integridad a largo plazo (Callieri *et al.* 2011)

En los últimos años, la digitalización 3D ha emergido como una herramienta innovadora en el ámbito de la biología y la conservación, permitiendo la creación de modelos tridimensionales de alta resolución que pueden ser consultados y manipulados de manera remota (Nguyen *et al.* 2017). Esta tecnología ofrece múltiples beneficios, entre ellos, la reducción del desgaste de los especímenes físicos, la accesibilidad para investigadores y estudiantes de diversas regiones, y la posibilidad de integrar modelos digitales en plataformas educativas y de divulgación.

El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad del Mar con el objetivo de digitalizar y modelar en 3D una selección de organismos marinos provenientes de las colecciones científicas del campus Puerto Ángel. Se emplearon técnicas avanzadas de escaneo estructurado y procesamiento digital para generar representaciones fieles de moluscos, equinodermos, peces y tortugas marinas. Posteriormente, estos modelos fueron integrados en la plataforma *Sketchfab*, facilitando su acceso a la comunidad académica y al público en general.

A través de este proyecto, se busca demostrar el potencial de la digitalización

3D como una estrategia para la conservación del patrimonio biológico y la enseñanza de la biodiversidad marina. Además, se exploró la percepción de los usuarios respecto a la utilidad y accesibilidad de los modelos mediante encuestas estructuradas, cuyos resultados permiten evaluar el impacto educativo y científico de esta iniciativa.

Materiales y Métodos

Este proyecto se realizó en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota de la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, donde se solicitaron colecciones científicas a diferentes investigadores dentro del campus, interesados en prestar su material para la realización de estos modelos que posteriormente serían presentados en el Museo del Mar. Se obtuvieron colecciones de tortugas marinas, peces, equinodermos y moluscos.

Luego del préstamo de las colecciones, se consultó a los investigadores sobre los métodos de manipulación seguros para los ejemplares a modelar, descartando los más frágiles o tóxicos por el método de fijación de algunos de ellos, para evitar inconvenientes al momento de modelar. Una vez seleccionadas las colecciones, se colocaron en un espacio despejado para realizar el modelo correctamente. Se utilizó un escáner 3D de la marca *Creality CR- Scan Ferret Pro*, el cual se conectó directamente a una computadora con el *software Creality Scan* previamente cargado. Tras preparar el material, se escaneó el ejemplar colocando el escáner en diferentes ángulos y utilizando luz artificial para asegurar una correcta digitalización de colores. El *software* actuó como guía, creando automáticamente el modelo digital del ejemplar mediante una

nube de puntos, obteniendo así su forma general.

Posteriormente, con la nube de puntos creada, se seleccionó la opción de optimizar el modelo dentro del mismo software depurando algunos puntos que no habían sido correctamente digitalizados o que no formaban parte del ejemplar. Después fue seleccionada la opción de malla, lo que ofreció una representación tridimensional en forma de una red de vértices, aristas y caras, eliminando irregularidades o exceso de polígonos. Sucesivamente con la malla creada, se seleccionó la opción de aplicar color a la imagen, lo que colocaba los colores que el mismo escáner identificaba

del ejemplar, basándose en las sombras y la luz. Finalmente, se descargó el modelo con color directamente a la computadora de trabajo, obteniendo tres archivos en los formatos .obj, .mtl y .png, conformando el modelo 3D final del ejemplar seleccionado.

Una vez obtenidos todos los archivos correspondientes a los ejemplares de las colecciones científicas prestadas, fueron subidas a la página de acceso libre Sketchfab, la cual funciona como un visualizador de 3D. Se creó una cuenta denominada coleccionesbiol.3d.sig. Cada vez que se subía un modelo, se colocaba el nombre común y científico de la especie como título, y en la descripción

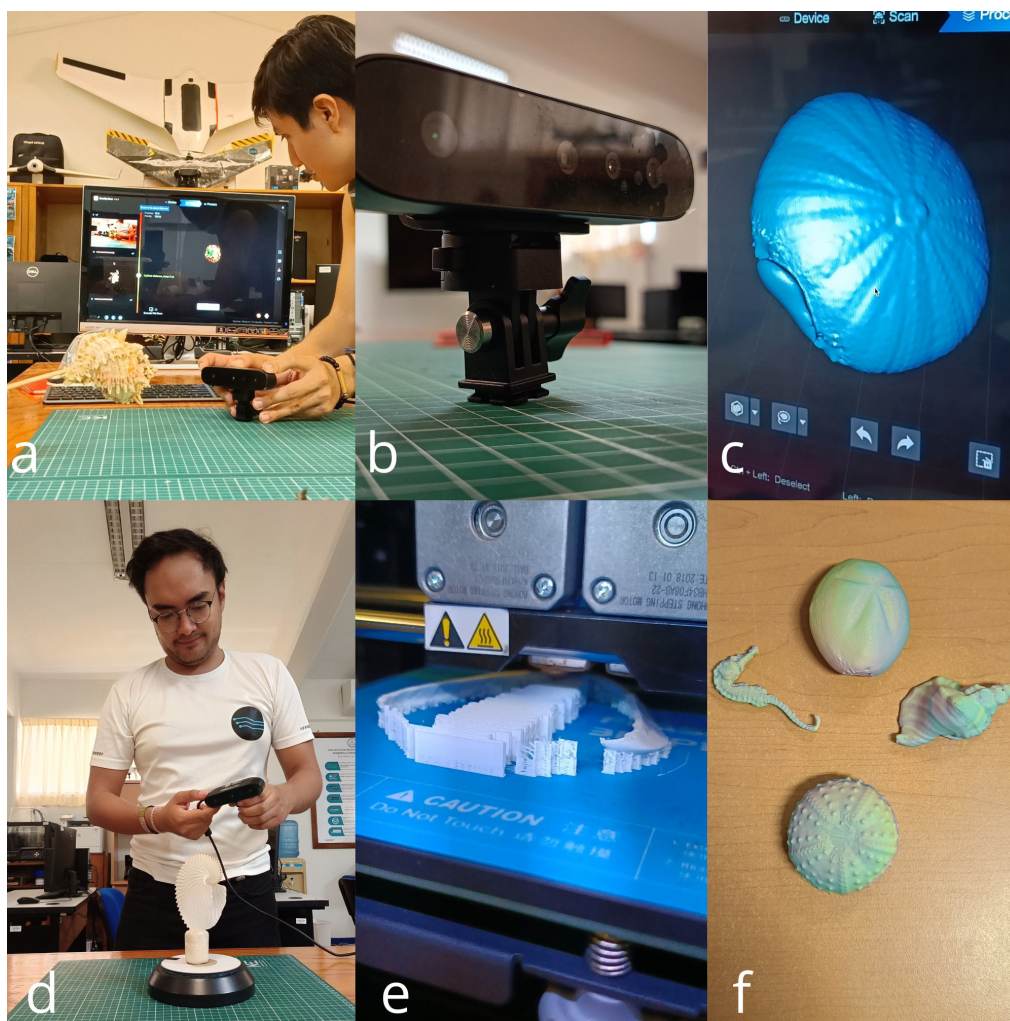


Figura 1. Proceso general de digitalización de ejemplares de colecciones biológicas. a) Inicio de escaneo de ejemplar de colección, b) escaner creality, c) modelo 3d preliminar, d) terminado de escaneo, e) impresión de modelo en 3D, f) ejemplares impresos en 3D.

se incluían diferentes datos como: mapa de distribución realizado con el software ArcMap 10.8, taxonomía (familia, género, nombre científico y nombre común), categoría de riesgo en la NOM 059 SEMARNAT 2010, la Lista Roja de la IUCN, CITES, una descripción general de lo que se observa en el modelo y un dato curioso de la especie.

Evaluación de la percepción y utilidad de la colección digitalizada

Con el objetivo de analizar la experiencia del usuario y la utilidad educativa de la colección biológica digitalizada, se aplicaron encuestas estructuradas a una muestra aleatoria de visitantes del Museo del Mar en la Universidad del Mar. La recolección de datos se llevó a cabo entre el 19 y el 27 de diciembre de 2024, a través de cuestionarios de opción múltiple diseñados y administrados mediante *Google Forms*. Estas encuestas permitieron evaluar aspectos fundamentales de la interacción con la colección virtual, tales como accesibilidad a los modelos tridimensionales, nivel de detalle en las representaciones digitales, facilidad de navegación e interacción con la interfaz y percepción de utilidad en contextos educativos e investigativos.

Para garantizar un análisis representativo de la audiencia, los visitantes fueron clasificados en función de su grupo etario y género, considerando las siguientes categorías:

- Adultos mayores (60 años o más): subdivididos en hombres (AH) y mujeres (AM).
- Adultos (26-59 años): clasificados en hombres (AH) y mujeres (AM).
- Jóvenes (16-25 años): diferenciados en hombres (JH) y mujeres (JM).

- Niños y niñas (4-15 años): categorizados en hombres (NH) y mujeres (NM).
- Infantes (0-3 años): agrupados en hombres (IH) y mujeres (IM).

Durante el periodo de aplicación de encuestas, se registró un total de 125 visitantes, con un máximo de asistencia el 26 de diciembre (37 visitantes) y un mínimo el 20 de diciembre (9 visitantes; Tabla I). Se identificó una mayor afluencia en la categoría de adultos de 26 a 59 años, particularmente mujeres, con un incremento notable los días 26 y 27 de diciembre. Asimismo, se observó una participación significativa de jóvenes de 16 a 25 años, con predominancia masculina.

En contraste, la representación de infantes (0-3 años) fue considerablemente menor, lo cual era previsible, dado que la colección digitalizada estaba orientada principalmente a un público con capacidad de explorar e interactuar con los modelos tridimensionales. La diversidad de visitantes permitió obtener una muestra amplia y representativa, garantizando que los resultados reflejaran de manera precisa la experiencia de distintos grupos etarios y de género en la navegación y uso de la colección virtual.

Las encuestas aplicadas evaluaron cuatro dimensiones clave: 1) Facilidad de acceso a los modelos digitales: Muy fácil, fácil, difícil, muy difícil. 2) Nivel de detalle de los modelos 3D: Muy detallados, aceptables, podrían mejorar, no tienen suficiente detalle, 3) Intuitividad de navegación e interacción con los modelos: Muy intuitiva, algo intuitiva, poco intuitiva, nada intuitiva, así como 4) Utilidad educativa e investigativa de los modelos digitalizados: Muy útil, algo útil, poco útil, nada útil.

Tabla 1. Registros de visitantes de museo del mar del 19 al 27 de diciembre (Fuente: Bitácora de registro de museo del mar). AM = adultos mayores, AH= adultos hombres, AMu= adultos mujeres, JH= jóvenes hombres, JM= jóvenes mujeres, NH= niños hombres, NM= niñas mujeres, IH= infantes hombres, IM= infantes mujeres.

Fecha	A M 6 (+60 o más años)	A M (+60) años	AH (26-59) años	AMu (26-59) años	JH (16-25) años	JM (16-25) años	NH (4-15) años	NM (4-15) años	IH (0-3) años	IM (0-3) años	Total
19/12/24	0	0	2	3	2	2	3	1	1	1	15
20/12/24	0	0	2	1	1	3	2	0	0	0	9
21/12/24	1	2	1	2	2	1	1	1	0	0	13
22/12/24	1	1	1	1	0	2	2	1	0	0	9
23/12/24	1	3	1	2	2	2	2	1	0	0	14
24/12/24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/12/24	1	1	7	10	7	3	3	5	0	1	37
27/12/24	1	0	8	11	7	4	4	0	0	0	28

Análisis de Datos

El análisis de los datos obtenidos permitió interpretar la experiencia del usuario y validar la efectividad del proyecto como una herramienta innovadora para la difusión del conocimiento biológico, la conservación del patrimonio natural y la educación en biodiversidad marina. La integración de modelos tridimensionales en plataformas de acceso abierto representa un avance significativo en la modernización de las estrategias de enseñanza y divulgación científica, promoviendo la accesibilidad y el aprendizaje interactivo para públicos de diversas edades y niveles de formación.

Para interpretar la experiencia de los usuarios con la colección biológica digitalizada, se realizó un análisis cualitativo de las respuestas obtenidas en la encuesta estructurada. Se empleó un diagrama de Sankey para visualizar las relaciones entre las variables evaluadas, permitiendo identificar los flujos de percepción desde la accesibilidad, el nivel de detalle y la facilidad de navegación hasta la valoración final de utilidad.

La construcción del diagrama se basó

en la clasificación de las respuestas y su representación en términos de flujo de datos, proporcionando una comprensión estructurada de cómo los distintos factores influyen en la percepción general de los participantes. Este enfoque permitió no solo cuantificar la tendencia de las respuestas, sino también analizar la distribución y conexión entre los aspectos clave de la experiencia del usuario.

Resultados

Cuarenta y ocho modelos tridimensionales de alta precisión fueron digitalizados y clasificados en cuatro grupos (Tabla II).

Los modelos están disponibles en la plataforma *Sketchfab* bajo la cuenta *coleccionesbiol.3d.sig*, facilitando su uso en educación e investigación.

Los resultados de las encuestas se observan en las figuras 2, 3 y 4.

El diagrama de *Sankey* resultado del análisis cualitativo de las encuestas, visualiza el flujo de respuestas de los participantes en la encuesta sobre la experiencia virtual con la colección biológica digitalizada.

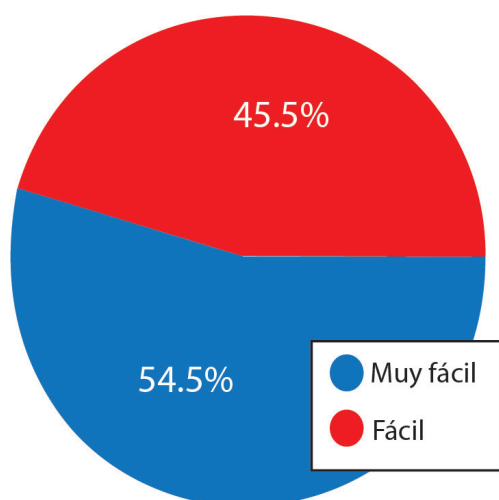


Figura 2. Facilidad de acceso a modelos digitales. ¿Qué tan fácil fue acceder a los modelos digitales de los especímenes?

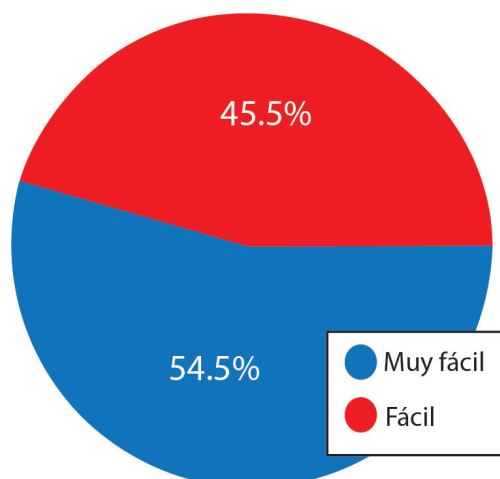


Figura 3. Nivel de detalle de los modelos digitales. Consideras que los modelos 3D presentan suficiente nivel de detalles para su estudio e identificación?

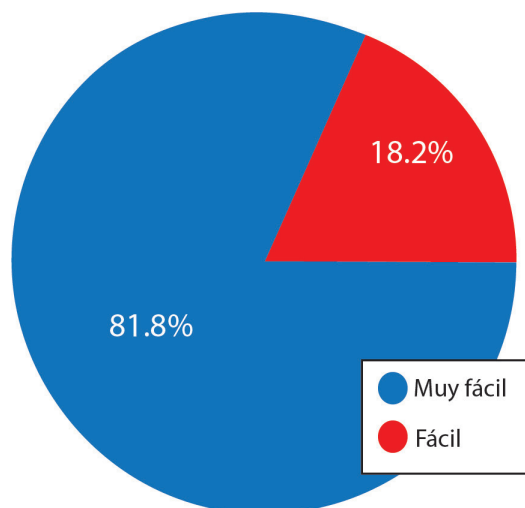


Figura 4. Nivel de intuición en la navegación e interacción con los modelos. ¿Te resultó intuitiva la navegación e interacción con los modelos en la plataforma utilizada?

Cada flujo representa la distribución porcentual de respuestas en diferentes categorías:

1. Facilidad de acceso: Se muestra la proporción de usuarios que encontraron el acceso fácil o muy fácil.
2. Nivel de detalle de los modelos 3D: Representa la percepción sobre si los modelos eran aceptables o muy detallados.
3. Intuitividad de navegación: Se refleja la cantidad de usuarios que la consideraron algo intuitiva o muy intuitiva.
4. Utilidad educativa e investigativa: Aquí se destaca que el 100% de los



Figura 5. Diagrama de Sankey que representa la relación entre la facilidad de acceso, el nivel de detalle de los modelos 3D y la intuitividad de navegación con la percepción de utilidad de la colección biológica digitalizada. Los grososres de las conexiones indican la cantidad de respuestas en cada categoría, evidenciando la predominancia de valoraciones positivas.

encuestados calificó la colección como muy útil.

Los colores en tonos de gris y azul ayudan a diferenciar cada categoría, mostrando cómo las respuestas fluyen desde la percepción inicial hasta la valoración final de la colección digitalizada.

Discusión

Los resultados obtenidos reflejan la viabilidad y aceptación de la digitalización 3D como una herramienta complementaria para la preservación y divulgación de colecciones biológicas (Nguyen *et al.* 2017). La alta valoración de accesibilidad y nivel de detalle en las encuestas sugiere que los modelos tridimensionales lograron cumplir con los estándares esperados por los usuarios, facilitando una experiencia interactiva y enriquecedora.

Uno de los principales beneficios de esta metodología es la posibilidad de democratizar el acceso a la información biológica (Nguyen *et al.* 2017). Tradicionalmente, las colecciones científicas han estado restringidas a especialistas y a instituciones con capacidad para almacenar y preservar especímenes. Con la digitalización, estudiantes, investigadores y el público general pueden explorar estructuras anatómicas detalladas desde cualquier parte del mundo, promoviendo una mayor inclusión en la educación y en la investigación científica.

Además, el uso de la plataforma Sketchfab para la publicación de los modelos 3D permitió no solo la visualización interactiva, sino también la integración de información taxonómica, ecológica y de conservación. Este enfoque

multidisciplinario fortalece el valor educativo de la colección digital, ya que los usuarios no solo pueden observar los modelos, sino también comprender su contexto biológico y ecológico.

Sin embargo, el proceso de digitalización 3D también presenta algunos desafíos. La precisión en la captura de colores y texturas puede verse afectada por las condiciones de iluminación y las características del escáner. En algunos casos, fue necesario realizar ajustes manuales en el software para optimizar la representación visual de los especímenes. Asimismo, la manipulación de ejemplares frágiles o de gran tamaño puede limitar la aplicación de esta tecnología, lo que resalta la importancia de desarrollar protocolos específicos para cada tipo de organismo.

Otro aspecto relevante es la integración de estos modelos en estrategias de enseñanza más amplias. Si bien la digitalización facilita el acceso, su impacto en la educación depende de la manera en que se utilicen dentro de programas de formación académica. La incorporación de realidad aumentada y la creación de entornos inmersivos podrían representar el siguiente paso en la evolución de estas iniciativas, permitiendo una interacción aún más cercana con los especímenes virtuales (Tuia *et al.* 2021)

Conclusión

El proyecto de digitalización 3D de las colecciones biológicas de la Universidad del Mar ha demostrado ser una estrategia efectiva para la conservación, divulgación y enseñanza de la biodiversidad marina. La implementación de esta tecnología no solo contribuyó a la preservación de especímenes frágiles, sino que también permitió ampliar su accesibilidad a una audiencia global, fomentando el

aprendizaje interactivo y la investigación colaborativa.

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a los usuarios reflejan una aceptación positiva de la colección digitalizada, destacando su facilidad de acceso, nivel de detalle y utilidad educativa. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de expandir el uso de modelos 3D en la enseñanza de las ciencias biológicas, promoviendo un aprendizaje más visual y participativo.

En el futuro, la digitalización de más especímenes y la integración de tecnologías emergentes, como la realidad aumentada y la inteligencia artificial, podrían potenciar aún más el impacto de esta iniciativa. Asimismo, el establecimiento de colaboraciones interinstitucionales permitiría la creación de repositorios digitales más extensos, fortaleciendo la investigación y la conservación de la biodiversidad marina en un contexto global.

Este proyecto representa un primer paso hacia la modernización de las colecciones biológicas mediante el uso de herramientas digitales, sentando las bases para nuevas formas de explorar, preservar y enseñar sobre el mundo natural.

Agradecimientos

Agradecemos a los responsables de las colecciones biológicas de la Universidad del Mar por confiar en este proyecto y permitir la virtualización y representación 3D de sus especímenes, contribuyendo así a la difusión del conocimiento biológico. Asimismo, expresamos nuestro reconocimiento al Laboratorio de SIG y PR de la Universidad del Mar, al personal de apoyo que facilitó la instalación de la colección virtual en el Museo del Mar,

y a los estudiantes y voluntarios cuyo compromiso y participación fueron fundamentales para el desarrollo de esta iniciativa.

Referencias

- Callieri, M., P. Cignoni, & R. Scopigno. 2011. Digital 3D Models for Cultural Heritage: Beyond Plain Visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 31(5), 48-55.
- Imai, S., T. Ohtani & H. Tanaka. 2020. Advances in 3D Scanning for Biological Specimen Documentation. *Journal of Digital Imaging*, 33(2), 409-421.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2023. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponible en línea.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.