291
agosto
2025

Directora general:
Carmen Lira Saade
Director fundador:
Carlos Payán Velver
Director: Iván Restrepo
Editora: Laura Angulo

La Jornada ecológica

Repensando la investigación para recuperar las tortugas marinas

Números anteriores

Correos electrónicos: ivres381022@gmail.com • estelaguevara84@gmail.com

La Jornada ecológica

Presentación

Eduardo Cuevas

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California

Contacto: eduardo.cuevas@uabc.edu.mx

Crías de tortuga golfina se dirigen al mar en territorio de la Nación Comcaac (Seris)

Foto: Grupo Tortuguero Comcaac

Foto en portada de los articulistas: Calderón et al.

Las tortugas marinas son especies de gran carisma y profundo significado ecológico y cultural. Han habitado nuestro planeta por más de 100 millones de años, y sus formas actuales apenas han cambiado desde sus ancestros prehistóricos, lo que refleja no solo su éxito evolutivo, sino también su íntima conexión con los procesos ambientales de la Tierra.

Sin embargo, a pesar de su notable resiliencia, las tortugas marinas enfrentan hoy un entorno que cambia a una velocidad sin precedentes, impulsado por la acción humana y agravado por las crisis climática y ambiental.

Estos cambios superan la capacidad de adaptación natural de muchas poblaciones, comprometiendo su viabilidad a mediano y largo plazo.

México, hogar de seis de las siete especies de tortugas marinas del mundo, tiene la dicha y también la responsabilidad de proteger a estos antiguos viajeros oceánicos. Nuestro país cuenta con más de cinco décadas de esfuerzos ininterrumpidos por su conservación, siendo uno de los programas más antiguos en su tipo.

El presente número de *La Jornada Ecológica,* titulado "Repensando el monitoreo e investigación para la recuperación de tortugas marinas", busca precisamente compartir reflexiones sobre los modelos actuales de monitoreo e investigación, los indicadores que se miden, y su relación con la información que realmente se requiere para evaluar eficazmente el estado de las poblaciones de tortugas marinas y sus hábitats.

A través de diez contribuciones, este número ofrece un recorrido por diversos aspectos ecológicos de la vida de las tortugas marinas y los impactos que actividades humanas generan sobre sus hábitats críticos de anidación y alimentación.

Se abordan también amenazas específicas, como las enfermedades emergentes (por ejemplo, el fibropapiloma) que representan nuevos desafíos para su salud y conservación.

Conoceremos historias de proyectos emblemáticos que han sido pilares en la protección de estas especies en México, junto con una revisión de los temas más investigados en décadas recientes.

Este número también abre espacio para visibilizar los grandes retos que persisten: la necesidad de colaboración efectiva entre comunidades, gobiernos, academia e iniciativa privada; el uso estratégico de tecnologías para el monitoreo y la restauración, y la importancia de comunicar el conocimiento científico a través de diversos lenguajes, incluyendo el arte visual.

La restauración de las poblaciones de tortugas marinas requiere del trabajo conjunto y sostenido de múltiples sectores. Solo a través del intercambio de datos, la coordinación entre proyectos, y una visión integral de los sistemas socioecológicos, podremos ensamblar el complejo rompecabezas que implica conservar estas especies.

Además, será indispensable dar continuidad al monitoreo sistemático para poder demostrar, bajo criterios robustos y reconocidos internacionalmente, si una población se encuentra verdaderamente en recuperación.

En México, miles de personas han invertido tiempo, recursos y esfuerzos a lo largo de décadas. Gracias a ese compromiso, hoy somos testigos de señales de esperanza.

Pero el camino aún no está completo. Nuestra generación tiene la responsabilidad de proteger ese legado: no ser quienes lo abandonen o debiliten, sino quienes lo fortalezcan.

Este número busca visibilizar no solo a las tortugas marinas y a los proyectos que las protegen, sino también invitar a que más iniciativas compartan sus aprendizajes, necesidades y logros.

Queremos que esta publicación impulse una conversación colectiva que aliente a la sociedad y a las autoridades a trabajar de la mano por la mejora de las condiciones para quienes dedican sus vidas al cuidado de estas especies, verdaderas embajadoras de la conservación de nuestra Madre Tierra.

La Jornada ecológica

Abigail Uribe-Martínez[1,2] y Marcos Zárate[3]

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California

Punto focal de México en la International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE) y coordinadora del Centro Nacional de Datos Oceanográficos (CENDO)

Centro para el Estudio de Sistemas Marinos-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina

Coordinación del Nodo Regional Ocean Biodiversity Information System en Latinoamérica

Correo-e: abigail.uribe@uabc.edu.mx

Decisiones informadas a favor de las tortugas marinas a partir de los datos FAIR

La biodiversidad es una pieza fundamental del planeta, por lo que comprender y proteger esta diversidad es crucial para todos. Conocer la historia de las especies y sus poblaciones, su distribución o la condición de los hábitats es de suma importancia si queremos lograr su viabilidad en el largo plazo; sin esto no es posible determinar cómo las actividades humanas les afectan y, por tanto, se complica generar esquemas efectivos de manejo y conservación.

Las tortugas marinas, si bien son especies carismáticas que invitan a amar la vida del mar, son también las grandes representantes del declive pronunciado que enfrentan las poblaciones de los habitantes del mar.

Su conservación, como la de muchas especies marinas, ha sido un reto debido a que el conocimiento necesario es escaso o de difícil acceso. Y eso que las tortugas marinas han contado con el apoyo y financiamiento de diversos grupos de conservación, asociaciones civiles e instituciones que han recopilado datos valiosos por más de 50 años.

La mayor parte de estos esfuerzos se han realizado con programas de monitoreo de playas de anidación, pero también con censos de hábitats en agua, análisis isotópicos, seguimiento de individuos con transmisores satelitales, entre otros.

La diversidad de investigaciones apoya a contestar preguntas como: ¿cuántas tortugas hay? ¿sus poblaciones se están recuperando? ¿dónde viven? ¿qué comen? ¿dónde y cuándo se presentan sus mayores amenazas (pesca incidental, contaminación, cambio climático, pérdida de hábitats)?

Tortuga marina con transmisor satelital en el caparazón

Foto: Abigail Uribe

Sin embargo, a menudo estos datos residen en lugares dispersos, en formatos variados o no están disponibles para que generemos un conocimiento integrado.

Aquí es donde entra la propuesta de los datos FAIR (en inglés, *findable, accessible, interoperable & reusable*; en español, encontrable, accesible, interoperable y reutilizable) que se refiere a que los datos sean fáciles de encontrar, que sean interoperables, que se puedan reutilizar, pero sobre todo, que sean accesibles de forma abierta para que puedan integrarse y analizarse a gran escala.

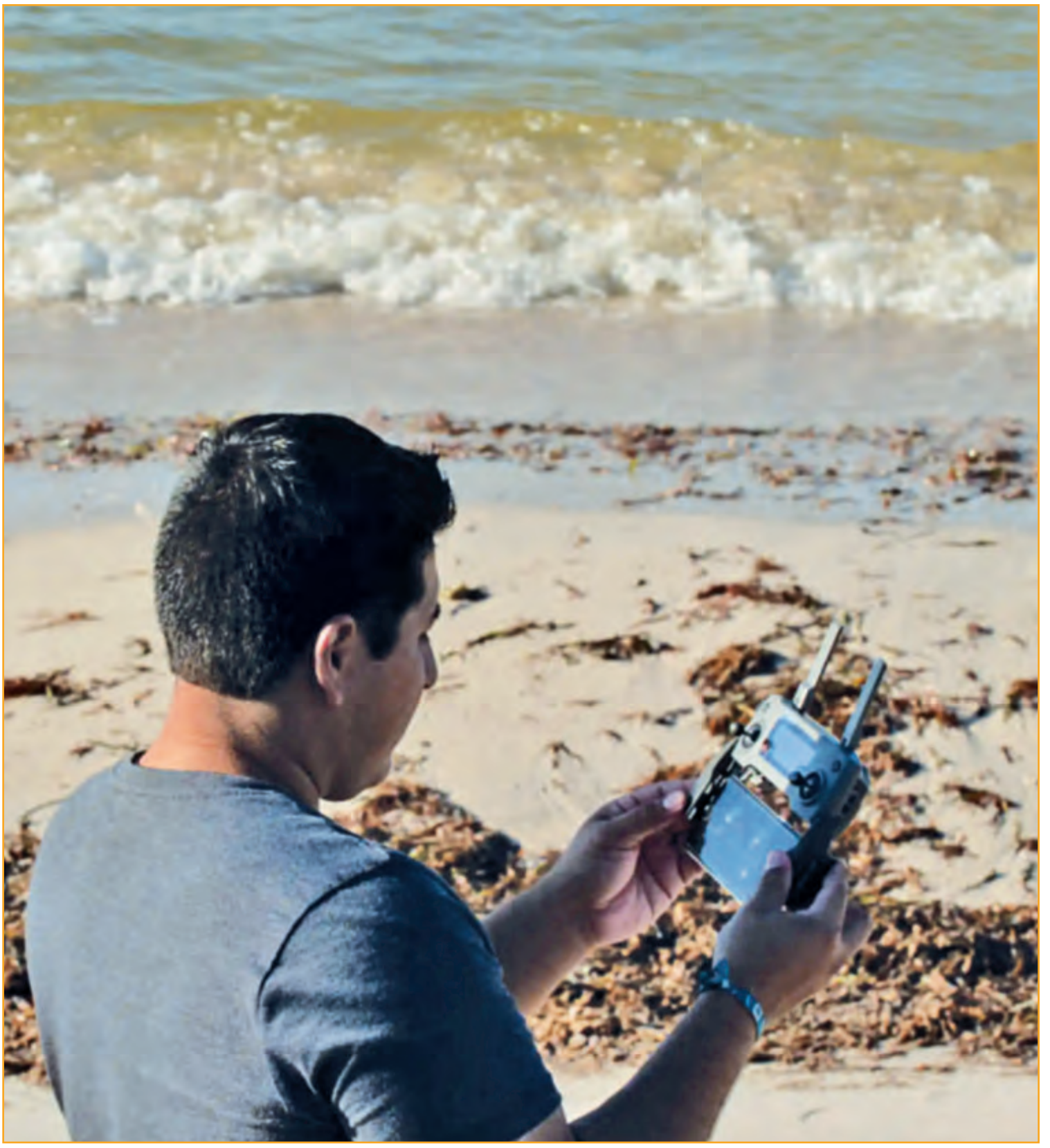
Con esto se propone un cambio de paradigma, un movimiento hacia una ciencia abierta y colaborativa que permita alcanzar el objetivo y bien mayor: la conservación de nuestra biodiversidad. La idea es que los datos de investigación y manejo, especialmente aquellos financiados con fondos públicos, deberían estar accesibles para todos.

Esto no se trata solo de publicar los resultados finales en un artículo científico, sino de hacer que los "datos brutos", también estén disponibles para que en conjunto generemos el conocimiento requerido para la sostenibilidad.

Pensemos en la cantidad de datos que se generan sobre tortugas marinas en todo el mundo: localizaciones de avistamientos, registros de nidos, datos genéticos, varamientos, temperaturas de playa, condición de los hábitats, entre muchos más.

Si toda esta información se conjuntara para entender tendencias y patrones a nivel global, todos tendríamos una visión mucho más completa del estado de conservación de las tortugas y sus amenazas.

Para que esto sea de verdadera utilidad, no basta con poner los datos en algún lugar, los datos, para ser FAIR, deben cumplir con ciertas características clave. Tienen que ser fácilmente encontrables por los motores de búsqueda que los hacen visibles a otros usuarios; deben ser accesibles; significa que se puedan obtener sin barreras innecesarias; deben ser interoperables, es decir, que sean entendidos e incorporados por diferentes sistemas operacionales (esto requiere usar formatos y estándares comunes), y, fundamental-



Las fotos en estas páginas son del archivo de los articulistas

mente, deben ser reutilizables, lo que implica que estén bien descritos (con sus metadatos, es decir, "los datos sobre los datos") y con licencias que especifiquen cómo pueden ser usados por terceros. ¡Esto no significa perder el derecho intelectual! Significa colaborar.

Este enfoque colaborativo es indispensable para un seguimiento efectivo de la condición de la biodiversidad a través de indicadores y variables esenciales a gran escala.

Para llegar a ese conocimiento se requieren datos de muchas fuentes, que abarquen grandes regiones y que se generen por un periodo largo. Por ejemplo, para el monitoreo de las amenazas en el mar se requiere integrar datos, no solo de los nidos y crías, sino de muchos años de las condiciones oceanográficas (temperatura, corrientes), contaminantes, cambios en los flujos de nutrientes, etcétera, lo que hace fundamental la reutilización de datos que se han generado incluso para otros fines.

En un ecosistema de información abierta se promueve la colaboración a través de compartir datos con licencias flexibles, pero sin perder la propiedad intelectual de ellos.

En estos ecosistemas participan muchos actores como universidades, instancias de gobierno, centros de investigación, museos, ONG que se encargan de generar datos, gestionarlos y preservarlos.

Los repositorios de datos especializados en biodiversidad son plataformas esenciales para almacenar, organizar y facilitar el acceso a estos conjuntos de datos. Actualmente existen ecosistemas a nivel global dedicados específicamente a estos datos, ya que aglomeran información de miles de proyectos, y tienen grandes avances en la operacionalización de los procesos de ingestión, depuración y almacenamiento de datos con estándares internacionales que permiten la interconectividad entre diversas plataformas.

En ese sentido, las revistas científicas pueden desempeñar un papel crucial al promover o alentar a los autores a depositar sus datos en repositorios públicos y a su vez, proveer espacios para la distribución adecuada de datos.

Un aliado importante en la recopilación de datos es la ciencia ciudadana. Esta alternativa permite aglomerar contribuciones valiosas de personas que no son parte de un proyecto de investigación, o simplemente que son apasionadas de la naturaleza.

Por ejemplo, los voluntarios que participan en censos de nidos, los buceadores que reportan avistamientos, o las personas que usan aplicaciones móviles para identificar fauna y flora. Estos datos, si se recogen de manera estructurada, pueden proporcionar una cobertura espacial y temporal que sería imposible de lograr solo con profesionales.

Esto es valioso para detectar eventos inusuales, la presencia de amenazas o determinar si hay un cambio en los patrones de distribución o migración. Para lograrlo es importante armonizar proyectos de ciencia ciudadana para que sean fácilmente utilizables. La ciencia ciudadana es un complemento valioso, no un reemplazo del trabajo científico.

A pesar de los claros beneficios, la cultura de compartir datos todavía enfrenta desafíos. Los investigadores suelen ser temerosos de que sus datos sean publicados por otros antes de que ellos mismos ha-

yan terminado su análisis, o temen que los datos sean malinterpretados o utilizados de forma incorrecta.

También puede haber preocupaciones sobre la propiedad intelectual o la protección de la privacidad si los datos contienen información sensible. A veces, simplemente falta el conocimiento sobre cómo preparar y depositar los datos correctamente, o faltan recursos técnicos y humanos en las instituciones para gestionar estos procesos.

Además, en muchos sistemas de evaluación académica, compartir datos aún no está tan reconocido o incentivado como publicar artículos.

Superar estas barreras es clave. Necesitamos fomentar una cultura de datos abiertos donde compartir se vea como una práctica normal y beneficiosa. Esto requiere incentivos (reconocimiento, citación de datos, mandatos de financiación), formación (cómo gestionar datos, usar repositorios, aplicar principios FAIR) y recursos (infraestructura tecnológica, personal de apoyo en las instituciones).

La meta de este esfuerzo es informar y mejorar la toma de decisiones. La conservación de las tortugas marinas no depende solo de la investigación, sino de acciones concretas: establecer áreas marinas protegidas efectivas, implementar regulaciones de pesca para reducir la captura incidental, desarrollar planes de gestión costera que protejan las playas de anidación, o diseñar políticas para combatir la contaminación plástica. Para que estas decisiones sean efectivas, deben basarse en la mejor información disponible.

Arriba: en espera de las arribazones. Abajo: la delicada colocación de un transmisor

Foto del archivo de los articulistas

La Jornada ecológica

Contexto socioambiental del monitoreo en agua de tortugas marinas

Brenda Sarahí Ramos-Rivera[1,2] y Agnesse Mancini[2]

[1]Doctorado en Ciencias Ambientales, Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero

[2]Grupo Tortuguero de las Californias, AC

Correo-e: sarahi.rr19@gmail.com

El Grupo Tortuguero Comcaac cuenta con un corral de incubación para proteger los nidos

Foto: Grupo Tortuguero Comcaac

El monitoreo de tortugas marinas en sus zonas de crecimiento y alimentación es un estudios muy importante, ya que permite:

- Recaudar datos sobre segmentos de las poblaciones de tortugas marinas (como por ejemplo machos adultos y juveniles) que no podemos ver en playas de anidación, en dónde solo se trabaja con hembras adultas anidadoras y crías de tortugas.
- Identificar sitios importantes en agua en donde se agregan las tortugas.
- Identificar y describir las poblaciones de tortugas marinas que los habitan.

Sin embargo, para tener éxito en estas actividades, es de suma importancia involucrar a los habitantes de cada comunidad, en particular pescadores y pescadoras, ya que ellos, al pasar todos los días en el mar, tienen el conocimiento de las áreas donde se encuentran las tortugas marinas.

En las comunidades costeras, la mayoría de los pescadores ribereños han interactuado con tortugas marinas en algún momento, ya sea que las hayan visto o hayan tenido pesca incidental en sus artes de pesca o incluso por la pesca dirigida.

Por eso, trabajar con los pescadores puede facilitar la identificación de áreas importantes de agregación de tortugas marinas. Además, nos permite identificar posibles amenazas y también evaluar el estado en que se encuentra cada población.

Cuando se reportan eventos de captura incidental, por ejemplo, es importante trabajar de la mano con el sector pesquero, en particular las personas que usan atarrayas, trasmallos, cimbras, ente otros, en sus faenas diarias para que estén capacitados para responder de manera adecuada a las incidencias que tengan con las diferentes especies de tortugas marinas.

El trabajo con el sector pesquero ribereño es complejo, en particular cuando se trata de reportar pesca incidental, debido al temor de ser reprendidos por las autoridades federales, ya que capturar tortugas marinas es un delito federal y las artes de pesca que se utilizan pueden tener capturas incidentales por ser poco selectivas.

Sin embargo, existen varios ejemplos en México, en donde el sector pesquero se ha ido integrando poco a poco en las actividades de monitoreo de tortugas marinas, participando activamente de la mano con grupos de investigación, y participando en capacitaciones y eventos de difusión.

Además, las capacitaciones constantes con expertos han permitido mejoras en las técnicas de manejo de tortugas marinas. El trabajo constante con grupos comunitarios, su participación activa y la convicción de resultados los ha motivado, ya que mediante su participación se va notando un cambio significativo tanto en su comunidad como en la población de tortugas marinas.

Algunos de estos cambios se reflejan en una disminución de captura incidental, en el uso de artes de pesca más selectivas, en la disminución de captura dirigida. Asimismo, estos esfuerzos contribuyen a que las poblaciones de tortugas marinas se recuperen y aumenten su número.

Estos resultados motivan a que los grupos tortugueros comunitarios continúen colaborando en los monitoreos, ya que no solo ayudan a preservar y conservar a las tortugas marinas, sino que estas actividades ayudan incluso a mejorar sus zonas pesqueras, por lo que se mantienen más saludables sus áreas de captura.

Para que esto vaya en aumento es importante cada vez que se pretenda realizar actividades en alguna zona costera, primero se debe interactuar con la comunidad residente, conocer su hábitos, usos y costumbres que incluyan a las tortugas marinas ya que ellos son los actores clave para que los monitoreos tengan éxito y conocer la población de tortugas marinas residentes.

Cristina Adonay Nieto-Lucero[1], José Pablo Morelos-Padilla[1], Tania Manarini[2] y Eduardo Cuevas[2]

[1]Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

[2]Doctorado en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

Correo-e: eduardo.cuevas@uabc.edu.mx

Las tortugas marinas son importantes, ¿qué se investiga sobre ellas?

Las tortugas marinas son especies clave en los ecosistemas marinos y costeros de México. Los esfuerzos de investigación científica sobre estas especies y sus hábitats son fundamentales para su protección, manejo y restauración, así como para apoyar a los tomadores de decisiones en proyectos relacionados con el desarrollo turístico, urbano, minería y vías de comunicación.

Las tortugas marinas ocupan un lugar importante en la cima de las redes tróficas marinas, lo que significa que influyen en numerosas especies y ecosistemas de niveles inferiores. Sus dietas varían según la especie, pero en general incluyen caracoles, pulpos, cangrejos, erizos de mar, langostas, medusas, peces, pastos marinos y macroalgas. Por otro lado, sus huevos y crías recién nacidas son alimento para cangrejos, hormigas, iguanas, mapaches, aves marinas y peces.

Las tortugas marinas también brindan múltiples beneficios a los ecosistemas y a las comunidades costeras. Por ejemplo, al depositar sus nidos en playas arenosas, contribuyen con nutrientes que fertilizan el entorno. Además, promueven la salud de las praderas de pastos marinos, lo que ayuda a estabilizar las playas y protegerlas de fenómenos meteorológicos.

Asimismo, regulan las comunidades de esponjas en los arrecifes, fundamentales para actividades pesqueras y turísticas. Restaurar las poblaciones de tortugas marinas fortalece la resiliencia y funcionalidad de ecosistemas completos.

Cuando las poblaciones de tortugas no alcanzan el tamaño adecuado, los ecosistemas sufren efectos negativos en cadena que impactan también el bienestar humano en las zonas costeras. Esto nos ayuda a comprender lo complejo y frágil de los ecosistemas marinos y el papel fundamental de las tortugas en su equilibrio.

Dada la importancia de las tortugas marinas y su vulnerabilidad, en México se consideran "especies prioritarias para la conservación". Además, al ser especies sombrilla, su protección también beneficia a otros organismos con los que comparten hábitats, como moluscos, crustáceos, aves marinas y vegetación costera.

La conservación de sus hábitats maximiza los beneficios ecológicos, sociales y económicos, incluyendo el desarrollo de proyectos turísticos responsables que fortalecen la economía local y sensibilizan sobre la fragilidad de estos ecosistemas.

Para conocer el enfoque de los estudios científicos realizados en el país, se revisaron 187 artículos a través de la Biblioteca de la Universidad Autónoma de Baja California.

La mayoría de los estudios se centraron en la tortuga verde (*Chelonia mydas*), seguida de la golfina (*Lepidochelys olivacea*), la caguama (*Caretta caretta*), la carey (*Eretmochelys imbricata*), la lora (*L. kempii*) y la laúd (*Dermochelys coriacea*).

Los temas principales fueron especies en peligro, ecología, conservación, pesca incidental y salud. Recientemente, los estudios se han enfocado en áreas de alimentación, telemetría satelital y varamientos.

Esta investigación es parte del curso "Técnicas de investigación y monitoreo de tortugas marinas" del Instituto de Investigaciones Oceanológicas y la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California.

Foto: Sandra Gallegos

La tecnología utilizada a favor de la vida

Foto del archivo de los articulistas

Su objetivo es identificar temáticas abordadas en México y explorar el potencial de análisis más profundos que fomenten el acceso abierto a la información técnica y científica.

En definitiva, conservar las tortugas marinas no solo es una responsabilidad ética y ambiental, sino también una estrategia clave para mantener la salud de los ecosistemas marinos y costeros, de los cuales dependen tanto la biodiversidad como las comunidades humanas.

La investigación científica desempeña un papel fundamental al proporcionar información sólida y actualizada que permite tomar decisiones informadas para restaurar poblaciones en peligro.

Para maximizar el impacto positivo de estos esfuerzos comunitarios es esencial que la información generada cumpla con los principios FAIR (encontrable, accesible, interoperable y reutilizable), ya que solamente así podremos garantizar que los conocimientos adquiridos y acumulados se apliquen eficazmente en políticas y acciones de conservación.

La Jornada ecológica

Modelo de éxito en la conservación y educación desde la industria privada

Omar García Millán, Rebeca Martínez Ortiz y Antonio Ortiz Hernández
Fundación Palace, IAP
Correo-e: ogarcia@fundacionpalace.org

En los últimos años, se ha demostrado que la industria privada tiene un papel fundamental en la construcción de un futuro más sostenible, no solo como proveedora del financiamiento, sino como participante en la implementación de soluciones ambientales con impacto social y educativo.

Esto ha impulsado a las empresas a adoptar una visión más amplia de su papel en la sociedad, integrando la conservación y la educación ambiental dentro de sus propios modelos de operación.

Es así como The Palace Company (TPC), empresa consolidada, líder en el sector turístico en México se comprometió a través de la estrategia Ambiental Earth Inclusive a la conservación de los recursos naturales y la diversidad biológica.

Al iniciar operaciones en sus propiedades en Cancún, observaron la presencia de tortugas marinas en las playas frente a sus hoteles, lo que los incentivó a tomar medidas para proteger a estas especies y su hábitat.

Por ello, en el año 2006, a través de Fundación Palace Resorts, IAP, implementaron el proyecto "Programa integral de conservación de tortugas marinas (PICTM)", en beneficio de las cuatro especies de tortugas que anidan en Cancún y Riviera Maya, Quintana Roo, en un inicio con el objetivo de contribuir al restablecimiento de las poblaciones de estas especies por medio de la protección, conservación, capacitación y educación ambiental.

Aunque el eje primordial es la protección de las tortugas marinas, través de acciones concretas como el monitoreo de playas, la reubicación de nidos y la pro-

Fotos del archivo de los articulistas

tección de crías, su verdadero valor radica en el enfoque integral con el que ha sido creado: no solo se centra en lo operativo, sino que también busca enseñar, sensibilizar y promover la participación de colaboradores, sus familias, huéspedes y público en general, sobre la importancia de estas especies, de su entorno y las problemáticas que presentan; esto, a través de talleres, cursos, pláticas, visitas educativas, recorridos nocturnos y liberaciones de crías, generando una conciencia ambiental que fortalece el compromiso del sector turístico y social con la conservación.

Originalmente, el programa no fue concebido como un centro de investigación; sin embargo, a lo largo de los años han surgido diversos proyectos científicos para responder a las preguntas que se generan durante el monitoreo en playa y el análisis de resultados.

Estos proyectos se han consolidado con el tiempo y han servido de base para retroalimentar y fortalecer al propio programa.

Como resultado se han establecido alianzas con universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma del Carmen (Unacar) en Campeche, la Universidad del Caribe (Unicaribe) y la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach); así como con centros de investigación como el CINVESTAV, instituciones públicas como el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, y organizaciones de la sociedad civil como Pronatura Península de Yucatán.

La información que se genera en el programa ha sido compartida a nivel local, nacional e internacional, así como plasmada en publicaciones científicas.

A través de estas colaboraciones se han desarrollado investigaciones que han contribuido significativamente al conocimiento científico de la especie.

En este mismo sentido, y como parte del compromiso del programa con la formación académica y la generación de nuevo conocimiento, el PICTM ha recibido a más de 200 voluntarios, 150 servicios sociales y numerosos estudiantes de distintas universidades, a los cuales se les ha brindado apoyo para el desarrollo de sus proyectos de tesis, siempre con la orientación y respaldo de los técnicos y coordinadores. Como resultado se han obtenido cinco trabajos de tesis de licenciatura.

La divulgación de los resultados e investigaciones obtenidas que cada año se generan en el programa es una responsabilidad de todo aquel que de manera directa o indirecta genera investigación; es por esto que se ha participado en diferentes foros, congresos y reuniones, esto con la finalidad de compartir y recibir una retroalimentación por parte de los diferentes sectores relacionados con la conservación y protección de las tortugas marinas, buscando siempre ampliar el conocimiento adquirido.

La información que se genera en el programa ha sido compartida a nivel local, nacional e internacional, así como plasmada en publicaciones científicas.

Estos logros en materia de divulgación van de la mano con los avances en campo. A 19 años de su implementación se han protegido un total de 26 mil 797 nidos, 3 millones 068 mil 238 huevos y 2 millones 473 mil 945 crías de las cuatro especies que anidan en el estado.

A través de proyectos de investigación, como fotoidentificación y marcaje, hemos logrado identificar a 2 mil 708 individuos de tortuga blanca, 36 de tortuga caguama y cuatro de carey.

Este 2025, en el marco de su vigésimo aniversario, el programa celebra dos décadas de operación ininterrumpida, impulsado desde el sector turístico por TPC, quien ha logrado establecer una sinergia entre la conservación biológica, la educación ambiental y el turismo sostenible consolidándolo como un referente de responsabilidad empresarial con el medio ambiente, caracterizado por una estructura sólida, integral y con resultados concretos y tangibles.

La Jornada ecológica

Tania Manarini[1], Aldo Guevara-Carrizales[1,2], Ricardo Cavieses-Núñez[3,4] y Eduardo Cuevas[1,3,5]

[1]Doctorado en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
[2]Facultad de Ciencias, UABC
[3]Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
[4]Estancias Posdoctorales SECIHTI
[5]Laboratorio Nacional CONAHCYT de Biología del Cambio Climático

Correo-e: tania.manarini@uabc.edu.mx

Entre el instinto y la amenaza: *trampas ecológicas* para tortugas marinas

Las *trampas ecológicas* son un problema que está recibiendo cada vez más atención por parte de la comunidad científica. Los animales dependen de diversas señales físicas, químicas y biológicas de su entorno para identificar los hábitats con las condiciones óptimas para su supervivencia.

Sin embargo, cuando interpretan erróneamente estas señales y eligen un sitio aparentemente adecuado para funciones vitales –como alimentarse o anidar–, pero que en realidad presenta condiciones desfavorables que no pudieron percibir se enfrentan a lo que se conoce como una trampa ecológica.

Este fenómeno, difícil de detectar a simple vista, puede reducir drásticamente su éxito reproductivo y afectar su supervivencia, convirtiéndose en una amenaza silenciosa con profundas implicaciones ecológicas.

¿Qué causa los cambios en los hábitats? En la mayoría de los casos se deben, directa o indirectamente, por actividades humanas como la urbanización, efectos del cambio climático, e incluso la modificación del hábitat por un manejo para restaurar o mitigar otros impactos.

Las tortugas marinas han evolucionado adaptándose a cambios naturales en sus hábitats, pero la velocidad de los cambios provocados por el hombre es más rápida que su capacidad de adaptación, lo que les provoca impactos severos, degradando e incluso destruyendo sus hábitats críticos para cumplir su ciclo de vida.

Algunas de las características de las tortugas marinas que las hacen especialmente susceptibles a encontrarse en una trampa ecológica son: su fidelidad a una misma región de playa para anidar (filopatría), no tienen cuidado parental de sus crías, alcanzan la madurez sexual después de los 15 años (implica un reclutamiento lento de nuevas generaciones), dependen de señales ambientales para elegir los sitios que ocupan, entre otras.

Por un lado, el mar por; el otro, la carretera y en medio vemos la ubicación de un nido

Foto del archivo de los articulistas

Entre las trampas ecológicas más documentadas se encuentran las playas artificiales, que pueden parecer hábitats óptimos para la anidación, pero en realidad pueden tener condiciones subóptimas.

La iluminación artificial en playas desorienta a las crías recién emergidas, mientras que las estructuras rígidas instaladas en las playas y dunas costeras alteran las condiciones naturales del hábitat bloqueando rutas de anidación y afectando la incubación de los huevos.

Además, los cambios en la temperatura del océano pueden modificar los patrones de

Zona de anidación al borde de la carretera que se ve al fondo

Fotos del archivo de los articulistas

migración y las áreas de alimentación y reproducción de diversas especies.

De manera contradictoria, algunas de estas trampas han surgido a partir de proyectos diseñados para restaurar segmentos de playa o proteger infraestructura pública, como edificios y carreteras.

Un ejemplo de trampa ecológica que se ha estado evaluando desde hace algunos años ocurre en el Santuario Playa de Chenkan, en Campeche, la cual es un área natural protegida con categoría de santuario, es un sitio Ramsar y es hogar de tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) y verde (*Chelonia mydas*).

Esta playa tiene una alta presión por erosión costera y por la carretera federal 180 que es la principal vía de acceso por tierra a la península de Yucatán. Esta carretera impide el movimiento natural de avance y retroceso de la playa, lo que ha exacerbado la erosión y puesto en riesgo la carretera.

Ante esto se realizan acciones para su protección, instalando estructuras rígidas que protejan la carretera de la acción del mar y las tormentas anuales, lo que provoca alteraciones severas en este ecosistema.

Entre las estructuras se encuentran los gaviones y paredes de piedra que en algunas ocasiones sí permiten que se mantenga algún remanente de playa, con menos de un metro de anchura y con alto riesgo de inundación, y en sus extremos también puede acumularse sedimento y se convierte en una rampa de acceso de la playa a la carretera.

La situación de trampa que se configura ocurre cuando una tortuga se acerca a esta playa para anidar, una de las primeras señales que identifica es la silueta de la vegetación de manglar que se encuentra detrás de la duna e incluso de la carretera federal (la cual es imposible que perciba desde su perspectiva a nivel de suelo en la zona donde rompen las olas).

Una vez en la playa con las estructuras rígidas, si la marea era baja, la hembra percibe que sí existe un área para anidar, más angosta de lo que recordaba y tal vez algo más húmeda, pero no al grado de indicarle que la condición sea peligrosa para ella o sus crías.

La hembra sale a anidar en esa zona donde ha anidado por décadas, y con alguna dificultad logra depositar su nidada. Desorientada por las luces de la carretera se dirige en sentido opuesto al mar, topa con la pared de piedra, pero la sigue y encuentra una rampa arenosa que le permite seguir avanzando, la sube, y al cruzarla se encuentra en un ambiente totalmente hostil y desconocido, la carretera federal.

Intenta retornar a la playa, pero no encuentra de nuevo el acceso, y para su infortunio, uno de los cientos de tráileres que cruzan a exceso de velocidad la atropella.

Su nidada, con el siguiente ciclo de marea, es inundada porque la playa que aún percibía como mínimamente suficiente para anidar se encontraba a una altura menor sobre el nivel medio del mar a la altura original, pero no lo percibió.

Estas pérdidas dramáticas de la hembra y su nidada representan una pérdida significativa para su población, sobre todo cuando consideramos que en los últimos tres años en esta zona han sido atropelladas más de 30 tortugas marinas.

¿Cómo asegurar que los esfuerzos de restauración y manejo costero no generen efectos negativos en especies y hábitats? Es fundamental saber y reconocer que las trampas ecológicas se configuran sin intención, por lo que un enfoque sistémico, participativo y adaptativo, se espera ayude a disminuir el riesgo de provocarlas.

La colaboración con tomadores de decisiones y expertos en ecología y conser-

vación en la planificación de proyectos de infraestructura y restauración también se espera que ayudará a evitar impactos negativos sobre la fauna, así como la participación de comunidades costeras aportará conocimiento local histórico sobre la configuración original de los ecosistemas.

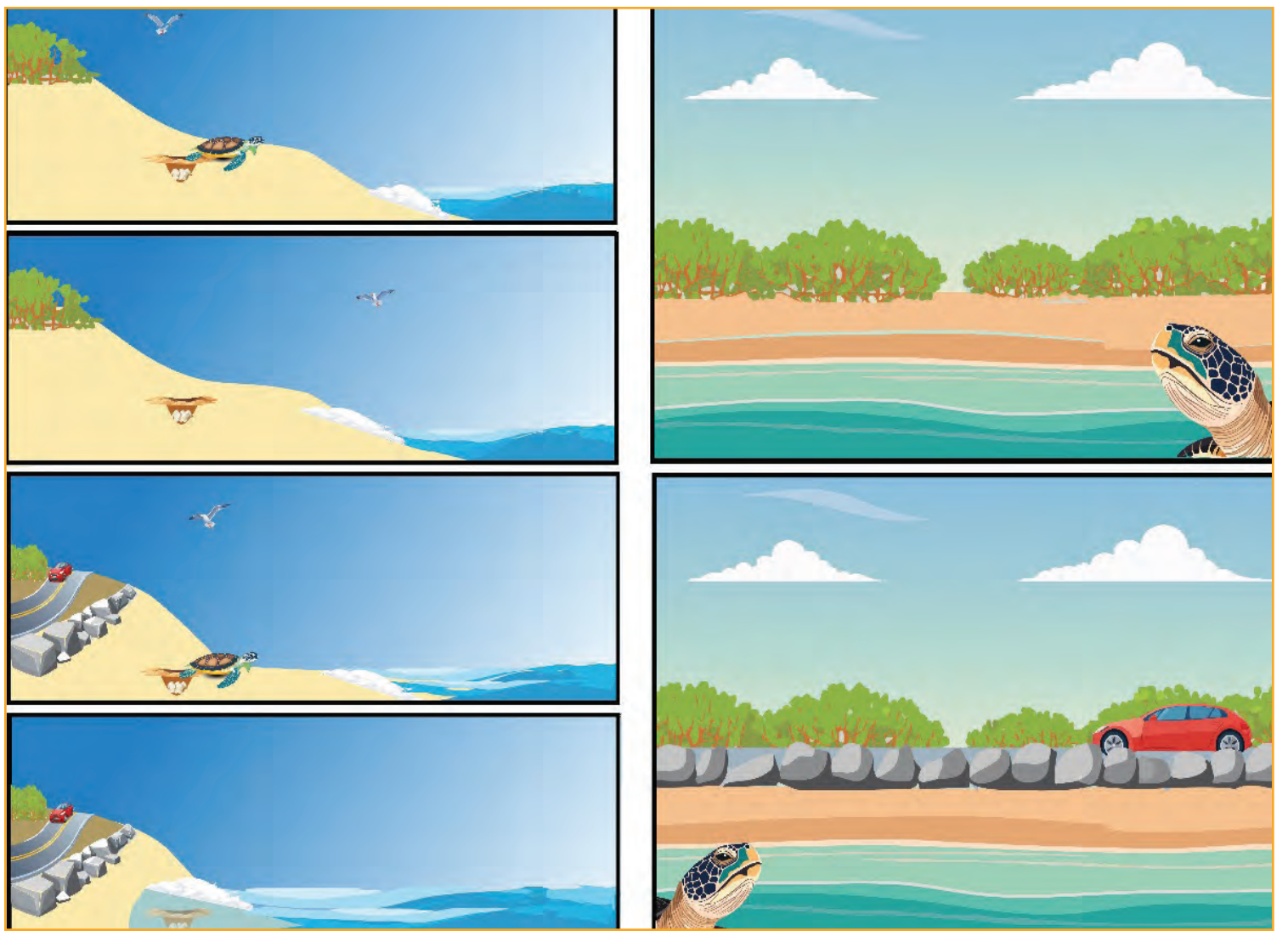
Además de la interdisciplina en la planeación e implementación de los proyectos de infraestructura y su mantenimiento, es fundamental implementar monitoreos sistemáticos para en su caso identificar impactos negativos, incluyendo trampas ecológicas, y facilitar el manejo adaptativo.

Las trampas ecológicas nos muestran que el manejo de los ecosistemas es complejo, y requiere atención para que sus beneficios sean mayores que sus potenciales impactos negativos, y evitar efectos negativos imprevistos en el mediano y largo plazo.

Cada decisión que tomamos al modificar los ecosistemas puede provocar consecuencias inesperadas que afectan gravemente a la fauna silvestre, y para reducir estos riesgos necesitamos un monitoreo sistemático para la adaptación de estrategias.

Comprender cómo se generan estas trampas es el primer paso para prevenirlas, y solo con un enfoque integral, basado en la ciencia y la participación de las comunidades locales, podremos asegurar que las tortugas marinas sigan nadando en los océanos por muchas generaciones.

Las tortugas marinas han sobrevivido grandes cambios a lo largo de la historia, pero su futuro ahora depende de nuestras acciones.



La Jornada ecológica

Lo que nos dice el ADN de las tortugas marinas

Elizabeth Labastida-Estrada
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Mazatlán, Sinaloa, México
Correo-e: elli.labastida@gmail.com

Imaginemos que acabamos de comprar un celular de última generación. Lo abrimos, buscamos los cables y justo cuando vamos a conectarlo a la corriente eléctrica para empezar a usarlo cae del empaque un pequeño manual con todas las instrucciones de su funcionamiento.

¡Queremos usar nuestro teléfono de inmediato! Pero sabemos que si leemos cuidadosamente el manual descubriremos funciones que podríamos pasar por alto.

Así como cualquier dispositivo moderno, todos los seres vivos contamos con un extenso manual de instrucciones almacenado en nuestro ADN.

¿Qué es el ADN y por qué es importante?

El ADN o ácido desoxirribonucleico es una molécula presente en todas las células de los seres vivos. Su función principal es almacenar la información genética y dar instrucciones para producir proteínas, que son esenciales para construir y mantener el funcionamiento de las células, los tejidos y del organismo en general.

Además, el ADN es el encargado de transmitir la información hereditaria de una generación a otra. En los organismos eucariontes –como plantas y animales– el ADN se encuentra en el núcleo celular, así como en organelos como las mitocondrias, y en el caso de las plantas, también en los cloroplastos.

¿Qué información ha revelado el ADN de las tortugas?

El conjunto completo de instrucciones genéticas que contiene el ADN se llama genoma. Dentro de él existen segmentos llamados genes, que son las unidades básicas para almacenar y transmitir la información hereditaria. Los estudios genéticos analizan estos genes y sus variaciones entre individuos y poblaciones.

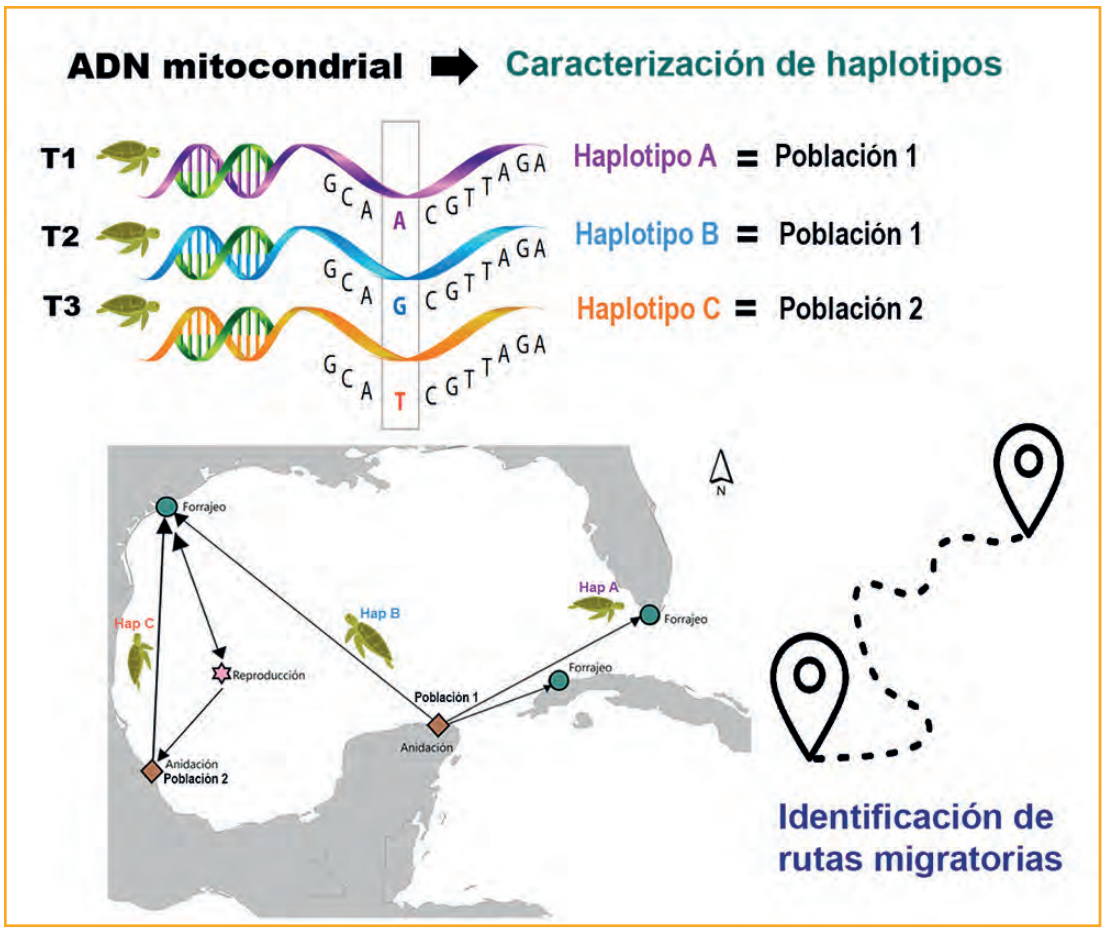
El primer paso para realizar este tipo de estudios es obtener una muestra de tejido, como sangre, pelo o piel. En el caso de las tortugas marinas se recolectan pequeñas muestras de piel de las aletas, sangre o incluso tejido del caparazón.

En el laboratorio se extrae el ADN de las células y, mediante técnicas especializadas, se analizan fragmentos de genes, genes completos o incluso el genoma completo.

Gracias a los avances en genética, hoy contamos con una valiosa herramienta para conocer mejor a estas especies, a pesar de que pasan la mayor parte de su vida en mar abierto, lejos del alcance humano, lo que dificulta estudiarlas directamente en vida libre. A través de los estudios genéticos se ha logrado obtener información clave sobre diversos aspectos, tales como:

Monitoreo de colonias de anidación

Todas las especies de tortugas marinas presentan filopatría natal, esto quiere decir que las hembras regresan a la misma playa donde nacieron para anidar. Este comportamiento da lugar a colonias reproductivas que se diferencian entre sí geográficamente.



Aunque estas diferencias no siempre son visibles, el ADN mitocondrial –heredado solo por vía materna– permite identificarlas mediante firmas genéticas llamadas haplotipos. Esta información ha sido fundamental para definir unidades de manejo y priorizar las acciones de conservación.

Por otro lado, el análisis del ADN nuclear, que refleja la información genética de ambos padres, ha revelado que la paternidad múltiple es común en todas las especies de tortugas marinas.

En nidos de tortuga golfina en la costa de Oaxaca, por ejemplo, se han identificado hasta siete padres en una sola nidada. Estos hallazgos han permitido inferir estrategias reproductivas y, mediante el seguimiento genético de crías y hembras, obtener información poblacional sobre los machos, quienes rara vez son observados o monitoreados en estado silvestre.

Conectividad entre hábitats críticos

El ADN mitocondrial también ha servido para estudiar las zonas de alimentación costeras. Una vez identificados los haplotipos característicos de cada colonia de anidación, es posible rastrear el origen de los individuos que integran las agregaciones juveniles en áreas de forrajeo.

Así se ha comprobado que estos grupos de alimentación están formados por tortugas de diferentes colonias, incluso de regiones geográficamente distantes. Estos estudios se complementan con modelos de corrientes marinas y simulaciones oceanográficas, permitiendo inferir

corredores utilizados por las tortugas.

Esta información es crucial para identificar amenazas a lo largo de su vida. Por ejemplo, investigaciones en el Golfo de México y el Mediterráneo han demostrado que la pesca incidental representa un riesgo importante en estos corredores migratorios, especialmente para la tortuga caguama.

Monitoreo de la salud de las tortugas

Al igual que las pruebas moleculares utilizadas durante la pandemia de Covid-19 para detectar el virus SARS-CoV-2, se han empleado herramientas genéticas para identificar patógenos –bacterias, virus, hongos y parásitos– que afectan a las tortugas marinas.

Desde los años 80, la fibropapilomatosis ha sido la enfermedad infecciosa más prevalente en estas especies. Se caracteriza por la aparición de tumores internos y externos, y es causada por un virus conocido como alfa herpesvirus quelónido 5 (ChAHV5).

A través del análisis de fragmentos de ADN viral se han investigado rutas de contagio entre poblaciones, incluso detectando el virus en individuos que parecen estar sanos, es decir, sin tumores visibles.

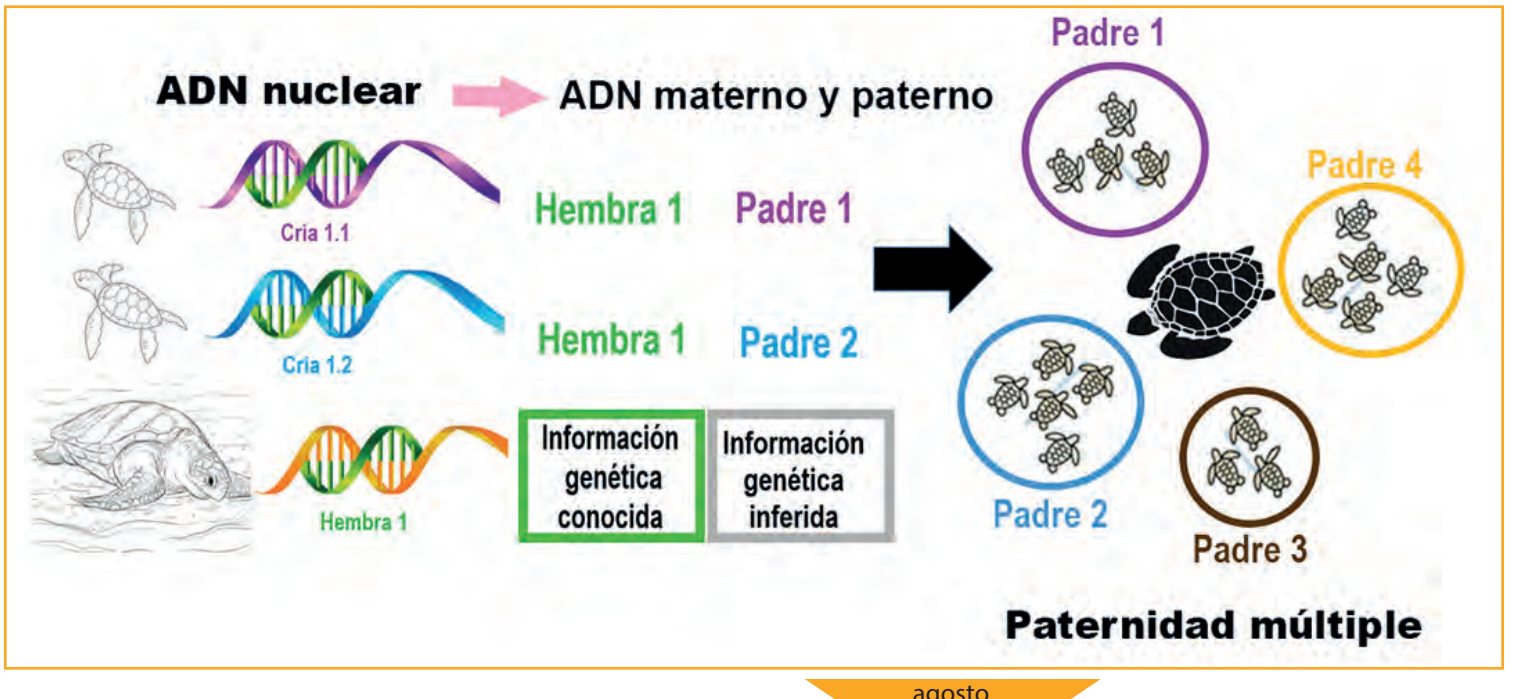
Además se han identificado otros virus, como el papilomavirus y el tornovirus, en muestras tumorales de tortugas afectadas, lo que sugiere que la interacción entre múltiples patógenos podría influir en la manifestación de la enfermedad.

El ADN es mucho más que una molécula microscópica: es una herramienta poderosa para descifrar la biología, comportamiento y amenazas que enfrentan las tortugas marinas.

Gracias a la genética, hoy sabemos cómo se conectan sus hábitats, cuántos padres pueden tener sus crías y qué enfermedades las afectan. Esta información ha transformado la manera en que se diseñan los planes de conservación.

Para proteger a las tortugas marinas hay que comprenderlas a fondo, y el ADN nos da las claves para hacerlo.

***Foto del archivo de Calderón* et al.**



La Jornada ecológica

Vicente Guzmán-Hernández[1], Patricia Huerta-Rodríguez[1] y Eduardo Cuevas[2]

[1]Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

[2]Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California

Correo-e: guzman.vicente@gmail.com

Innovación y cambio en la conservación de tortugas marinas en México

A lo largo de la historia, la necesidad de contar con inventarios de alimentos y monitorear el crecimiento poblacional surgió como una estrategia para la toma de decisiones dirigidas a la supervivencia en y de diversas sociedades.

Los gobiernos buscaban conocer sus reservas alimentarias para, junto con los censos poblacionales, planificar estrategias que contribuyeran a prevenir situaciones extremas como las hambrunas.

De manera similar, el ser humano ha trabajado en censar y conocer la enorme diversidad natural de nuestro planeta. Esta gran variedad de biomas que conforman la biosfera alberga numerosas poblaciones de fauna silvestre.

Estas han sido muestreadas –y en el mejor de los casos censadas– con el objetivo de mantener el equilibrio ecológico de los ecosistemas marinos, dulceacuícolas y terrestres, los cuales están estrechamente conectados. El bienestar de muchas sociedades depende directamente de la buena condición de estos ecosistemas.

Algunos elementos de estos entornos han sido categorizados como especiales y clave, ya sea por su carisma, su conexión con identidades socio-culturales (especies bandera), su función como indicadores de la salud de sus hábitats o porque son especies sombrilla, cuyo impacto positivo o negativo afecta también a otras especies y al entorno compartido.

Las tortugas marinas como especies clave:

Las tortugas marinas reúnen muchas de estas características clave. Su historia natural les otorga un papel significativo en la conservación, y tras más de 50 años de esfuerzos, han demostrado una notable capacidad de resiliencia cuando se les brindan las condiciones adecuadas.

Durante décadas, estas especies fueron consideradas recursos pesqueros vitales a nivel mundial, lo que provocó un grave descenso en sus poblaciones debido a la sobreexplotación, llevándolas al borde de la extinción.

En la actualidad, se mantienen esfuerzos continuos para proteger y restaurar sus poblaciones y hábitats, promoviendo el uso de datos históricos sobre su biología y ecología como herramientas para entender los servicios ambientales que ofrecen tanto al entor-

Foto del archivo de los articulistas

La adopción de nuevas tecnologías disponibles permite contar con información de alta calidad en tiempo real, lo que sin duda fortalecerá el conocimiento sobre las tortugas marinas y su conservación.

no como a las comunidades humanas costeras.

Monitoreo y recuperación

El monitoreo de tortugas marinas en playas de anidación ha sido fundamental para evaluar tendencias poblacionales. Estos estudios, basados en criterios científicos de largo plazo, han demostrado claros signos de recuperación en la última década, lo que ha generado nuevos desafíos y cambios de paradigma en las estrategias de conservación.

Un ejemplo destacado es el caso de la tortuga verde, prieta o blanca (*Chelonia mydas*). Desde inicios de la década de 2010 se registró un aumento significativo en el número de nidadas en México, pasando de unas pocas centenas a más de 7 mil o incluso 10 mil por año en algunos sitios.

Este crecimiento exponencial requirió un replanteamiento en el monitoreo y conservación a nivel nacional, desarrollando nuevas metodologías de campo sin comprometer la calidad de los datos recolectados.

La tecnología como aliada en la conservación

En este contexto, la incorporación de nuevas tecnologías se vuelve esencial para el monitoreo eficiente. El uso de herramientas avanzadas como rastreadores satelitales, drones y sistemas de información geográfica (SIG) interactivos permite una recopilación de datos más ágil y precisa, facilitando su análisis en tiempo real. Esto posibilita ofrecer información clara y oportuna a los tomadores de decisiones.

Foto: Marlenne Vázquez

La optimización de recursos –tiempo, dinero, esfuerzo y personal– es fundamental para mantener la eficiencia sin sacrificar la precisión de la información. Por ello, es crucial redefinir claramente los objetivos de conservación y establecer indicadores específicos que orienten la toma de decisiones.

Cambios de paradigma y el papel de la tecnología

El monitoreo tradicional, basado en métodos manuales, está evolucionando hacia enfoques integrados con tecnología avanzada. La aplicación de drones, imágenes satelitales, sistemas de información geográfica (SIG) y tecnologías de comunicación como la telemetría y el "internet de las cosas" para formularios de campo es particularmente relevante en programas consolidados como el de las tortugas marinas en México.

Es importante que la comunidad involucrada reflexione sobre la "cadena de valor" de los datos: desde su obtención en campo hasta la creación de productos útiles para el usuario final.

Este enfoque garantiza que la información conserve su valor estratégico y contribuye al mantenimiento de los esfuerzos de conservación que llevan más de cinco décadas en México y países vecinos, considerando la conectividad ecológica entre regiones.

La adopción de nuevas tecnologías disponibles permite contar con información de alta calidad en tiempo real, lo que sin duda fortalecerá el conocimiento sobre las tortugas marinas y su conservación.

La Jornada ecológica

José Flavio González Meljem[1] y Maribel Escobedo Mondragón[1,2]

[1]Yucatec, Diving, and Conservation, SA de CV

[2]Departamento de Etología, Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

Correo-e: produccion.almasdearena@gmail.com

Cine que deja huella en la arena y en la conciencia

Vivimos en una era en la que el conocimiento avanza con vértigo, pero no siempre logra transformar nuestra manera de habitar el mundo. Cada nuevo dato, cada avance científico, cada imagen transmitida a través de la red parecen diluirse en una corriente incesante que apenas roza la conciencia colectiva.

En este contexto, el cine documental no irrumpe: resiste. Permanece como uno de los pocos lenguajes capaces de entrelazar conocimiento y emoción, razón y memoria.

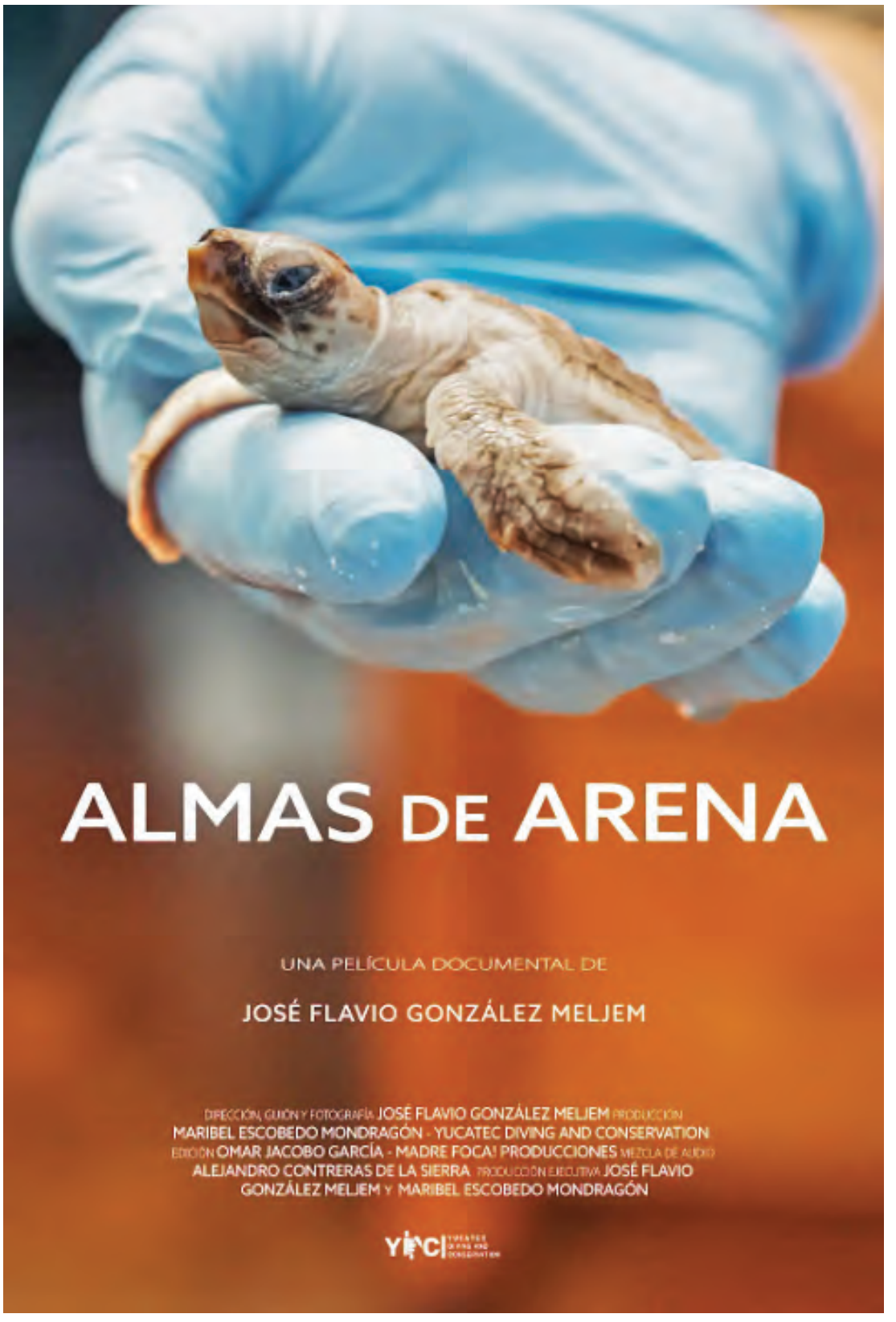
Durante tres años, caminamos las playas de México con la certeza de que contar una historia no era suficiente: había que encontrar la forma de mirar sin invadir, de comprender sin simplificar.

El documental *Almas de arena* nació para confrontar una pregunta que nos acompañó durante todo el rodaje: ¿cómo sostener la vocación de quienes dedican su vida a conservar, incluso cuando el mundo elige, una y otra vez, olvidar su propia dependencia de la vida que la naturaleza sostiene?

La ciencia da forma a la conservación; el cine, a su vez, puede darle una voz que atraviese el olvido. Donde el artículo científico describe, el documental permite sentir; donde la estadística enumera pérdidas, la imagen devuelve rostros, manos, territorios.

No pretende ofrecer certezas, sino exponer las huellas de nuestras elecciones sobre aquello que aún luchamos por sostener. Detrás de cada imagen que conmueve persiste un tejido de conocimientos que rara vez se ve.

Cada protocolo, cada dato de campo, cada decisión en la playa tiene un sustento silencioso: la ciencia. Sin ella, el relato sería intuición; con ella, puede convertirse en testimonio. El cine, en este camino, no reemplaza al conocimiento: lo acompaña, lo amplifica, lo humaniza.



Fotos del archivo de los documentalistas

Nuestra experiencia filmando *Almas de arena* nos llevó a recorrer más de cincuenta locaciones a lo largo de la península de Yucatán, Oaxaca y el Valle de México. No encontramos playas intactas. Encontramos paisajes donde la belleza resiste entre fracturas; donde lo que parecía continuidad revelaba apenas vestigios de lo que fue. Conservar ya no es preservar lo prístino: es proteger lo que sobrevive a pesar del abandono.

El monitoreo de playas de anidación no es una simple labor de registro. Es habitar un territorio donde cada acción puede decidir entre la persistencia o el silencio. Donde la soledad, la incertidumbre y la escasez acompañan decisiones que no solo afectan nidos, sino también la vida de quienes los defienden.

Muchos de esos gestos de resistencia permanecen invisibles. Pero son ellos, los tortugueros, los que permiten que, cada año, miles de crías alcancen el mar. No basta con registrar datos: es necesario narrar las vidas que hacen posible la continuidad.

Almas de arena no se detiene en la contemplación de la naturaleza: se adentra en el pulso humano que la sostiene. En un tiempo donde la conservación se ofrece como postal o como consigna, elegimos mostrar la fatiga, la renuncia y la fe de quienes entienden que amar a la naturaleza es también confrontar su vulnerabilidad –y la nuestra.

Aunque *Almas de arena* se centra en México, sus ecos atraviesan fronteras. La presión turística, la contaminación marina, el saqueo y la crisis climática no son heridas locales, sino síntomas de un deterioro que no reconoce fronteras.

La dificultad no estuvo en capturar momentos extraor-

Tal vez, al sostener la mirada sobre lo que está en riesgo, podamos reconocer la magnitud de lo que hemos perdido, y decidir, aunque sea tarde, a qué todavía estamos dispuestos a responder.

dinarios, sino en sostener la mirada cuando lo que teníamos delante era la rápida desaparición de aquello que alguna vez fue abundante.

El cine documental no busca dar respuestas, sino preservar las preguntas que la prisa del mundo intenta enterrar. Filmamos porque olvidar sería una forma de renunciar. Cada cría que alcanza el mar, cada rastro que se borra en la arena, cada tortuga que deja su nido es un acto mínimo de resistencia contra el olvido.

Tal vez, al sostener la mirada sobre lo que está en riesgo, podamos reconocer la magnitud de lo que hemos perdido, y decidir, aunque sea tarde, a qué todavía estamos dispuestos a responder. Cuidar es sostener la ruina, sabiendo que en ella persiste aún la semilla de todo lo que sí importa.

La Jornada ecológica

Luis Manuel Cebrero-Manzano[1], Brenda Sarahí Ramos-Rivera[2,3] y Agnesse Mancini[3]

[1]Maestría en Recursos Naturales y Ecología, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero

[2]Doctorado en Ciencias Ambientales, Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero

[3]Grupo Tortuguero de las Californias AC

Correo-e: tortugueros.gro@gmail.com

Los drones como herramienta para el monitoreo de las tortugas marinas

A través del paso de los años, la tecnología se actualiza constantemente, así como las técnicas para el monitoreo de diferentes especies y las investigaciones académicas.

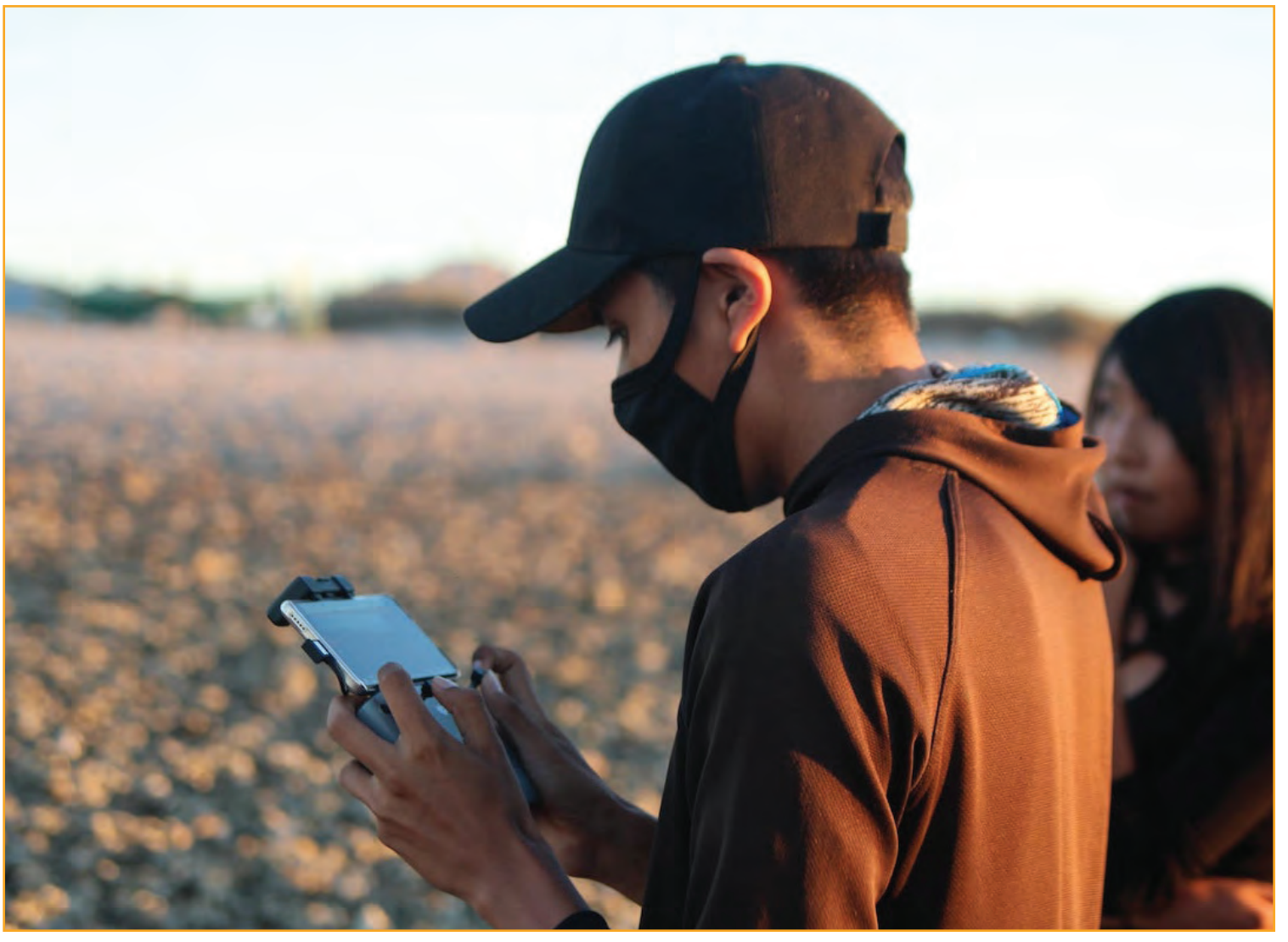
Actualmente, ha incrementado el uso de los sistemas de información geográfica (SIG), ya que esta herramienta es muy eficaz para la extrae y representa datos geográficos para analizar un área determinada, sumado a este tipo de herramientas para obtención de información se encuentran los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o mejor conocidos en el ámbito comercial como drones.

El potencial de los drones ha aumentado significativamente en varios ámbitos de la investigación, al ser una herramienta práctica, que ayuda a reducir costos (ya que se encuentran a precios accesibles), tiempo y esfuerzo de trabajo, en comparación con los métodos tradicionales, por ejemplo recorrer bosques o selvas tropicales tarda tres horas o más dependiendo el área, y con la ayuda de los drones esta tarea se puede hacer en 10 minutos o más, dependiendo la extensión del bosque.

También han revolucionado las observaciones de especies marinas ya que los binoculares no llegan a observar tan definidamente a una cierta distancia, y con la ayuda de los VANT se puede acercar al objetivo ya que la mayoría de estos llegan a un rango de comunicación de 5 kilómetros en adelante.

En temas de conservación e investigación de tortugas marinas, los drones se han usado tanto en playas de anidación, como para estudios en zonas de alimentación y reproducción en agua con mucho éxito ya que los drones facilitan las actividades de búsqueda de tortugas en lugares de gran extensión.

Monitoreo en zona de anidación en playa de San Luis de la Loma, Tecpan de Galeana, Guerrero



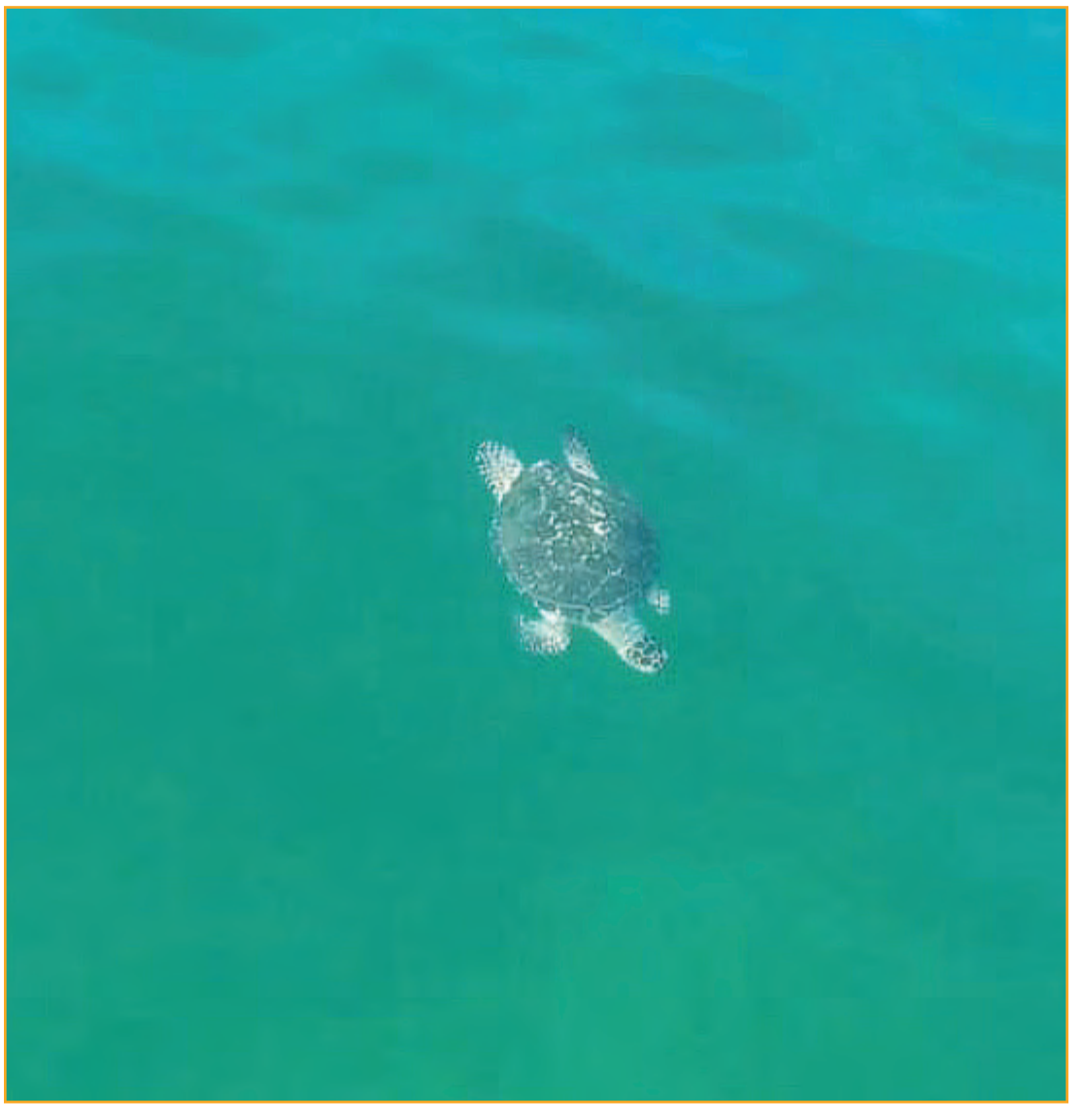
El Grupo Tortuguero Comcaac realiza monitoreos con dron sobre las playas Mancha Blanca y El Faro, en Sonora

Foto: Grupo Tortuguero Comcaac

Algunas de las ventajas que ofrecen los drones son:

- Dan una imagen amplia del panorama y, gracias a esto, es fácil identificar las tortugas en el mar y en playas de anidación.
- Facilitan las estimaciones de abundancia, ya que, al haber gran cantidad de tortugas, mediante los drones se toman fotografías, las cuales se procesan en laboratorio para unir las fotografías en un mosaico, se realizan modelos tridimensionales y se obtienen ortofotos (imagen aérea rectificada, o corregida geométricamente) que con este resultado se pueden diseñar mapas y esto sirve para obtener las medidas de las tortugas marinas y realizar conteos manualmente o a través del uso de herramientas de inteligencia artificial (IA). Esta técnica puede aplicarse en temporadas de arribadas masivas (es decir eventos durante los cuales miles de tortugas salen a anidar al mismo tiempo) cuando las tortugas se acercan a las zonas de reproducción y salen a desovar a las playas.
- Además, gracias a la capacidad de los drones para tomar fotos y videos georreferenciados se puede identificar en qué lugar fueron tomados y usar técnicas de fotogrametría para localizar los rastros de tortuga y de los nidos, incluyendo la identificación de las especies anidadoras por el tipo de rastro en la arena.
- En los monitoreos acuáticos, los drones nos ayudan a explorar lugares donde las embarcaciones no tienen acceso e incluso a localizar las tortugas entre las rocas.

Por lo tanto, a pesar de ser una herramienta que se actualiza constantemente, los drones se han vuelto una pieza fundamental para el monitoreo de las tortugas marinas en diferentes escenarios y para diferentes objetivos de conservación e investigación, dado a que pueden realizar actividades en minutos, lo que en los métodos tradicionales tomaría horas e incluso días poder lograr.



*Avistamiento de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en sitios de monitoreo en la Bahía de Santa Lucía, Acapulco, Guerrero*

La Jornada ecológica

Eduardo Calderón Alvarado[1], Yonel Alejandro Jiménez[2], Camila Alejandra Reyes Rincón[2]

[1]Doctorado en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California

[2]Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California

Correo-e: eduardo.calderon30@uabc.edu.mx

Observatorio de tortugas marinas: una forma sistémica de investigar

Foto del archivo de los articulistas

Las tortugas marinas son especies emblemáticas, longevas y migratorias que conectan océanos, playas y comunidades humanas, por lo que su protección requiere esfuerzos constantes, organizados y multidisciplinarios.

Existen múltiples amenazas reconocidas para estos organismos marinos como la pesca incidental, el aumento en tránsito marítimo, la contaminación, la urbanización o los efectos del cambio climático.

Aunque actualmente existen numerosos estudios que abordan distintos momentos de su ciclo de vida desde enfoques complementarios, el verdadero desafío no es el solo generar más datos, sino lograr integrar y conectar esa información para construir una visión sistémica.

Pese a que actualmente hay diversos esfuerzos de conservación concentrados en las especies de tortugas marinas en México, y la gran cantidad de información valiosa producida por tecnologías como los rastreos satelitales, hoy en día el reto se ha vuelto más complejo ya que los estudios provienen de regiones, poblaciones y contextos distintos, usan metodologías variadas y se enfocan en diferentes problemáticas.

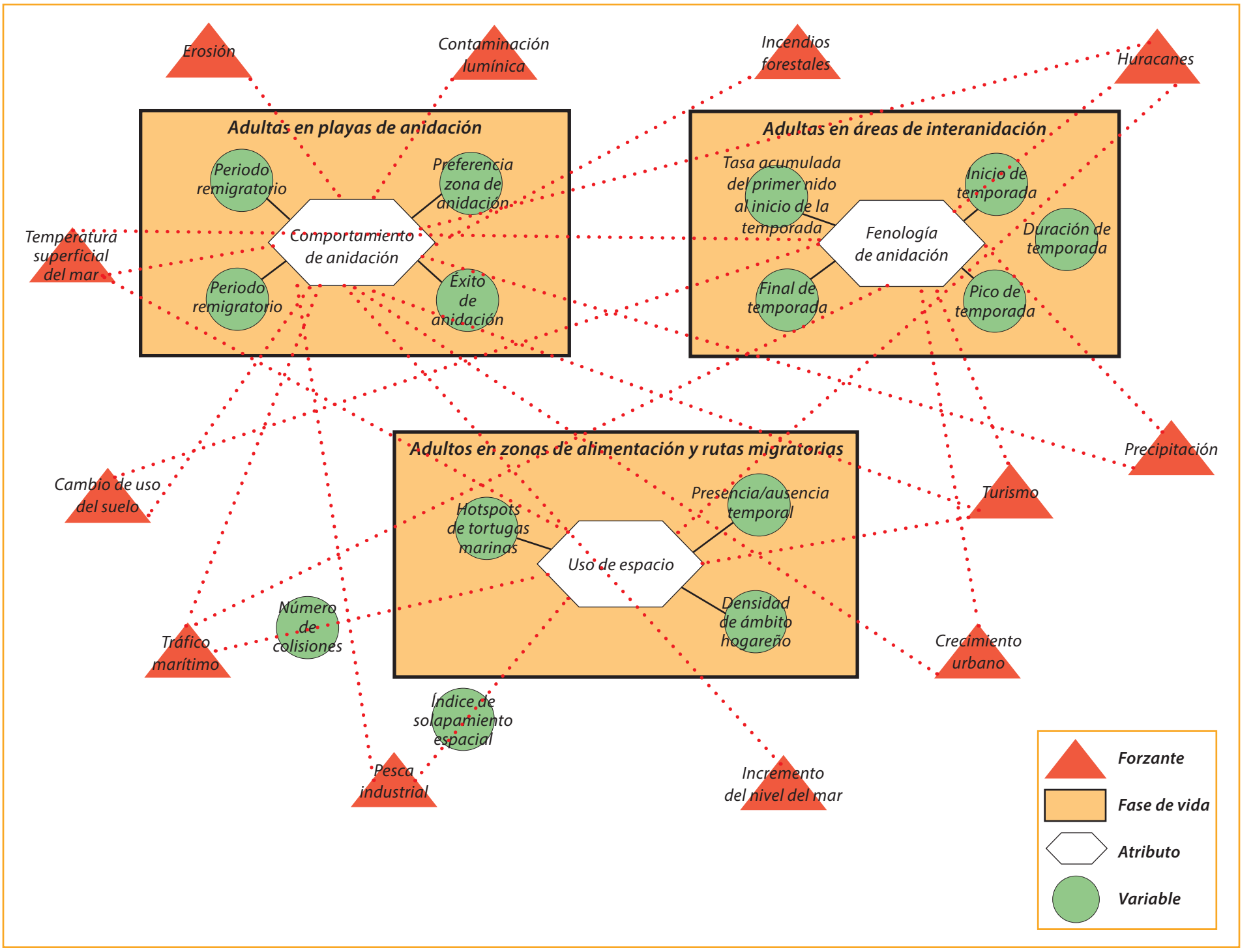
Sin embargo, para comprender realmente el estado de conservación de las tortugas marinas, no basta con saber qué amenazas enfrentan, sino también cómo se adaptan, cómo responden a las estrategias de manejo y conservación implementadas, y si éstas son efectivas y sostenibles en el largo plazo.

En este sentido es clave avanzar hacia herramientas que permitan organizar, sistematizar y analizar la información de manera integral, por lo que surge la propuesta de un observatorio tortuguero diseñado como un sistema organizado que recopila, analiza y transforma de manera continua y sistemática los datos relevantes del monitoreo de las tortugas marinas y los ecosistemas de los que dependen, convirtiéndolos en productos útiles para la toma de decisiones.

No se trata de un solo lugar físico, sino de una red en múltiples sitios que conecta ciencia, monitoreo, manejo y comunidad.

Modelo de un observatorio tortuguero

Un modelo es un esquema conceptual que organiza cómo interactúan sus diferentes componentes. En este sentido el modelo de observatorio propuesto se basa en dividir las etapas del ciclo de vida de las tortugas marinas e identificar en cada una los atributos (características propias de cada estadio de vida), así como las diferentes variables (unidades de medida) que permiten evaluar el estado de esos atributos.



A su vez se identifican los *forzantes* (presiones o condicionantes externos que influyen en el estado del atributo) y su impacto.

En este modelo, los estadios de vida se representan como subsistemas, inmersos se encuentran los atributos en forma de pentágono y las variables en círculos verdes. Para el caso de hembras anidantes (subsistema 1) el comportamiento de anidación (atributo) puede ser evaluado por el periodo remigratorio, índice de remigración, éxito de anidación y preferencia de zona de anidación como variables que reflejan la condición de las tortugas en este hábitat.

En el subsistema 2 (hembras inter-anidantes) se incorpora la fenología de anidación (atributo) que hace referencia a los tiempos de reproducción y anidación a lo largo de una temporada; una forma de evaluarlo es mediante el análisis de las variables: inicio (determinado con el 5 por ciento del total de nidos en la temporada), pico (número más alto de nidos), duración y final de temporada; asimismo se usa una tasa de acumulación desde el primer nido registrado en la temporada hasta el inicio de la temporada.

El subsistema 3 (adultos en zonas de alimentación y zonas migratorias) analiza la interacción entre hábitats utilizados por las tortugas marinas y áreas de actividades pesqueras, por lo que los atributos principales incluyen la distribución espacial y el uso del hábitat, medidos a través de variables cómo *hotspots* de tortugas marinas, preferencia del hábitat, y densidad de tortugas marinas.

Muchos de los atributos de los subsistemas están influenciados por una variedad de forzantes externos que no actúan de forma aislada. Estos forzantes pueden ejercer presiones positivas o negativas sobre uno o más atributos amplificando sus efectos a lo largo del ciclo de vida de las tortugas marinas.

Por ejemplo, en el subsistema 1, pueden verse afectados por la erosión costera que reduce su espacio de anidación, de igual forma el aumento o disminución de contaminación lumínica influye en la orientación de las hembras anidantes, así como también el aumento de la urbanización en la transformación de hábitats de anidación.

En el subsistema 2, factores forzantes como el cambio climático, patrones de precipitación y huracanes pueden alterar la fenología temporal de los eventos reproductivos. Finalmente, para el subestima 3 forzantes como el tráfico marítimo y la pesca industrial pueden generar riesgo de colisiones, captura incidental, y degradación del hábitat.

Cabe resaltar que existen forzantes compartidos que afectan a los tres subsistemas como el cambio climático, temperatura superficial del mar y el tráfico marítimo, pues influyen simultáneamente en mayor o menor grado tanto en las playas de anidación, las zonas de inter-anidación y los hábitats marinos, alterando las condiciones físicas y las dinámicas

La implementación de un observatorio tortuguero permitiría, en el mediano y largo plazos, responder preguntas fundamentales, por ejemplo: ¿cómo están cambiando las poblaciones de tortugas marinas a lo largo del tiempo?

ecológicas que sostienen a las poblaciones de tortugas.

En conclusión, la propuesta de este modelo de observatorio tortuguero proporciona una estructura conceptual que permita abordar las investigaciones de tortugas marinas desde un enfoque integral, conectando las distintas etapas de su ciclo de vida con diferentes forzantes y presiones que inciden en ellas en distintos contextos.

La implementación de un modelo sistematizado permitirá en primera instancia una mayor coordinación entre investigaciones/investigadores, lo que hará que el intercambio de información sea más fluido, al integrar el análisis de datos científicos, diversas metodologías y el conocimiento ecológico local.

El modelo permite evaluar los impactos de manera holística y generar insumos robustos para orientar acciones de manejo y promover una gestión efectiva y adaptativa frente a los desafíos actuales.

La implementación de un observatorio tortuguero desde este enfoque permitiría, en el mediano y largo plazos, responder preguntas fundamentales como: ¿cómo están cambiando las poblaciones de tortugas marinas a lo largo del tiempo?, ¿qué amenazas afectan cada estadio de vida (nidos, crías, juveniles, adultos)?, ¿dónde y cuándo son más vulnerables frente a actividades humanas? y ¿qué medidas de manejo son más efectivas para protegerlas? Dar respuesta a estas interrogantes es clave, no solo para asegurar la conservación de las tortugas marinas, sino también para salvaguardar la salud y resiliencia de los ecosistemas marinos.

Foto del archivo de los articulistas