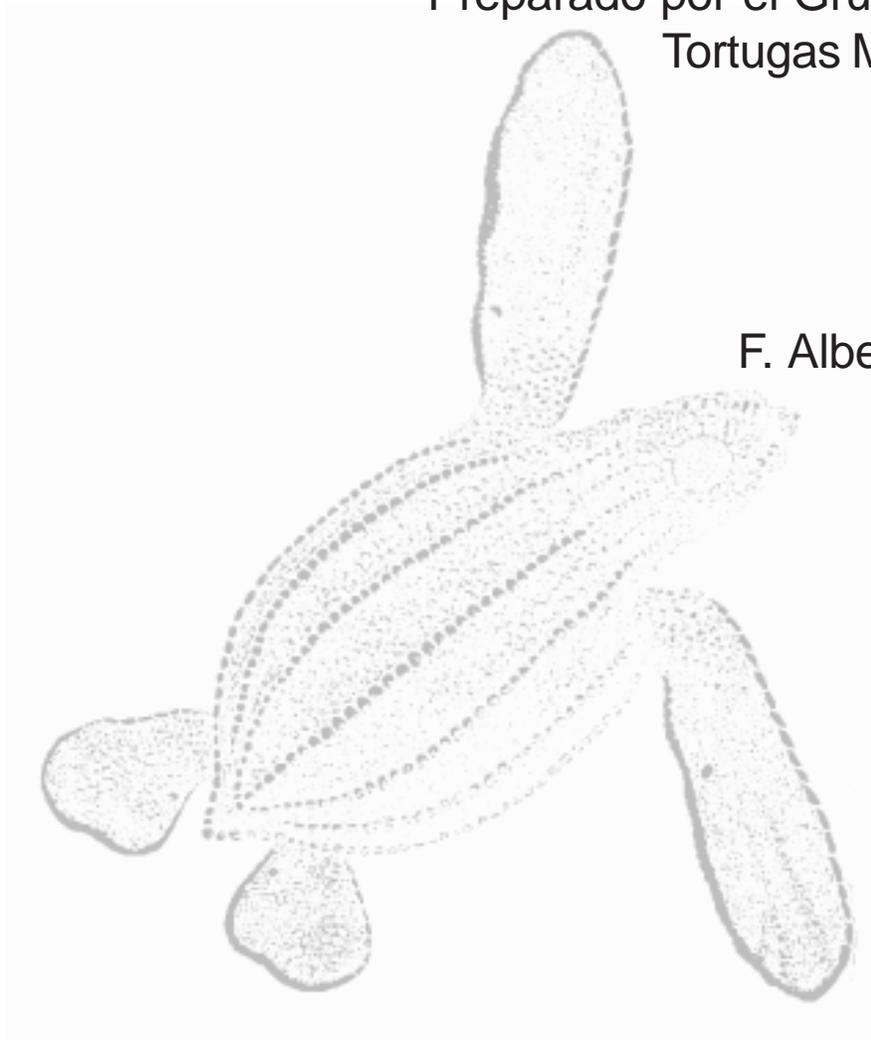


Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas

Preparado por el Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE

Editado por
Karen L. Eckert
Karen A. Bjorndal
F. Alberto Abreu-Grobois
M. Donnelly

Traducido al español por
Raquel Briseño-Dueñas
F. Alberto Abreu-Grobois
con la colaboración de
Laura Sarti Martínez
Ana Barragán Rocha
Juan Carlos Cantú
Ma. del Carmen Jiménez
Jaime Peña



WWF



CMS



SSC



NOAA



MTSG



CMC

El desarrollo y publicación de *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas* fué posible gracias al apoyo generoso de Center for Marine Conservation, Convention on Migratory Species, U.S. National Marine Fisheries Service y el Worldwide Fund for Nature.

©2000 SSC/IUCN Marine Turtle Specialist Group

La reproducción de esta publicación para fines educativos u otros propósitos no comerciales está autorizado sin permiso por el titular del derecho de autor, mientras que la fuente sea citada y que el titular reciba una copia del material reproducido.

La reproducción para fines comerciales está prohibida sin previa autorización del titular del derecho de autor.

ISBN (pendiente)

Impreso por Consolidated Graphic Communications, Blanchard, Pennsylvania USA

Material artístico para la cubierta, por Tom McFarland- Cría de tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*

La cita correcta para esta publicación es la siguiente: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Editores). 2000 (Traducción al español). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.

Para adquirir copias de esta publicación, por favor solicitarlas a:

Marydele Donnelly, MTSG Program Officer
IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group
1725 De Sales Street NW #600
Washington, DC 20036 USA
Tel: +1 (202) 857-1684
Fax: +1 (202) 872-0619
email: mduffy@dccmc.org

Presentación

En 1995 el Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG por sus siglas en inglés) publicó una *Estrategia Mundial para la Conservación de Tortugas Marinas*. En ella, se definen lineamientos sobre los cuales se deben encauzar los esfuerzos para recuperar y conservar a poblaciones de tortugas marinas reducidas drásticamente o en proceso de declinación, en todo el ámbito de su distribución global. Como elementos singulares en la estructura funcional de ecosistemas complejos, las tortugas marinas sostienen una relación importante con hábitats costeros y oceánicos. Por ejemplo, contribuyen a la salud y el mantenimiento de los arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos, estuarios y playas arenosas. La *Estrategia* respalda programas integrales orientados a prevenir la extinción de las especies y promueve la recuperación y el sostenimiento de poblaciones saludables de tortugas marinas que realizan eficientemente sus funciones ecológicas.

Las tortugas marinas y los humanos han estado vinculados desde los tiempos en que el hombre se estableció en las costas e inició sus recorridos por los océanos. Por innumerables generaciones, las comunidades costeras han dependido de las tortugas marinas y sus huevos para la obtención de proteínas y otros productos. En muchas regiones, esta práctica aún continúa. Sin embargo, durante el transcurso del siglo XX, el incremento en la comercialización intensiva de los productos de tortuga marina ha diezmando muchas poblaciones. Debido al complejo ciclo de vida de las tortugas marinas -en este proceso los individuos migran entre varios hábitats que pueden incluir la travesía de toda una cuenca oceánica- para su conservación, se requiere de una planeación del manejo con un enfoque de cooperación internacional, que reconozca la interconexión entre hábitats, de poblaciones de tortugas marinas y de poblaciones humanas, en tanto que se aplique el mejor conocimiento científico disponible.

A la fecha, nuestro éxito para llevar a cabo cualquiera de ambas tareas ha sido mínimo. Las especies de tortugas marinas están catalogadas como “En peligro crítico”, “En peligro” o “Vulnerable” por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). La mayoría de las poblaciones han disminuido inexorablemente como secuela de las prácticas de extracción no sustentables para el aprovechamiento de su carne, concha, aceite, pieles y huevos. Decenas de miles

de tortugas mueren cada año al ser capturadas accidentalmente en artes de pesca activas o abandonadas. Asimismo, muchas áreas de anidación y alimentación han quedado inhabilitadas o presentan un franco deterioro, por los derrames de petróleo, acumulación de desechos químicos, plásticos no-degradables y otros desechos antropogénicos; aunado a los desarrollos costeros de alto impacto y, al incremento del turismo y la diversificación de estas actividades tanto en la zona costera como en la oceánica.

Para reforzar la supervivencia de las tortugas marinas, es indispensable que en todos los países localizados en las áreas de distribución de estas especies, el personal que realice los trabajos de conservación en el campo, recurra a lineamientos estandarizados y a criterios apropiados. Las técnicas de conservación y manejo estandarizadas promueven la recopilación de datos comparables y hacen posible el compartir los resultados entre los países y regiones.

En tanto que este manual tiene el propósito de cubrir la necesidad de lineamientos y criterios normalizados, reconoce a la vez, que un sector creciente de interesados en el trabajo de campo y tomadores de decisiones requieren orientación sobre las siguientes interrogantes: ¿cuándo y por qué seleccionar una opción de manejo entre las disponibles? y ¿cómo instrumentar efectivamente la opción seleccionada y evaluar los logros obtenidos?

El Grupo Especialista en Tortugas Marinas de la UICN considera que un manejo apropiado no puede realizarse sin el soporte de una investigación de alta calidad enfocada, en la medida de lo posible, hacia temáticas críticas para la conservación. Nuestra intención es que este manual sea de provecho a los interesados en la protección y manejo de las tortugas marinas de todo el mundo. Reconociendo que los programas con mayores logros, combinan las técnicas de censo tradicionales con el manejo de bases de datos electrónicas y el análisis genético con telemetría satelital; tecnologías que apenas podrían ser vislumbradas por los conservacionistas de la generación anterior, dedicamos este manual a los conductores del manejo y conservación de los recursos naturales del siglo XXI, quienes enfrentarán los cada vez más complejos retos de una administración apropiada. Esperamos que encuentren en este manual un entrenamiento y asesoría útiles.

Karen L. Eckert
Karen A. Bjorndal
F. Alberto Abreu Grobois
Marydele Donnelly
Editores

Agradecimientos

Congruente con el espíritu y estructura del Grupo Especialista en Tortugas Marinas de la Unión Mundial para la Naturaleza (MTSG/IUCN, por sus siglas en inglés), este manual es el resultado de los esfuerzos de colaboración de científicos y tomadores de decisiones situados alrededor del mundo. Los Editores estamos profundamente agradecidos por el apoyo y estímulo brindado por nuestros colegas así como por su buena disposición en compartir datos, experiencias y sabiduría. Tenemos una especial deuda con los autores y coautores - más de 60- que hicieron posible este manual, y con todos aquellos especialistas que participaron en el proceso de revisión crítica.

Las siguientes personas, con su revisión experta, contribuyeron sustancialmente a la obtención de la calidad final del manual: Ana Barragán (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México); Anna Bass (University of Florida, USA); Miriam Benabib (Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México); Alan Bolten (University of Florida, USA); Annette Broderick (University of Wales Swansea, UK); Deborah Crouse (Fish and Wildlife Service, USA); Andreas Demetropoulos (Ministry of Agriculture and Natural Resources, Cyprus); Peter Dutton (National Marine Fisheries Service, USA); Scott Eckert (Hubbs-Sea World Research Institute, USA); Nat Frazer (University of Florida, USA); Jack Frazier (CINVESTAV, México); Marc Girondot (Université Paris 7-Denis Diderot, France); Brendan Godley (University of Wales Swansea, U.K.); Hedelvy Guada (WIDECAS, Venezuela); Julia Horrocks (University of the West Indies, Barbados); George Hughes (KwaZulu-Natal Nature Conservation Service, South Africa); Naoki Kamezaki (Sea Turtle Association of Japan); Rhema Kerr (Hope Zoological Gardens, Jamaica); Jeffrey Miller (Queensland Department of Environment and Heritage, Australia); Jeanne Mortimer (Conservation and National Parks, Republic of the Seychelles); Wallace J. Nichols (University of Arizona, USA); Joel Palma (World Wildlife

Fund-Philippines); Claude Pieau (Institut Jacques Monod, Paris, France); Henk Reichart (STINASU, Suriname); Rodney Salm (IUCN, Eastern Africa Regional Office); Laura Sarti M. (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México); Barbara Schroeder (National Marine Fisheries Service, USA); Jeffrey Sybesma (Faculty of Law, University of the Netherlands Antilles); Robert van Dam (Institute for Systematics and Population Biology, The Netherlands); Alessandra Vanzella-Khoury (United Nations Environment Programme, Jamaica); and Jeanette Wyneken (Florida Atlantic University, USA).

También, hacemos extensivo nuestro profundo agradecimiento a Tom McFarland («Tom's Turtles») por su contribución artística. Su esmero por la precisión garantiza a los lectores de este manual un acceso a ilustraciones claras y exactas. Sus preciosos dibujos mejoran también la perspectiva de supervivencia de las tortugas marinas de una manera real, ya que una acción efectiva de conservación depende de datos verídicos, incluyendo una correcta identificación de las especies.

El manual no podría haberse realizado sin el apoyo financiero del Centro para la Conservación Marina (CMC), la Convención para Especies Migratorias (CMS), el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de EUA (NMFS) y la Unidad de Investigación Cooperativa de Pesquería y Vida Silvestre de Florida (USGS, Department of the Interior, Research Work Order 172).

Deborah White Smith diseñó el estilo del manual y transformó docenas de capítulos individuales a un formato coherente. La traducción al español estuvo a cargo de Raquel Briseño Dueñas y F. Alberto Abreu-Grobois, con la participación de Ana Barragán, Juan Carlos Cantú, María del Carmen Jiménez Quiroz, Jaime Peña y Laura Sarti.

En suma, el proyecto resultó beneficiado con los talentos de más de 100 personas de todo el mundo.

¡A todos, nuestro más sincero agradecimiento!

Karen L. Eckert
Karen A. Bjorndal
F. Alberto Abreu Grobois
Marydele Donnelly
Editores

Tabla de Contenido

1. Generalidades

Introducción a la Evolución, Historias de Vida y Biología de las Tortugas Marinas	3
<i>A. B. Meylan y P. A. Meylan</i>	
Diseño de un Programa de Conservación	6
<i>K. L. Eckert</i>	
Prioridades para los Estudios sobre la Biología de la Reproducción y de la Anidación	9
<i>J. I. Richardson</i>	
Prioridades para la Investigación en Hábitats de Alimentación	13
<i>K. A. Bjorndal</i>	
Conservación Basada en la Comunidad	16
<i>J. G. Frazier</i>	

2. Taxonomía e Identificación de Especies

Taxonomía, Morfología Externa e Identificación de las Especies	23
<i>P. C. H. Pritchard y J.A. Mortimer</i>	

3. Evaluación de Poblaciones y de Hábitats

Estudios de Hábitat	45
<i>C. E. Diez y J. A. Ottenwalder</i>	
Prospecciones Poblacionales (Terrestres y Aéreas) en Playas de Anidación	51
<i>B. Schroeder y S. Murphy</i>	
Estudios de Poblaciones en Playas de Arribadas	64
<i>R. A. Valverde y C. E. Gates</i>	
Estudios en Hábitats de Alimentación: Captura y Manejo de Tortugas	70
<i>L. M. Ehrhart y L. H. Ogren</i>	
Estudios Aéreos en Hábitats de Alimentación	75
<i>T. A. Henwood y S. P. Epperly</i>	
Estimación del Tamaño de la Población	78
<i>T. Gerrodette y B. L. Taylor</i>	
Identificación de Poblaciones	83
<i>N. FitzSimmons, C. Moritz y B. W. Bowen</i>	

4. Metodologías y Procedimientos para la Colecta de Datos

Definición del Inicio: La Importancia del Diseño Experimental	95
<i>J. D. Congdon y A. E. Dunham</i>	
Sistemas de Adquisición de Datos para el Seguimiento del Comportamiento y la Fisiología de las Tortugas Marinas	101
<i>S. A. Eckert</i>	
Bases de Datos	108
<i>R. Briseño-Dueñas y F. A. Abreu-Grobois</i>	
Factores a Considerar en el Mercado de Tortugas Marinas	116
<i>G. H. Balazs</i>	
Técnicas para la Medición de Tortugas Marinas	126
<i>A. B. Bolten</i>	
Periodicidad en la Anidación y el Comportamiento entre Anidaciones	132
<i>J. Alvarado y T. M. Murphy</i>	
Ciclos Reproductivos y Endocrinología	137
<i>D. Wm. Owens</i>	
Determinación del Tamaño de la Nidada y el Éxito de la Eclosión	143
<i>J. D. Miller</i>	
Determinación del Sexo en Crías	150
<i>H. Merchant Larios</i>	
Estimación de la Proporción Sexual en Playas de Anidación	156
<i>M. Godfrey y N. Mrosovsky</i>	
Determinación del Sexo de Tortugas Marinas en Hábitats de Alimentación	160
<i>T. Wibbels</i>	
Muestreo y Análisis de los Componentes de la Dieta	165
<i>G. A. Forbes</i>	
Medición del Crecimiento en Tortugas Marinas	171
<i>R. P. van Dam</i>	
Redes de Recuperación y Monitoreo de Tortugas Varadas	174
<i>D. J. Shaver and W. G. Teas</i>	
Entrevistas y Encuestas en Mercados	178
<i>C. Tambiah</i>	

5. Reducción de Amenazas

Reducción de las Amenazas a las Tortugas	187
<i>M. A. G. Marcovaldi y C. A. Thomé</i>	
Reducción de las Amenazas a los Huevos y las Crías: Protección <i>In Situ</i>	192
<i>R. H. Boulon, Jr.</i>	

Reducción de las Amenazas a los Huevos y a las Crías: Los Viveros	199
<i>J. A. Mortimer</i>	
Reducción de las Amenazas al Hábitat de Anidación	204
<i>B. E. Witherington</i>	
Reducción de las Amenazas a los Hábitats de Alimentación	211
<i>J. Gibson y G. Smith</i>	
Reducción de la Captura Incidental en Pesquerías	217
<i>C. A. Oravetz</i>	
6. Crianza, Cuidado Veterinario y Necropsia	
La Crianza y Reproducción en Cautiverio de Tortugas Marinas: Una Evaluación de su Uso como Estrategia de Conservación	225
<i>J. P. Ross</i>	
Rehabilitación de Tortugas Marinas	232
<i>M. Walsh</i>	
Enfermedades Infecciosas en Tortugas Marinas	239
<i>L. H. Herbst</i>	
Toma de Muestras de Tejidos y Técnicas para la Necropsia	246
<i>E. R. Jacobson</i>	
7. Legislación e Instrumentación	
Grupos de Interés de las Bases y Legislación Nacional	252
<i>H. A. Reichart</i>	
Colaboración Regional	256
<i>R. B. Trono y R. V. Salm</i>	
Tratados Internacionales de Conservación	260
<i>D. Hykle</i>	
Aspectos Forenses	265
<i>A. A. Colbert, C. M. Woodley, G. T. Seaborn, M. K. Moore and S. B. Galloway</i>	

Introducción a la Evolución, Historias de Vida y Biología de las Tortugas Marinas

Anne B. Meylan

Florida Marine Research Institute, Department of Environmental Protection, 100 8th Avenue SE, St. Petersburg, Florida 33701-5095 USA; Tel: +1 (727) 896-8626; Fax: +1 (727) 893-9176; email: ameylan@mindspring.com

Peter A. Meylan

Collegium of Natural Sciences, Eckerd College, P.O. Box 12560, St. Petersburg, Florida 33733 USA; Tel: +1 (727) 864-8432; Fax: +1 (727) 864-8382

Siete especies de tortugas marinas, representantes de dos familias- Cheloniidae y Dermochelyidae, son los únicos elementos modernos que sobrevivieron lo que fue una amplia y diversa radiación de tortugas cryptodiras. Estas siete especies incluyen la tortuga caguama (*Caretta caretta*), verde (*Chelonia mydas*), carey (*Eretmochelys imbricata*), lora (*Lepidochelys kempii*), golfina (*Lepidochelys olivacea*), aplanada (*Natator depressus*) y laúd (*Dermochelys coriacea*). Una octava especie, la tortuga prieta o verde del Pacífico oriental (*Chelonia agassizii*), es también reconocida por algunos especialistas como especie independiente. Investigaciones publicadas recientemente sobre su morfología, genética y composición bioquímica exhiben resultados contradictorios, por lo que en el presente se le considera como parte de la especie *Chelonia mydas*.

Las tortugas marinas habitan en todas las cuencas oceánicas, con representación de algunas de las especies desde el Ártico hasta Tasmania. La carey es la especie con un comportamiento más apegado a las zonas tropicales, mientras que se conoce que las laúds incursionan hacia aguas más frías, inclusive polares. Con la excepción de las tortugas lora y aplanada, las tortugas marinas son cosmopolitas en su distribución. La tortuga lora está concentrada principalmente en el Golfo de México y la costa oriental de los Estados Unidos, aunque algunos individuos son localizados ocasionalmente a lo largo de las costas de Gran Bretaña y Europa occidental. La aplanada es endémica de la plataforma continental de Australia.

Las especies modernas de las tortugas marinas forman un grupo monofilético del suborden Cryptodira. Esto es, todas se derivan de un ancestro común y que no dio lugar a ninguna otra rama de tortugas vivientes. Este suborden incluye las tortugas que cierran sus mandíbulas por medio de músculos que se contraen sobre un cartílago en la cámara ótica (Gaffney, 1975). En todas las cryptodiras vivientes, la cabeza se retrae sobre un plano vertical y adquiere una forma en "S" entre las placas sobre el hombro (Gaffney y Meylan, 1988). Las tortugas marinas vivientes tienen una habilidad muy limitada para retraer la cabeza, en comparación con otras cryptodiras vivientes; sin embargo una cubierta gruesa y casi completa sobre el cráneo les confiere protección adicional en la cabeza. El miembro más antiguo de la radiación de tortugas marinas se remonta a 110 millones de años hacia el Cretáceo temprano (Hiryama, 1998). Otro linaje más antiguo (Jurásico tardío) de las tortugas marinas cryptodiras, es el de la familia Plesiochelyidae, el cual se considera independiente de aquel que produjo las formas que actualmente sobreviven (Gaffney y Meylan, 1988).

Se considera que las tortugas marinas manifiestan una morfología altamente derivada, con muchas adaptaciones para la vida en el mar. Todas las especies comparten caracteres como las extremidades en forma de remo, en las que todas las articulaciones móviles que ocurren entre los elementos óseos distales se han perdido, y tres o cuatro dígitos de la mano se encuentran notablemente alargados. Las

glándulas lacrimales están alargadas y han sufrido modificaciones para extraer el exceso de sales de los fluidos corporales que se acumulan por ingerir agua de mar. Las conchas de las tortugas marinas están caracterizadas por una reducción en la cantidad de material óseo. También manifiestan varios grados de modificación de su forma que mejora su eficacia hidrodinámica. Una placa del hombro se encuentra agrandada, con un coracoido notablemente alargado que funge como sitio de anclaje para los fuertes músculos pectorales utilizados durante la natación.

Un modelo generalizado de la historia de vida (Hirth y Hollingworth, 1973; Carr *et al.*, 1978) desarrollado a partir de información de la tortuga verde, y elaborado por numerosos autores, ofrece un punto de referencia sobre el cual podemos comprender y refinar las historias de vida del resto de las especies de tortugas marinas. Aunque cada especie difiere de este modelo en varios aspectos importantes, el modelo parece explicar muchos de los movimientos y migraciones observadas. Al abandonar las playas de anidación como crías, las tortugas verdes, caguamas y Carey inician una fase pelágica (en el mar abierto) que se piensa dura por lo menos varios años. Con frecuencia se les encuentra en el mar asociadas a mantos de sargaso o líneas de marea que se forman cerca de los frentes de las principales corrientes. Se ha demostrado una deriva pasiva ocasionada por las corrientes en el período inmediato a la eclosión. La tortuga aplanada parece ser la única excepción de este patrón ya que las crías permanecen en aguas costeras y aparentemente carecen de una fase pelágica (Walker y Parmenter, 1990). Los hábitats de la etapa juvenil de tortugas laúd y golfina permanecen desconocidos.

Esta fase pelágica inicial, a la que originalmente le llamó “el año perdido” Archie Carr, varía en duración entre especies y entre poblaciones. Las caguamas en el Atlántico occidental, por ejemplo, permanecen en el ambiente pelágico hasta contar con tamaños que rebasan los 40 cm de longitud recta del carapacho (LRC), mientras que las tortugas verde, Carey y loras (de 20-30 cm de LRC) en el Atlántico son generalmente encontradas en hábitats de aguas someras.

Carr *et al.* (1978) propusieron el concepto de “hábitats de desarrollo” definido como zonas en donde frecuentemente se encuentra tortugas inmaduras pero la fase adulta de la misma especie está ausente o, si ocurre, es sumamente escasa. Pueden consistir de uno o una serie de hábitats (generalmente áreas de

alimentación costeras) por las cuales las tortugas atraviesan durante su desarrollo hacia las tallas adultas. Los momentos de entrada y salida de estos hábitats de desarrollo parecen estar relacionados con intervalos de talla bien definidos para algunas de las especies. Es común el capturar repetidamente a las mismas tortugas en la misma área a lo largo de varios años, por lo que se deduce una residencia en estos hábitats de desarrollo. El período de tiempo que las diversas especies permanecen como residentes en hábitats específicos antes de dirigirse al siguiente es poco conocido.

Las estimaciones de tasas de crecimiento en animales dentro del medio natural demuestran un crecimiento típicamente lento, con edades para alcanzar la madurez sexual comprendidas dentro de un amplio margen, desde 15 a 50 años o más, dependiendo de la especie y del área geográfica (Balazs, 1982; Bjorndal y Zug, 1995). La mayor parte de la vida de las tortugas adultas transcurre en sitios de alimentación (en combinación con o independiente de las tortugas inmaduras), un área que normalmente se encuentra distante de las playas de anidación. Las áreas de alimentación de los adultos pueden ser fijas en su ubicación, como por ejemplo mantos de algas marinas o transitorias, como las zonas en el océano donde ocurren afloramientos estacionales pero relativamente predecibles de medusas o invertebrados benthicos. Durante la temporada de reproducción, las tortugas adultas se trasladan a las cercanías de las playas de anidación, donde pueden permanecer durante varios meses. La cópula ocurre a lo largo de los corredores migratorios, en sitios de cortejo o de apareamiento y en las inmediaciones de las playas de anidación. Durante la época de reproducción, se puede encontrar tanto hembras como machos en áreas mar adentro frente de la playa de anidación, en áreas a las que también se les refiere como “hábitats inter-anidatorios”.

Las diferentes especies de tortugas marinas manifiestan muchos rasgos en común en su comportamiento, particularmente aquellos relacionados con la reproducción. Por esta razón, las metodologías para el estudio y el manejo de las tortugas marinas en la playa de anidación son muy similares para todas las especies. Las hembras anidan típicamente más de una vez por temporada y la mayoría no anidan en años consecutivos. El comportamiento de la anidación es altamente estereotipado, aunque existen diferencias entre especies en algunos parámetros como las

preferencias del hábitat de anidación, estrategia de anidamiento (masivo vs. solitario), talla en la primera reproducción, número de huevos por nido y algunos detalles en el tamaño y tipo de la construcción del nido. Un elemento del comportamiento reproductivo que es altamente divergente son las anidaciones sincrónicas y masivas (denominadas “arribadas”) que suceden a lo largo de varios días y que solamente ocurren en algunas colonias de las tortugas lora (*Lepidochelys kempii*) y golfina (*Lepidochelys olivacea*).

Todas las especies manifiestan un comportamiento migratorio durante diferentes fases de su desarrollo. Las migraciones para la reproducción entre los sitios de alimentación y los de anidación son las mejor documentadas debido a la facilidad de marcar las hembras adultas en playas de anidación. Se conoce de travesías que alcanzan varios miles de kilómetros. El traslado estacional de las tortugas marinas en búsqueda de alimento también puede considerarse como migración. Por ejemplo, las tortugas laúd que anidan en la región del Caribe regresan a las aguas donde abundan las medusas en zonas del Atlántico norte y oriental después de la reproducción. Las tortugas inmaduras viajan entre sucesivos hábitats de desarrollo, los cuales pueden ocurrir en sitios separados por varios cientos o miles de kilómetros. Lo que se conoce sobre el comportamiento migratorio de las tortugas marinas a partir de las recapturas de tortugas marcadas se ha enriquecido sensiblemente en años recientes por el empleo de la genética molecular y la telemetría satelital. Mientras que la primera técnica ha permitido, por ejemplo, identificar las colonias de origen de tortugas capturadas en el mar abierto, la segunda arroja información sobre el curso real de su recorrido, en vez de un conocimiento circunscrito al sitio de origen y de destino como el que resulta de los estudios de marcaje.

Debido a la naturaleza altamente migratoria de las tortugas marinas, requieren de cooperación internacional para garantizar su supervivencia. Todas las siete especies están incluidas en la Lista Roja de Animales Amenazados de la UICN (Baillie and Groombridge, 1996): la lora, la carey y la laúd están consideradas en la categoría de *En Peligro Crítico* de extinción; la caguama, verde y golfina están listadas como *En Peligro*; y la aplanada se considera *Vul-*

nerable. Esta clasificación refleja el estado de las especies a nivel mundial, basada en criterios como el tamaño de las poblaciones, tendencias poblacionales, extensión de presencia y la probabilidad de extinción en el medio natural.

Literatura Citada

Baillie, J. y B. Groombridge. 1996. IUCN Red List of Threatened Animals. World Conservation Union (IUCN), Gland, Switzerland. 368 pp.

Balazs, G. 1982. Growth rates of immature green turtles in the Hawaiian Archipelago, p.117-125. *In*: K. A. Bjorndal (Editor), Biology and Conservation of Sea Turtles. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 583 pp.

Bjorndal, K. A. y G. Zug. 1995. Growth and age of sea turtles, p.599-600. *In*: K. A. Bjorndal (Editor), Biology and Conservation of Sea Turtles, Second Edition. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 619 pp.

Carr, A., M. H. Carr y A. Meylan. 1978. The ecology and migrations of sea turtles, 7. The West Caribbean green turtle colony. *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 162:1-46.

Gaffney, E. S. 1975. A phylogeny and classification of the higher categories of turtles. *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 155:387-436.

Gaffney, E. S. y P. A. Meylan. 1988. A phylogeny of turtles, p.157-219. *In*: M. J. Benton (Editor), The Phylogeny and Classification of Tetrapods. Clarendon Press, Oxford.

Hirayama, R. 1998. Oldest known sea turtle. *Nature* 392(6677):705-708.

Hirth, H. y S. L. Hollingworth. 1973. Report to the government of the People's Democratic Republic of Yemen on marine turtle management. Rep. FAO/UNDP(TA) 3178, 51 pp.

Walker, T. A. y C. J. Parmenter. 1990. Absence of a pelagic phase in the life cycle of the flatback turtle, *Natator depressa* (Garman). *J. Biogeography* 17:275-278.

Diseño de un Programa de Conservación

Karen L. Eckert

*Wider Caribbean Sea Turtle Conservation Network (WIDECAST), 17218 Libertad Drive, San Diego, California 92127 USA; Tel: +1 (619) 451-6894; Fax: +1 (619) 451-6986
email: widecast@ix.netcom.com*

Ya sea que uno defina la conservación como “preservación” o como “manejo para uso sustentable”, es indudable que se requiere aplicar medidas rigurosas de conservación a las tortugas marinas. Mientras que los objetivos a corto y largo plazo, así como las metodologías específicas, variarán entre los distintos programas de conservación, ningún programa podría alcanzar su potencial plenamente sin una planificación previa. La captura de información, la incorporación de los actores claves (los cuales para el caso de las tortugas marinas podría significar una participación multisectorial) y la captación de suficientes recursos humanos y financieros son fundamentales para el éxito del programa. Una planificación previa repercute con beneficios en todos los niveles de la aplicación del programa, desde los trabajos en playas de anidación o en áreas de alimentación (sustentando una o más colonias anidadoras o unidades demográficas) hasta las iniciativas internacionales que abarcan varios países que comparten poblaciones, potenciando así los mecanismos de cooperación indispensables para un manejo de poblaciones migratorias que son compartidas.

La meta global de cualquier plan de conservación para las tortugas marinas es promover la supervivencia a largo plazo de las poblaciones, incluyendo la recuperación sostenida de poblaciones diezmadas y la protección de hábitats críticos, al mismo tiempo que se busca integrar estos objetivos con el bienestar y necesidades de las comunidades con las que interactúan. Los objetivos específicos pueden variar, pero deben incluir: (i) la identificación de poblaciones; (ii) la evaluación del estado de conservación de la población a lo largo de su área de distribución y la identificación de áreas clave de reclutamiento (p.ej., sitios de reproducción y de anidación); (iii) seguimiento regular de poblaciones (para determinar tendencias); (iv) medición o estimación de mortalidad anual; (v)

protección eficaz de las principales playas de anidación, áreas de alimentación y corredores migratorios conocidos o supuestos; (vi) instrumentación de un marco regulatorio eficaz; (vii) control del comercio doméstico e internacional para partes, productos y sub-productos de tortugas marinas; y (viii) lograr y perpetuar el apoyo del público en general para las metas y objetivos del programa.

Lineamientos y Criterios

Tamaño de la Población y Tendencias

El fundamento para las decisiones de manejo debe incluir una evaluación exacta de tamaño de la población, incluyendo una determinación sobre si las poblaciones son estables, están aumentando, o están disminuyendo. Hábitats índice (áreas de estudio intensivas designadas de tal manera que incluyan las zonas de reproducción y de alimentación más importantes) deben ser monitoreadas en intervalos congruentes con los requerimientos del análisis de la dinámica de poblaciones, sobre períodos de por lo menos una generación; período de tiempo que puede abarcar desde poco más de una década para *Lepidochelys* hasta tres décadas o más para la especie herbívora, *Chelonia*, que manifiesta un crecimiento mucho más lento. La captura de datos debe incluir el número de hembras reproductivamente activas; el número total de nidos puestos y por hembra; el número de huevos/nido; el número de crías liberadas anualmente; la periodicidad de anidación dentro y entre temporadas; estimaciones de crecimiento, maduración, longevidad; y una evaluación de la supervivencia en las diferentes fases de vida.

Hábitats Críticos

Una evaluación de la distribución y estado de los hábitats críticos (esto es, críticos para la supervivencia

de poblaciones de tortugas marinas) y la protección de dichos sitios tanto de amenazas existentes o anticipadas, es fundamental para la conservación de las tortugas marinas. Las principales amenazas para las playas de anidación incluyen: desarrollo costero (p.ej., el efecto directo de carreteras y construcciones, así como los indirectos por un aumento en el tráfico y el desecho inadecuado de los desperdicios), iluminación artificial, extracción de la arena de playas y la construcción de estructuras para la estabilización de playas. Para las áreas de alimentación y corredores migratorios, las amenazas más importantes incluyen descargas industriales y agrícolas (fuentes puntuales y no puntuales), prácticas destructivas de pesca, actividades de la industria petrolera (p. ej. exploración, producción, refinamiento, transporte), destrucción del lecho marino (p.ej., dragado, anclaje) y otras formas de contaminación marina, incluyendo la basura marina de prolongada persistencia. Los hábitats índice deberían recibir la máxima protección. Las estrategias de protección de hábitats importantes para las tortugas marinas deberán estar plenamente incorporadas a iniciativas de manejo integral de zona costera a nivel local, nacional y regional (internacional).

Fuentes de Mortalidad

Un plan de conservación debe de identificar y cuantificar fuentes importantes de mortalidad, tanto indirectas como directas (p.ej., captura que es incidental en la pesca comercial) y en las fases de desarrollo. Medidas de mitigación deben ser diseñadas e instrumentadas. Estas deben incorporar, en lo posible, el fortalecimiento de legislación nacional y acuerdos internacionales (incluyendo la aplicación de multas y otras penas comparables al valor real del producto), campañas de concientización pública multi-sectorial (p.ej., consumidores urbanos, actores principales en zonas rurales, terratenientes en zonas costeras, gobierno), adopción de acciones relacionadas con las pesquerías (p.ej., modificación de artes de pesca, vedas aplicadas en tiempo y/o espacio, fuentes alternativas de ingresos), eliminar evasión de reglamentos en el comercio e instrumentar unidades motivadas y efectivas para la vigilancia del cumplimiento de la ley. La identificación de amenazas a las tortugas marinas que son ilegales y clandestinas, incluyendo el abordar temáticas delicadas sobre temas socio-políticos son consideraciones importantes para cualquier plan de conservación nacional o regional. La identificación de estrategias para la transformación de usuarios y otros actores principales a cuidadores del recurso, como

mecanismos que ayudan a reducir mortalidad debería considerarse como prioridad.

Investigación y Manejo de Datos

Se deberá fomentar la investigación y la exploración; no obstante, la mera acumulación de información es insuficiente para satisfacer los requerimientos de un programa de conservación de alta calidad. El uso de procedimientos estándar para el mantenimiento de registros, participación de personal de campo capacitado y bases de datos centralizadas y adecuadamente accesibles son indispensables para el éxito del programa. Se requiere investigación tanto para definir la magnitud del reto de conservación, como para evaluar el efectividad de una intervención o acción de manejo potencial. Las recomendaciones para la intervención deberán estar fundamentadas sobre investigaciones apropiadas, y ser diseñadas para dar respuesta a una amenaza bien definida. Algunas acciones de intervención más comunes, incluyendo la incubación artificial de nidadas, “head starting” (la crianza o impulso inicial para una liberación subsecuente como juveniles) y el control de la predación podrían no resolver de manera significativa las verdaderas amenazas más importantes a las que se enfrenta la población objeto del programa. La aportación de la investigación, incluyendo aquella obtenida del seguimiento rutinario de la población y su hábitat, se pierde sin un manejo escrupuloso de los datos.

Participación de la Sociedad y la Educación Ambiental

El fomentar una sensibilidad ambiental en la conciencia del ciudadano promedio es indispensable para la supervivencia sostenible tanto de los residentes humanos como de la vida silvestre, principalmente la vida silvestre amenazada. Las tortugas marinas son candidatos particularmente buenos para campañas de educación ambiental. Son fácilmente utilizadas como símbolos del estado de salud de la zona costera, tanto marina (arrecifes coralinos, pastos marinos) como terrestre (playas arenosas, bosques en los litorales). En particular, los pueblos costeros han observado las tortugas marinas dentro de alguna situación u otra, y la conexión entre los programas de protección de tortugas marinas y la protección de grandes segmentos que forman la base de la capacidad económica (p. ej., pesquerías, turismo) puede ser presentado efectivamente tanto a un público rural como urbano.

Finalmente, las tortugas marinas son elementos integrales de la historia folklórica y cultural de muchos pueblos en el mundo y, como tales, conllevan un gran potencial para capturar la emoción y la imaginación de la ciudadanía. Campañas de concientización deberán acompañar las acciones de conservación, enfocándose hacia actores clave de relevancia (específicamente o colectivamente), y abarcando todas los medios de comunicación, incluyendo los medios impresos y electrónicos, curricula escolar, programas de extensionismo, exhibiciones públicas y reuniones locales (p. ej., festivales, eventos políticos, reuniones en los pueblos).

Otras Consideraciones

Para validar propuestas de uso sustentable, la RPB (remoción potencial biológica) u otros modelos apropiados deben ser presentados, basados en estimados actualizados sobre abundancias y determinaciones de la máxima tasa de incremento intrínseco, junto con las fuentes de mortalidad y la predicción de tendencias. Debido a que las poblaciones de tortugas marinas tienen ámbitos geográficos muy extensos (esto es, distribuciones que pueden abarcar varios países dentro de sus límites), toda propuesta de uso doméstico no deberá comprometer el estado de las poblaciones en otras partes de su distribución. Antes de iniciar cualquier forma de cosecha, se deben realizar estudios de seguimiento remoto (p. ej., usando telemetría satelital) y de genética para determinar tanto el ámbito completo de la población objeto, como la composición genética de la población local de organismos de donde se extraerá la cosecha. Se deberán establecer umbrales previamente para las tendencias poblacionales y cambios en el estado de las poblaciones, tasa de mortalidad o la calidad de hábitat bajo controles por los cuales automáticamente se suspendan las cosechas y se inicien medidas apropiadas de conservación en el momento en que se rebase cualquiera de los límites especificados.

Por una variedad de razones (incluyendo las tasas relativamente lentas de crecimiento, maduración tardía, alta mortalidad en juveniles, movimientos y migraciones de amplio alcance, la importancia de alta longevidad en las etapas adultas y una dependencia sobre un ecosistema costero vulnerable), la biología de las tortugas marinas hace extremadamente difícil

la definición de una práctica de extracción que sea sustentable. Para optimizar la precisión de las bases para las estimaciones de los tamaños y las dinámicas poblacionales, y su consecuente interpretación de lo que podría constituir una extracción sustentable, la compilación de datos requiere décadas de cuidadoso trabajo en el campo y en varios de los países donde se distribuye la población. No obstante, los avances en el sensoramiento remoto, la tecnología de genética y de simulación por computadora podrán facilitar a que los manejadores tomen decisiones mejor informadas, basadas en bases de datos que abarcan varios años en vez de décadas. De cualquier manera, el resultado dependerá de la calidad de la información conjuntada. Toda colección de datos debe ser reunida por personal capacitado, depender de metodologías estandarizadas y sometidas a una revisión rigurosa por expertos en la materia.

Comentarios Finales

Pocas poblaciones actuales de tortugas marinas ocupan la totalidad del ámbito histórico de su distribución o siquiera alcanzan su abundancia histórica. Algunas de las más grandes colonias reproductoras de tortugas marinas que fueron conocidas en el mundo se han extinguido (o han desaparecido casi totalmente) en el transcurso de poco más de un siglo. Como consecuencia, se necesita con urgencia una atención específica por parte de las entidades gubernamentales y no-gubernamentales hacia el diseño e instrumentación de planes de conservación con solidez científica. Más aun, el concepto que la conservación, manejo o recuperación de tortugas marinas al nivel de especie o de población puede ser definido con base en acciones unilaterales de gobiernos que albergan colonias específicas de anidación o de agregaciones de tortugas marinas en sitios de alimentación, es obsoleto. En años recientes, los manejadores y personal de gobierno han llegado al reconocimiento de que las tortugas marinas representan un recurso compartido, y que el manejo de los recursos compartidos conllevan una responsabilidad compartida. Para que un programa de conservación sea exitoso, se debe realizar todo esfuerzo posible para involucrar a todos los sectores y actores clave de relevancia en su planeación y, finalmente, en su instrumentación.

Prioridades para los Estudios sobre la Biología de la Reproducción y de la Anidación

James I. Richardson

Institute of Ecology, University of Georgia, Athens, Georgia 30602 USA; Tel: +1 (706) 542-6036;

Fax: +1 (706) 542-6040; email: rainforestry@earthlink.net

Una comprensión de la biología de la reproducción y la anidación es indispensable para la recuperación y manejo de poblaciones de tortugas marinas. En la ausencia de este conocimiento, los esfuerzos de conservación, aunque bien intencionados, podrían inclusive ser perjudiciales para las tortugas marinas. Como ejemplo de lo anterior tenemos la práctica de manejo que fue muy aceptada durante varios años—el traslado de los huevos de las playas de anidación a cajas de incubación en áreas protegidas, hasta que el efecto de la temperatura de incubación sobre el sexo fue esclarecido. El resultado muy probable de esta medida de “conservación” fue la producción de machos en proporciones anormales. La investigación sobre el efecto de la temperatura de incubación en playas de anidación sirvió como fundamento científico para los lineamientos de conservación orientados hacia la protección de huevos de tortugas marinas.

El ambiente de las playas de anidación proporciona una pequeña pero muy importante oportunidad para estudiar la biología de la reproducción y de la anidación. Se puede obtener información fundamental si se cuenta con empeño y un enfoque correcto, particularmente dentro de las áreas de la demografía, reclutamiento de crías y calidad del hábitat de anidación. Hasta tiempos recientes, la fuente más confiable de información sobre el tamaño de la población y su tendencia a largo plazo se derivaba casi exclusivamente de estudios en playas sobre reproducción y anidación. Este capítulo se enfocará particularmente a las necesidades para investigación y manejo en las playas de anidación, incluyendo estudios sobre las hembras adultas, huevos y crías.

Lineamientos Generales

Seleccione un proyecto de importancia para el manejo y recuperación de las poblaciones de tortugas

marinas. ¿Podrá el estudio propuesto mejorar el panorama de la conservación de las tortugas marinas, su éxito reproductivo, o la calidad de su hábitat de anidación? ¿Podrán los resultados del proyecto fortalecer la capacidad local para el manejo de recursos, así como los esfuerzos de cooperación regional que frecuentemente contienen una perspectiva internacional? El progreso de cada estudio debe ser evaluado periódicamente para determinar su impacto sobre la recuperación de la especie, además de si está cumpliendo con los objetivos del investigador. La revisión periódica de los propósitos también debería ser practicada por cualquier investigador que estudia la reproducción y anidación en las playas.

Piense en términos de tiempo. Las tortugas marinas son organismos longevos, con una tardía edad de primera reproducción, así como un prolongado potencial reproductivo. La producción de crías no impactará sobre el reclutamiento a la población de hembras anidadoras sino hasta después de un período de décadas posterior a la partida de las crías de su playa de eclosión. El número de hembras anidadoras varía enormemente de año a año por causas relacionadas a fenómenos ambientales poco comprendidas. Por lo anterior, es prioritario que algunos de los estudios sobre reproducción sean capaces de diseñar y apoyar programas de seguimiento cuya duración abarque una década o más. Estos proyectos a largo plazo requerirán el esfuerzo de varias generaciones de grupos de biólogos así como la capacidad y conocimiento técnico para el manejo de bases de datos y análisis por computadora que puedan garantizar la consistencia y continuidad del estudio. El trabajo en equipo es indispensable para el éxito de estudios sobre la reproducción a largo plazo.

Sea sensible al bienestar de las tortugas. Complementando las necesidades de los estudios

profesionales en playas de anidación es necesario aplicar un fuerte imperativo moral y científico que exige minimizar el impacto negativo de la investigación sobre las tortugas marinas bajo estudio. La investigación frecuentemente conlleva un inevitable hostigamiento de los organismos, por la aplicación de marcas, pesado, traslado de la nidada y, aun, la liberación de crías. Los estudios de animales *en peligro* y *amenazados* deberán siempre asegurar que las contribuciones de la investigación hacia el manejo y recuperación de las especies justifique el potencial de daño que se impone a los animales. Adicionalmente, si el comportamiento de la tortuga es afectado adversamente, podría invalidar la información generada y perjudicar la credibilidad científica del estudio.

Tomando los trabajos de marcaje como ejemplo, sabemos que el marcaje de hembras anidadoras, con marcas sobre aletas y transmisores pasivos integrados (PIT, por sus siglas en inglés) insertando en sus tejido, es una técnica importante para el estudio del ciclo de vida. Sin embargo, el marcaje, aun cuando realizado correctamente, puede desestabilizar las hembras anidantes. Al igual que para cualquier manipulación, el marcaje no debería realizarse a menos de que sea absolutamente necesario. El marcaje es una herramienta para la investigación, los medios para obtener un objetivo, y no fin en sí mismo. Cuando se aplica adecuadamente (y particularmente si los tamaños de muestra son grandes), los beneficios podrían incluir una recuperación de marcas lo suficientemente extensa para evaluar los patrones migratorios, la ubicación de sitios de alimentación así como las causas y niveles de mortalidad en zonas fuera de las playas de anidación, particularmente en relación a los niveles existentes de explotación. Una cobertura fiel e intensiva de la playa de anidación a lo largo de muchos años proporciona una oportunidad para medir el reclutamiento y supervivencia anual de la población. Para lograr resultados robustos, la tasa de pérdida de marcas debería ser evaluada, los registros de marcas deberían estar libres de errores y las bases de datos de marcas deberían ser accesibles a cualquier investigador acreditado que estudia el comportamiento de las tortugas marinas y que necesita conocer las playas de origen de tortugas capturadas con marca.

Los huevos y las crías deberían ser manejados con cuidado y solo cuando es indispensable. La manipulación de los huevos frecuentemente reduce el éxito de eclosión y se conoce poco sobre su impacto sobre la viabilidad del embrión. El proceso de dispersión natural de las crías del sitio de nacimiento

al hábitat pelágico en alta mar representa un proceso crítico compuesto por una secuencia de comportamientos de respuesta que obviamente son susceptibles a alteraciones. No se debería retener a las crías después de su emergencia a menos de que se tenga un propósito muy específico.

Prioridades de Investigación

Catalogar las Playas de Anidación

La conservación a largo plazo de las tortugas marinas dependerá de la disponibilidad y condición de las playas de anidación. ¿Dónde están los hábitats de anidación apropiados? y ¿existe en ellos alguna evidencia de anidaciones históricas y/o en la actualidad? Las playas de anidación deberían ser catalogadas por área, tipo de hábitat, propietario y estado de conservación. Se debería dar seguimiento a la pérdida o degradación de las playas de anidación ocasionadas por causas naturales o antropogénicas, y se debería decidir cuáles de las áreas donde ocurren las mayores anidaciones ameritan un seguimiento regular y metódico.

Documentar la Anidación

Registre cuándo y dónde ocurren las anidaciones, cuáles especies participan y la intensidad y tendencias de las anidaciones. No se requiere que el patrullaje sea estrictamente nocturno. Se puede lograr un seguimiento excelente con personal capacitado empleando patrullas diurnas, si se cuenta con mediciones realizadas por la noche para calibrar las del día. Realice la inspección con un diseño metódico, para que los resultados del patrullaje puedan ser comparables entre temporadas, sitios de estudio y observadores. Diseñe y comprométase a un programa con capacidad para realizar un seguimiento consistente por años. Capacite a los observadores en procedimientos para la captura y almacenamiento estandarizado de datos. La evidencia de *ausencia* de anidación para especies con una presencia histórica es también de importancia desde varios puntos de vista.

Determinar el Éxito de la Eclosión

Algunas playas de anidación que parecen pequeñas e insignificantes pueden proporcionar oportunidades óptimas para la anidación, mientras que en algunas playas prístinas se puede encontrar un nulo éxito reproductivo. Debería ser una prioridad de manejo el identificar playas con altos niveles de anidación, allí estimar tasas de eclosión y, en sitios

donde la eclosión es baja, determinar las causas más probables. Los esfuerzos de conservación deberían enfocarse hacia sitios donde se puede lograr un alto éxito reproductivo.

Caracterizar la Variabilidad Genética

La identificación genética de las colonias anidadoras es una prioridad, tanto en playas de anidación como en sitios de alimentación. El lograr un compendio de la variación genética encontrada en todas las colonias anidadoras a nivel mundial dependerá de la cooperación de los proyectos en playa localizados en todo el mundo. El muestreo de un huevo de cada nidada, el preservar un embrión muerto antes de eclosionar o la colecta de una pequeña biopsia de la aleta trasera de una hembra anidadora representan perturbaciones que son justificables debido al conocimiento que se puede adquirir al identificar la “firma” genética de una colonia anidadora. Por otro lado, la extracción de una muestra de sangre de una hembra anidadora es un procedimiento difícil y conlleva un riesgo a las tortugas por lo que solo debería ser practicado por personal capacitado.

Evaluar Parámetros Poblacionales

La evaluación de los parámetros poblacionales son decisivos para el desarrollo de los modelos predictivos requeridos para la toma de decisiones para el manejo de recursos. Los estudios en playa para estos objetivos podrían incluir mediciones de la mortalidad anual y el reclutamiento a la población anidadora, tasas de inmigración y emigración de la población reproductora, fecundidad promedio (número de huevos puestos) por hembra, proporción sexual y la proporción de la fecundidad poblacional que se logra como crías que ingresan a la fase marina. Una comprensión de la variación anual del número de hembras anidadoras requiere una cobertura completa de las playas durante la mayor parte de la temporada de reproducción (unos 100-200 días/año) y un seguimiento que debería extenderse durante muchos años. Los modelos poblacionales son demasiado sensibles a errores en las mediciones de sobrevivencia y reclutamiento de adultos y la edad de primera maduración sexual, en contraste con las mediciones de tamaño de nidada y porcentaje de eclosión que pueden ser determinadas con menor precisión. La presencia o ausencia de cada hembra en la playa de anidación y el número absoluto de nidos puestos son variables que deben ser conocidas con certeza. Los estudios poblacionales también requieren programas de marcaje intensivos

(incorporando estimaciones precisas de la pérdida de marcas) y un manejo cuidadoso de grandes cantidades de registros libres de error, provenientes de las observaciones en el campo.

Investigar temáticas de relevancia para la conservación

Se puede incluir una gama muy amplia de estudios importantes: los efectos del hombre y sus mascotas sobre el comportamiento de anidación y la sobrevivencia de embriones y crías; los efectos de la perturbación o manipulación del ambiente de playa sobre adultos y crías, incluyendo los problemas asociados con la iluminación de playas, extracción de arena, tráfico vehicular y peatonal con su consecuente compactación de la arena, vegetación exótica y desarrollo costero; materiales tóxicos y la calidad química y física de la arena de playa para el desarrollo embrionario; el efecto de arena importada sobre el éxito de la eclosión; el(los) efecto(s) de animales ferales y plagas exóticas. Si se decide utilizar criaderos artificiales, entonces se podría realizar investigación para derivar mejoras en los métodos. El ignorar temas de relevancia para la conservación o dejar de tomar en cuenta su importancia para el éxito reproductivo de las tortugas marinas sería negligente y de consecuencias graves para el manejo.

Los Objetivos

Un proyecto exitoso inicia operaciones con objetivos claros y bien definidos, un conocimiento de lo que requiere ser evaluado para alcanzar esos objetivos y un plan de investigación que, entre otras cosas, toma en cuenta el número de temporadas o décadas de trabajo requeridos para obtener estimaciones robustas de los parámetros de relevancia (p.ej., presencia de anidaciones en una playa, porcentaje de eclosión, número de hembras reproductivamente activas, reclutamiento y mortalidad de hembras adultas). De igual importancia es el definir qué porción de la población reproductora completa se está estudiando. Con base en el conocimiento derivado de marcadores genéticos, se puede definir la unidad de manejo (UM) de hembras anidadoras así como el ámbito geográfico de su actividad de anidación. Éste puede estar distribuido a lo largo de varias playas de anidación en varias islas o en varias playas continentales con extensiones de muchos kilómetros. El investigador debería saber si el estudio elegido sobre biología de la reproducción y anidación debe tomar en

cuenta la UM. Los estudios sobre éxito de la eclosión, por ejemplo, pueden ser aplicados en una playa (estudio específico) o en una UM (estudio general). Los estudios sobre parámetros poblacionales en sitios selectos deben considerar el movimiento de animales entre sitios de anidación dentro de una UM ya que, de lo contrario, las estimaciones de mortalidad y reclutamiento en los adultos pierden significado.

Como profesión, estamos en una etapa en el desarrollo de los estudios en playa en donde mucho se ha aprendido, pero persisten lagunas importantes en nuestro conocimiento. Los estudios que permitan mejorar la supervivencia de las tortugas marinas son esfuerzos dignos. Los estudios que reducen al mínimo el hostigamiento innecesario de los animales son esfuerzos dignos. La duplicación de resultados sin un

diseño de trabajo específico no es prioritario. Observaciones anecdóticas sobre tortugas aisladas no es prioritario. Reinventar (o “redescubrir”) aquello que ya se conoce no es prioritario. Nuestro enfoque colectivo debería estar dirigido a la obtención de resultados comparables, replicables y con precisión y exactitud. Los estudios sobre la biología de la reproducción y anidación pueden generar mayores beneficios para la conservación de las tortugas marinas si se comparan con los de otros estudios similares. Este manual proporciona una excelente orientación hacia las “mejores prácticas” estandarizadas. Por último, deberíamos esforzarnos por invertir en los demás y en nuestra capacidad colectiva para conservar tortugas marinas al compartir nuestros resultados así como publicar nuestros datos de manera oportuna.

Prioridades para la Investigación en Hábitats de Alimentación

Karen A. Bjorndal

Archie Carr Center for Sea Turtle Research, Department of Zoology, P. O. Box 118525, University of Florida, Gainesville, Florida 32611 USA; Tel: +1 (352) 392-5194; Fax: +1 (352) 392-9166; email: kab@zoo.ufl.edu

La investigación de tortugas marinas en áreas de alimentación ha quedado rezagada con respecto al trabajo en playas de anidación. Aunque las tortugas marinas permanecen menos del 1% de su ciclo vital en el ambiente de playa -como embriones, crías y hembras adultas que salen del mar a desovar- un 90% de las publicaciones sobre la biología de estas especies se basan en estudios realizados en playas de anidación. Es claro que el período reproductor es crítico, pero la distribución desigual del esfuerzo de la investigación no se debe exclusivamente a este hecho. Generalmente, la investigación en playas de anidación es más económica y se garantiza la certeza de obtener una proporción más alta de observaciones de tortugas por unidad de esfuerzo que aquella obtenida en áreas de alimentación. Quiquiera que se pasa días en mares turbulentos en busca de tortugas, encontrando solo una por día no puede evitar envidiar al colega trabajando en una playa de anidación que observa muchas más tortugas como producto de un agradable recorrido por la tarde. El sesgo hacia la investigación en playas de anidación refleja también el hecho que la mayoría de los biólogos que trabajan con tortugas marinas han sido entrenados dentro de programas con énfasis en ambientes terrestres en lugar de hábitats marinos. Este sesgo hacia lo terrestre influye no solo en la selección del hábitat de trabajo, sino también sobre la manera en que se formulan las preguntas de trabajo. Debido a esto, uno se pregunta si la fase del “año perdido” de todas menos dos poblaciones de tortugas marinas permanecería aún desconocido si más científicos con orientación marina estuvieran involucrados en los estudios sobre biología de las tortugas marinas.

El Papel en el Ecosistema

El papel de las tortugas marinas dentro de la estructura y función de los ecosistemas ha sido poco estudiado y debe ahora abordarse como prioridad de primer nivel. La comprensión de su capacidad para afectar la estructura y función del ecosistema podría considerarse como la máxima integración de nuestro conocimiento sobre la biología de las tortugas marinas. Además de contemplarse como una muy deseable meta para el conocimiento básico de biología, este tipo de estudios conllevan importantes implicaciones para el manejo y conservación de las tortugas marinas y los ecosistemas marinos. Bajo presión debido a incrementos en la demanda sobre recursos de por sí escasos, las prioridades para el acceso a recursos para la conservación se están concentrando en aquellas especies que juegan papeles críticos dentro del funcionamiento de ecosistemas. ¿Las especies de tortugas marinas son centrales y esenciales para los procesos de ecosistemas saludables o son, en vez, especies reliquias cuya extinción causaría poco efecto en el funcionamiento del ecosistema? Para responder esta pregunta, tendríamos que esclarecer los papeles de las tortugas marinas como depredadores y presas, como competidores de otras especies y como conductos para flujos substanciales de energía y nutrientes dentro y entre ecosistemas. Los análisis necesarios comprenden una amplia gama; desde estudios simples sobre sus hábitos alimentarios -todavía persisten tremendas lagunas en nuestro conocimiento sobre dietas de las tortugas marinas- hasta la evaluación de las complejas interacciones interespecíficas, como por ejemplo las de las tortugas carey en un hábitat de arrecife coralino.

Estudios en la Zona Pelágica

Se debe dar una alta prioridad a la primera etapa que es pelágica en casi todas las especies de tortugas marinas. La ubicación de esta etapa, sin duda la menos estudiada, solamente es conocida para dos poblaciones- las de la tortuga caguama (*Caretta caretta*) una en el Atlántico Norte y la otra en el Pacífico Norte. De esta manera, los estudios sobre estas dos poblaciones pelágicas son de interés prioritario y se deberían enfocar esfuerzos para localizar las etapas tempranas del ciclo de vida de otras poblaciones.

Además de la etapa inicial, se debe incrementar la atención otorgada a las etapas de aquellas especies-primordialmente las tortugas golfinas (*Lepidochelys olivacea*) y laúd (*Dermochelys coriacea*)- que permanecen dentro de la zona pelágica como sub-adultos y adultos. En general, estas dos especies son las menos estudiadas, y esto en gran manera debido a que su distribución es pelágica.

Identificación de Poblaciones, Migraciones y Abundancia

La identificación de poblaciones de tortugas marinas en la totalidad su ciclo de vida es otra área de la investigación que merece alta prioridad. La mayoría de las tortugas marinas realizan migraciones complejas durante su desarrollo, atravesando una diversidad de tipos de hábitats y varias jurisdicciones nacionales. Estos desplazamientos a veces complicados y con tiempos variables de residencia, acarrea como resultado enigmáticos patrones de distribución que incluyen la convergencia de varias colonias anidadoras en las áreas de alimentación. Estas características incrementan sensiblemente las dificultades para el desarrollo e instrumentación de planes efectivos para el manejo de poblaciones de tortugas marinas. En la actualidad se emplean tres enfoques para estas investigaciones: marcas pasivas (tanto externas como internas), telemetría satelital y marcadores genéticos. Cada una de estas técnicas conllevan ventajas y desventajas, sin embargo el esclarecimiento de las rutas migratorias y la identificación de poblaciones sin duda se logrará por medio de la integración de los tres enfoques, así como de la incorporación de técnicas aun no desarrolladas.

La falta de metodologías confiables para la estimación de los tamaños poblacionales en áreas de alimentación ha obstaculizado nuestra capacidad para supervisar las tendencias de las poblaciones en el

tiempo. El desarrollo de técnicas robustas para la evaluación de las poblaciones, de manera relativa o absoluta, debe ser considerado como una prioridad. Estas técnicas nos permitirían dar seguimiento a los efectos de actividades humanas sobre las poblaciones de tortugas marinas así como determinar el éxito o fracaso de las políticas de manejo.

Estrechamente relacionado con el esclarecimiento de la distribución y patrones migratorios está la identificación de hábitats críticos- además de las playas de anidación- que deben ser protegidos para asegurar la permanencia de los requisitos mínimos para hábitats de las poblaciones. Estos hábitats incluyen áreas de alimentación en ambientes pelágicos y béticos, zonas de apareamiento y para el período inter-anidatorio así como los corredores migratorios utilizados por las tortugas para su traslado entre uno y otro de estos ambientes.

Estructura Poblacional y Control de la Productividad

Descripciones cuantitativas de la estructura poblacional y la evaluación de parámetros demográficos críticos, como las tasas de crecimiento somático, edad de primera reproducción, índices de supervivencia, reclutamiento, migración, y proporción de sexos son esenciales para el desarrollo de modelos poblacionales. El conocimiento de las tasas de crecimiento y duración de residencia también facilitan un bioensayo valioso para estimar la calidad del hábitat y la vitalidad de la población. Se han iniciado estudios que abordan estos parámetros prioritarios, pero se requieren muchos más para completar una visión completa de la gama de tipos de hábitats y de especies. Se pueden lograr importantes nuevas perspectivas sobre este campo al integrar los análisis moleculares sobre la estructuración genética de las poblaciones con las evaluaciones más tradicionales de la estructura poblacional.

No obstante, evaluaciones descriptivas de los parámetros demográficos no debería considerarse como objetivo final de los trabajos. Se deberá dar prioridad a los estudios que trascienden el nivel descriptivo y que estudien los mecanismos regulatorios que controlan estos parámetros demográficos. Tales estudios examinarían el papel de la nutrición, hormonas, genética, fisiología, enfermedades y comportamiento en la regulación de la productividad de las poblaciones (crecimiento y reproducción). La investigación en estas líneas debería abordar preguntas como, ¿por qué

las tortugas verdes manifiestan diferentes tasas de crecimiento en diferentes áreas de alimentación?, y ¿por qué los intervalos entre temporadas de reproducción son consistentemente mayores en algunas regiones que en otras para la misma especie? Únicamente al comprender cómo es regulada la productividad podremos ser capaces de pronosticar cuál será la reacción de las poblaciones de tortugas marinas a las perturbaciones de sus ambientes tales como el cambio climático global y otros causados por las actividades del ser humano.

Efectos Antropogénicos

Es evidente que el conocimiento de los efectos de las actividades humanas sobre las tortugas marinas en hábitats de alimentación es prioritario para lograr un manejo y conservación efectivos. Los niveles actuales de la captura directa de tortugas en zonas de alimentación debe ser evaluado. La opinión de que las poblaciones de tortugas marinas pueden sustentar cosechas en la fase de alimentación mientras que se les proteja en sus playas de anidación refleja una falta de comprensión sobre cómo estas prácticas suelen ser implacables, eficaces y, por lo tanto, exhaustivas para la población.

También crítico es la cuantificación del efecto indirecto sobre las poblaciones de tortugas marinas por parte de la captura incidental en las pesquerías, el potencial de competencia entre comunidades ribereñas y tortugas marinas por alimento, así como las repercusiones ocasionadas por la contaminación y basura en el mar. La degradación de los hábitats de alimentación por la contaminación, asolvamiento y prácticas destructivas de pesca es mucho más difícil de determinar en esos ambientes que en las playas de anidación pero no menos importante. Una degradación de la calidad ambiental puede provocar efectos substanciales por medio de la supresión del sistema inmunológico de las tortugas marinas, haciéndolas más susceptibles a enfermedades y otros factores estresantes.

Es necesario evaluar no solamente los efectos letales de las actividades humanas sobre las tortugas marinas, sino también aquellas que son sub-letales o

crónicas. Estas últimas son normalmente más difíciles de detectar pero su efecto acumulativo, que merma las tasas de crecimiento y los niveles reproductivos, puede provocar mayores repercusiones a nivel poblacional que una mortandad directa. Es recomendable incorporar estimaciones del impacto antropogénico a los modelos de dinámica poblacional para evaluar su efecto global sobre las poblaciones de tortugas marinas. La derivación de medidas pertinentes de mitigación deberá recibir una alta prioridad.

Conclusiones

La investigación descrita en esta sección requiere inversiones sustanciales de tiempo, esfuerzo, y recursos económicos. Sin embargo, no existen una disponibilidad suficiente de recursos para apoyar este tipo de estudios para todas las poblaciones de todas las especies de tortugas marinas. Así, se debe asignar una prioridad alta al desarrollo de métodos predictivos que empleen la información de fácil disponibilidad. Ejemplos de este tipo de métodos es el uso de datos sobre frecuencia de tallas para la estimación de tasas de crecimiento o el uso de sensoramiento remoto para predecir los movimientos pasivos mediados por las corrientes en los estadios tempranos de las tortugas marinas en el ambiente pelágico. Una vez validados, tales técnicas pueden encontrar una aplicación generalizada. Asimismo, se debe seleccionar poblaciones representativas para estudios intensivos y seguimiento de largo plazo. Al enfocar sobre estas poblaciones “índice”, los recursos pueden ser usados más eficazmente.

Por supuesto que el valor de cualquiera de los anteriormente mencionados estudios sólo se logrará plenamente siempre y cuando se analicen y publiquen los resultados. La publicación oportuna de resultados de la investigación siempre debe ser considerada como una prioridad alta. La metodología-como por ejemplo los bancos de datos regionales- debe consolidarse de tal manera que la información de relevancia regional pueda ser compartida y que se fomenten los estudios interdisciplinarios los cuales permiten enfocar una amplia gama de capacidades sobre líneas específicas de investigación.

Conservación Basada en la Comunidad

John G. Frazier

CINVESTAV, A.P. 73 "Cordemex," Mérida, Yucatán, México 97310; Tel: +52 (99) 81-29-60; Fax: +52 (99) 81-46-70; y Smithsonian Institution, 1500 Remount Road, Front Royal, Virginia 22630 USA; Tel: +1 (540) 635-6564; Fax: +1 (540) 635-6551; email: kurma@shentel.net

¿Por Qué Conservar las Tortugas Marinas?

Las tortugas marinas han sido explotadas desde épocas antiguas para extraer de ellas alimentos (aceites y proteínas) y derivados (hueso, cuero y concha). La importancia de estas especies en el comercio se remonta a través de siglos en el pasado, ya sea transformadas a calípee, cuero, aceite o concha, o simplemente como tortugas vivas. Recientemente, las tortugas marinas han adquirido una importancia para fines de no consumo: como objeto para el turismo y para actividades educativas y de investigación las cuales generan oportunidades de empleo y servicios de información, sin olvidar las ganancias económicas que representan.

Otra consideración menos aparente, pero de alto valor intrínseco, es como recurso ecológico. Estos reptiles son componentes singulares de sistemas ecológicos complejos, cuya vitalidad se interrelaciona con otros recursos comerciales explotables (incluyendo peces, moluscos y manglares); así como con otros "servicios del ecosistema" (por ej., la estabilización de áreas costeras). Debido a que realizan migraciones de miles de kilómetros y tardan décadas para madurar sexualmente, las tortugas sirven como importantes indicadores de la salud de los ambientes costeros y marinos tanto en escala local como global. Adicional a su valor como recurso material, las tortugas marinas tienen un mérito inconmensurable como bien cultural. Diversas culturas y sociedades han incorporado a las tortugas marinas como elementos centrales en sus costumbres y creencias. Tradicionalmente, el ser un arawak en la Guyana, un bajun en Kenia, un concaac ("seri") en México, un miskitu en Nicaragua, un tahitiano en Tahití, o un vezo en Madagascar, indica que se caza y se explota a las tortugas marinas.

En las sociedades industrializadas, estos reptiles también llevan a cabo funciones especiales; por su naturaleza carismática y su misterioso ciclo de vida, son ideales como objeto de estudio en actividades educativas y de investigación.

Esto significa que las tortugas marinas son el prototipo de las especies "bandera" tanto para la conservación local como internacional. Para conservar estos animales y sus hábitats, deben tomarse en cuenta vastas extensiones del planeta, y manejarlas adecuadamente. En pocas palabras: conservar tortugas marinas es una manera de proteger áreas marinas y costeras, y esto a su vez es un instrumento de protección para el mundo complejo e interconectado del que dependen las sociedades humanas.

Conservación Biológica:

¿Qué es lo que debe ser Manejado?

El manejo de vida silvestre y la conservación biológica requiere tanto del manejo de la gente como el de la fauna silvestre; al final ambos son adecuados al bien público, no al biológico. Las tortugas marinas han persistido a través de los tiempos, prosperando sin el beneficio de áreas protegidas, legislación ambiental, planes de acción, manuales de investigación, ni de otros instrumentos de los programas de conservación. Sólo cuando se involucra el ser humano realizando actividades de sobreexplotación o de perturbación a los hábitats, es que la conservación biológica se convierte en una necesidad fundamental. Por tener un interés asociado a la condición de salud de este recurso, cualquiera que se beneficia de las tortugas marinas (ya sea por medio de prácticas de consumo o de no consumo), o de sus hábitats marinos o costeros, es un "actor clave" ("stake holder" en inglés) porque tiene un interés asociado a la condición

de ese recurso. También es primordial que los que se benefician del recurso funjan como custodios (“stewards”) del mismo; es de su propia conveniencia que el recurso perdure y que, a la par de contar con los derechos de uso, asuman la responsabilidad de colaborar en las actividades de conservación (ver también Marcovaldi y Thomé, este volumen).

Es un precepto, que el manejo aplicado “desde las altas esferas de decisión” es ineficaz: ninguna cantidad de leyes, decretos, áreas protegidas, planes de acción, listas de especies en peligro, o proyectos de investigación asegurarán la conservación de un animal o su hábitat—sobre todo si la especie lleva a cabo migraciones que abarcan la mitad el planeta y tarda décadas en madurar sexualmente. Está claro que debe haber normas que regulen el uso de recursos compartidos, pero es indispensable que los usuarios del recurso estén enterados y mantengan una actitud de apoyo a la instrumentación de las mismas. Una práctica realista de la conservación debe estar integrada y respaldada por las comunidades que interactúan con las tortugas y sus hábitats. Es fundamental comprender que la condición del ambiente está íntimamente relacionado con la calidad de vida de las comunidades humanas allí asentadas y, en muchos casos, la conservación basada en la comunidad (CBC) se considere parte del proceso de desarrollo de la comunidad misma. La CBC se ha puesto en boga por una buena razón: es indispensable para una conservación de recursos compartidos con un enfoque realista y a largo plazo.

La CBC: Una Filosofía y un Reto

CBC es más una filosofía que una técnica: los procedimientos sistematizados son escasos, en cambio, existe una amplia gama de estrategias para la solución de problemas similares. Tanto los retos conceptuales como los materiales son comunes: los recursos financieros y de otro tipo pocas veces son suficientes. Aún así, estas carencias no son exclusivas de la CBC. Quizá la carencia más grave es la de recursos humanos: las personas con un entrenamiento adecuado, competentes, interesadas y disponibles para asumir compromisos a largo plazo con la CBC son, en sí, más escasas que la más escasa de las especies en peligro de extinción. Los temas conceptuales son diversos, complejos y, a menudo, imponentes. Debido a que la CBC está de moda, atraerá a muchas personas, algunas por razones poco honestas. Lograr una verdadera CBC no es fácil de llevar a cabo. El desarrollo de un manejo “desde las bases” requiere

no solo de mucho tiempo, sino que también es común enfrentarse a una amplia oposición a este proceso—siendo menoscabada o coartada por personas en el poder (PEP). Un problema crónico se deriva de la diferencia entre los intereses locales a favor del desarrollo y la conservación, y aquéllos propios de las PEP. Es muy raro que las PEP comprendan los complejos problemas a nivel de comunidades individuales; de hecho, sus prioridades generalmente gravitan alrededor de la concentración del poder y el control—no la promoción de la democracia y la transferencia del poder. Para comenzar, es inusual que los derechos tradicionales y las responsabilidades involucradas en el uso de los recursos se reflejen en los instrumentos legales de los estados modernos. Sin embargo, éstos existen como leyes no escritas, a veces implícitas, a nivel de comunidad, con formas de transmisión y autoridad integrados a esquemas de relevancia cultural.

Integración

La CBC precisa de la contribución de muchas disciplinas, trascendiendo una aplicación exclusiva de la biología. Para este enfoque no basta el conjuntar un grupo diverso de especialistas; se requiere funcionar con un lenguaje y un fundamento conceptual común, que a menudo se inicia a partir de puntos de vista discordes, fragmentados, aislados e incluso antagónicos. Debe existir un compromiso a largo plazo por parte de las personas que actuarán como “facilitadores” quienes además de conformar un equipo entre ellos mismos, también deben establecer una relación de respeto mutuo y perceptivo con la ciudadanía. Así, estos facilitadores apreciarán la capacidad, limitaciones, necesidades y aspiraciones de los lugareños. Lograr esto requiere una integración social y sensibilidad cultural. No obstante, los facilitadores no deben engañarse, pensando que son nativos y, por lo tanto, asumir que tienen una comprensión total de la problemática (aspectos culturales, económicos, de parentescos, históricos, políticos, sociales, etc.) de una comunidad. Es normal que las comunidades se dividan a lo largo de varios ejes sociológicos, y los conflictos internos son comunes. A veces no es evidente quienes son los miembros de una comunidad. Debido en parte a esto, la aceptación no se logra fácilmente, y la CBC requiere compromisos de tiempo completo y a largo plazo. Es esencial una paciencia ilimitada por parte de los facilitadores para cimentar la confianza y el consenso.

Consideraciones de Tiempo

Por lo explicado en el párrafo precedente, es crítico que se asigne suficiente tiempo a la CBC: abandonar un programa o el seguimiento de las actividades, genera graves riesgos no solo de fracasos y malas interpretaciones, sino también de rechazo a futuras actividades de conservación y desarrollo en el largo plazo. Al mismo tiempo, es esencial que los facilitadores sean realistas y honestos en lo referente a la duración y naturaleza de su involucramiento con la comunidad; no deberán alentar en los comuneros la creencia de que permanecerán por siempre resolviendo sus problemas. El paternalismo no debe confundirse con el verdadero desarrollo: *la meta de los verdaderos facilitadores de la CBC es laborar para quedarse sin trabajo*. La actitud romántica de que las comunidades rurales están “en equilibrio con la naturaleza” también debe evitarse, así como el permitir la pobreza y el sub-desarrollo bajo el estandarte de una conservación de las “vidas tradicionales” y la “nobleza de los bárbaros”. Ser meramente rústico o marginado por la sociedad moderna, no implica automáticamente que se adoptará fácilmente costumbres de protección del ambiente, o que estará a favor de una conservación a largo plazo de sus propios recursos naturales. Así, puesto que los resultados de la CBC tardan en rendir fruto, algunos temas críticos de la conservación requieren otros enfoques. Es muy raro que la aplicación de una CBC resulte apropiada para lograr soluciones rápidas a problemas urgentes.

Comunidad y Participación

La participación de los diversos sectores de la comunidad es indispensable para una CBC, teniendo presente que el término “comunidad” es una simplificación, ya que cualquier población estará subdividida por sectores y por grupos con intereses comunes. Mientras la participación de todos los sectores es fundamental, el acto de participar es un proceso concebido para alcanzar un fin por lo tanto debe cuidarse que el proceso de la participación no conduzca a distorsiones del poder y del acceso a los recursos. Todos los miembros de la comunidad deben sentir que existe una política de “puertas abiertas” que propicie su participación en las actividades de la CBC, y que todas las negociaciones y transacciones son transparentes y de buena fe. El lograr la participación de toda la población, no necesariamente implica que se vaya a interactuar con cada persona en la

comunidad todo el tiempo; los facilitadores deben respetar la estructura social, trabajando a través de líderes locales, organizadores y otros actores principales. Sin embargo, es crítico el poder diferenciar entre los verdaderos líderes y “expertos” locales, y las personas con aspiraciones o asignaciones políticas y “oportunistas” quienes están buscando favores y ventajas. No todos los nativos son nativos expertos, y no todos los “líderes” de cada localidad son aceptados por sus comunidades; algunos residentes — al igual que muchos políticos y ejecutivos de compañías — tienen habilidades para promoverse personalmente adecuándose a moldes estereotipados preconcebidos para engañar a los fuereños de su importancia.

Retos Contemporáneos

Las comunidades rurales normalmente causan un menor impacto destructivo sobre el ambiente que las poblaciones urbanas. No obstante, los habitantes rurales se encuentran comúnmente atrapados en la frontera entre una cultura rica en valores tradicionales y las presiones sociales de orientación consumista. Las sociedades, sus culturas y tradiciones, son dinámicas y evolucionan en el tiempo y en respuesta a los cambios. Sin embargo, las comunidades contemporáneas están sujetas a alteraciones inéditas, de rápida invasión y profundas consecuencias. Como ahora, nunca antes habían crecido tan rápido las poblaciones humanas, provocando una creciente competencia por los recursos; los tentáculos del mercado global están por todas partes, provocando con su desenfrenado agotamiento de los recursos, contaminación global y perturbación ambiental, una consecuente privación de acceso a recursos básicos, junto con una homogeneización cultural. Como resultado, las prácticas tradicionales, aunque congruentes con las anteriores condiciones, pueden ser inadecuadas para la situación contemporánea; podrían provocar una aculturación y la pérdida- o aún el rechazo- de conocimientos y valores tradicionales, que son de utilidad para orientar la conexión entre humanos y el ambiente.

Un objetivo primario en la CBC para las tortugas marinas es el desarrollo de prácticas culturalmente aceptables para proteger tortugas y sus hábitats, beneficiando al mismo tiempo a las comunidades costeras. Si la explotación y otras actividades que afectan las tortugas y sus hábitats están incrustadas dentro de las tradiciones, frecuentemente se requerirán modificaciones profundas en las prácticas establecidas. Indudablemente, si las poblaciones de

tortugas marinas han sido diezmadas y sus áreas de anidación y alimentación se encuentran perturbadas en exceso, a la par del florecimiento de los asentamientos humanos y del aumento en el consumo per cápita, no existe manera alguna de continuar una explotación de la tortuga como “en los viejos tiempos”. Esto es especialmente problemático en esta era de la «neo-liberalización» y de economías globalizadoras: transformadoras de recursos producidos y consumidos localmente en artículos para los mercados del mundo, mientras que facilita el acceso irrestricto a recursos y mercados, y raramente proporcionando una adecuada compensación a los productores.

Búsqueda de Alternativas

La búsqueda e instrumentación de “alternativas” son prácticas comunes en la CBC, pero en este proceso existen otros desafíos- las alternativas deben ser aceptables para las personas que las utilizarían; los usuarios deben conocer lo que está involucrado, tener la capacidad técnica para lograr lo que es necesario, y los resultados deben ser de beneficio para ellos; así como también responder a sus expectativas. Por otra parte, los líderes y autoridades comunitarias deben estar de acuerdo con las alternativas. Debe darse una verdadera colaboración en el desarrollo de actividades de conservación, facultando a los individuos para que realmente participen y lo hagan con plena responsabilidad. Que no actúen como simples testigos (o peor, ignorados o, incluso, engañados y/o dominados). De igual importancia: las alternativas deben ser ecológicamente aceptables. Por ejemplo, frecuentemente se ofrece el “ecoturismo” como una “solución rápida” a los problemas de conservación y de falta de ingresos en comunidades perjudicadas, pero hay muchas consideraciones –tanto sociales como ecológicas- que deben ser resueltas antes de ponerlas en práctica como una alternativa viable.

Aun cuando se reúnan los requisitos sociales y ecológicos, los proyectos de desarrollo comunitario no se desenvuelven en una situación estática; los cambios tanto en los aspectos socio-culturales como en los ambientales son frecuentes, a menudo como un resultado directo de los programas de conservación/ desarrollo. ¡Puesto que las sociedades y los ambientes son ambos dinámicos en el espacio y tiempo, no podría ocurrir de ninguna otra manera! Cada comunidad tiene sus propias idiosincrasias- históricas, culturales, económicas, políticas y ambientales. Así que no existe una fórmula o modelo universal para una CBC o el desarrollo de alternativas.

El Desafío de la Autonomía

A pesar de que la autosuficiencia y autogestión de la comunidad son metas nobles, los facilitadores deben ser realistas, y valorar objetivamente los niveles de cohesión social así como la capacidad administrativa y de organización política de las comunidades objetivo. Existen requerimientos sociales y políticos básicos para poder existir independiente de los implacables sistemas políticos y económicos que asedian las comunidades costeras de hoy. No es un desafío trivial para que un grupo de personas relativamente inexpertas e impotentes resistan las presiones sociales y económicas de las mucho más grandes y mejor financiadas entidades industriales y políticas, en las que el éxito es medido en términos de crecimiento ilimitado y conquista. Comúnmente es necesario facilitar el enlace entre los miembros de las comunidades y las PEP que operan en esferas políticas y económicas con diferentes- o extraños - valores culturales. Por otro lado, sería irresponsable el instrumentar *todo* lo propuesto por una comunidad, sólo en nombre de la autogestión, particularmente cuando existe evidencia bien fundamentada de que lo propuesto conlleva consecuencias negativas en el largo plazo. Es por esto que los miembros de la comunidad deben tener acceso a la información fundamental, así como tiempo y asesoría para su interpretación y reflexión sobre la relevancia para sus vidas y familias.

Entrenamiento y Aprendizaje

Habitualmente, se requiere algún tipo de capacitación para que los miembros de la comunidad puedan usar alternativas que han sido adquiridas o modificadas recientemente y que den respuesta a sus necesidades y expectativas- sin provocar daños al ambiente o la sociedad. Siempre que sea posible y apropiado, deben ser incluidas (o rehabilitadas) las tradiciones y prácticas locales en los planes y acciones de conservación; esto es particularmente importante en la educación ambiental. Es decisivo el entender tanto los conocimientos tradicionales locales como la biología básica de las tortugas marinas para poder integrar el conocimiento y creencias autóctonas con las explicaciones científicas. También es esencial contar con una objetividad y humildad para poder escuchar a y aprender de personas iletradas. Sin embargo, es igualmente importante el facilitar la organización social y política en la comunidad, lo que al final significa el desarrollo de líderes y de estructuras políticas. La distinción entre una verdadera CBC y la

“coronación” de un cacique es muy tenue, por lo que se requiere mucha cautela e integridad en este campo. Por esto, la instauración de procesos claros en la administración es crítica. Dado que los facilitadores son fuentes y canalizadores de recursos limitados (por ejemplo, dinero, información y PEP), la distribución de sus servicios debe tomar en cuenta la heterogeneidad de la comunidad.

Prioridades

Ya que los problemas sociales y ambientales no tienen fin, el enfoque de una CBC debe buscar resolver los problemas de raíz y no simplemente tratar los síntomas. Así, la comunidad escogida, el área geográfica, los dilemas sociales a ser confrontados y los problemas de la conservación por ser resueltos (por ejemplo, especies y ecosistemas) deben ser evaluados objetivamente para lograr que la inversión de recursos limitados obtenga el máximo beneficio social y de conservación tanto en el tiempo como en el espacio. También es fundamental aprovechar el “efecto multiplicador” en el que cada maestro y líder competente capacita a varios colegas.

Conclusiones

La meta de la CBC es integrar el desarrollo de la comunidad con la conservación de cultura y tradiciones, protegiendo simultáneamente el ambiente y la base de los recursos. Esta estrategia implica la promoción de una forma de uso de los recursos sin que disminuyan su valor a largo plazo, en términos económicos, sociales y ecológicos. El éxito puede evaluarse por la disponibilidad de recursos aprovechados así como de servicios derivados del ecosistema, la persistencia de las especies (por ejemplo aquellas explotadas, angulares, o en peligro) y el mantenimiento de paisajes con importancia cultural. También implica un mayor grado de autosuficiencia y libre determinación para la comunidad en todos los frentes: económico, social, cultural, político, etc. Al final, la motivación común de las comunidades en el

largo plazo por conservar los recursos compartidos definirá el destino de sus futuras generaciones. A pesar de la enormidad del desafío que representa la CBC, ésta genera recompensas y satisfacciones singulares para aquellos que nutren el proceso.

Resumen

A pesar de la necesidad de desarrollar acciones caso-por-caso para una CBC, varias generalidades pueden utilizarse como definición de pasos concretos: defina el problema (tomando en cuenta sus ramificaciones sociales y políticas); elabore metas realistas, y defina los procedimientos para la evaluación objetiva de los avances tanto en el corto como en el largo plazo; identifique a los actores claves locales así como otros participantes relevantes; evalúe las actitudes y tome en cuenta los intereses (declarados y escondidos) de todos los interesados; estime las ventajas y desventajas para los diferentes interesados (tanto estimables como no estimables pero percibibles); desarrolle estrategias y alternativas realistas por medio de acuerdos generales, sin perder de vista los desafíos de integración, limitaciones de tiempo, etc.; desarrolle formas de comunicación y símbolos que sean pertinentes y eficaces, incluyendo la capacitación; mantenga un proceso abierto y participatorio; evite el romanticismo y el paternalismo.

Reconocimientos

Esta síntesis se benefició de una incomparable diversidad y riqueza de experiencias, ideas, conceptos y críticas que se compartieron durante la Reunión de Especialistas en Tortugas Marinas de Latinoamérica que se lleva a cabo anualmente previo al Simposio Anual sobre la Biología y Conservación de las Tortugas Marinas. Además, Margarita Alba, Ma. Dolores Cervera M., Betty B. Faust, Brian Miller, Charles Tambiah, Peter Richardson y Chris Wemmer aportaron valiosos comentarios sobre las primeras versiones del trabajo.

Taxonomía, Morfología Externa e Identificación de las Especies

Peter C. H. Pritchard

Chelonian Research Institute, 401 South Central Avenue, Oviedo, Florida 32765 USA;

Tel: +1 (407) 365-6347; Fax: +1 (407) 977-5142

Jeanne A. Mortimer

P.O. Box 445, Victoria, Mahe, Republic of Seychelles, Tel: +248 323-050; Y Department of Zoology,

University of Florida, Gainesville, Florida 32611-8525 USA; Tel: +1 (352) 373-4480;

Fax: +1 (561) 658-5918; email: jmort@nersp.nerdc.ufl.edu

Nombres Científicos y Comunes

Existe una gran variedad de nombres comunes para la mayoría de las especies de tortugas marinas, aunque los que se emplean para las especies con distribuciones más restringidas (*Natator depressus*,

Lepidochelys kempii) son más escasos. En esta sección, se incluye sólo un ejemplo del nombre común para cada especie en español, inglés y francés.

Familia Dermochelyidae

Dermochelys coriacea:

Leatherback (I); Tortue luth (F); Tortuga laúd (E)

Familia Cheloniidae

Chelonia mydas:

Green turtle (I); Tortue verte (F); Tortuga verde (E)

Chelonia mydas / C. agassizii /

*C. m. agassizii*¹:

Black turtle (I); Tortue noire (F); Tortuga prieta (E)

Natator depressus:

Flatback turtle (I); Chelonée à dos plat (F); Tortuga aplanada (E)

Eretmochelys imbricata:

Hawksbill (I); Tortue imbriquée (F); Tortuga de carey (E)

Caretta caretta:

Loggerhead (I); Caouanne (F); Caguama (E)

Lepidochelys kempii:

Kemp's ridley (I); Chelonée de Kemp (F); Tortuga lora (E)

Lepidochelys olivacea:

Olive ridley (I); Chelonée olivâtre (F); Tortuga golfina (E)

¹ *Nota de los Autores:* Existen argumentos tanto a favor como en contra de la designación de la tortuga prieta, *Chelonia agassizii*, como una especie independiente, dentro del género *Chelonia*. Al hacer un balance, apoyamos el concepto de especie independiente dado que concuerda con los criterios tradicionales con base al grado de divergencia morfológica y la probable existencia de mecanismos de aislamiento reproductivo, además de que la ciencia que hace una interpretación objetiva de diferencias expresadas en el genotipo y su relación con la sistemática, se encuentra todavía en proceso de evolución. Sin embargo, otros discrepan con esta opinión. Para mayores detalles sobre este debate, se recomienda consultar a Pritchard (1996, 1999), Bowen y Karl (1996) y Karl y Bowen (1999).

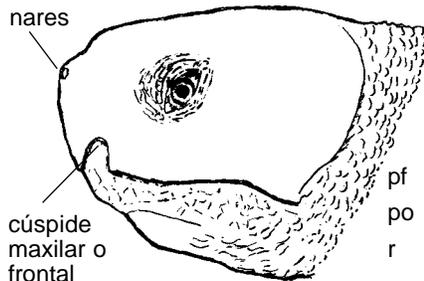
Nota de los editores: El estado de la sistemática y nomenclatura de la tortuga prieta o tortuga verde del Pacífico oriental, referida como *Chelonia agassizii* o *C. mydas agassizii* por algunos autores, aún está bajo discusión. Evidencias genéticas recientes apoyan una agrupación que distingue las poblaciones del Atlántico-Mediterráneo de las del Índico-Pacífico, mientras que datos sobre morfología y comportamiento sugieren la existencia de una especie o subespecie en el Pacífico oriental. En consideración a que este debate aún no concluye y que la UICN en la actualidad no reconoce la tortuga prieta (negra) como una especie (o subespecie) de *Chelonia*, en este Manual se adopta el *status quo*. Esto es, que existen siete especies de tortugas marinas y que la forma "agassizii" queda circunscrita dentro del complejo global de *Chelonia mydas*. Al presente, el MTSG no adopta una postura formal concerniente a este debate, pero apoya y fomenta la investigación conducente al esclarecimiento del tema.

Ilustraciones: Tom McFarland proporcionó las ilustraciones para las Figuras 4-11 y 13. Las Figuras 1, 2, 12 y 14 fueron modificadas por J. Mortimer a partir de los originales de T. McFarland. Los autores manifiestan su agradecimiento a T. McFarland por su contribución a este capítulo.

Estructuras Morfológicas Externas y Caracteres Taxonómicos

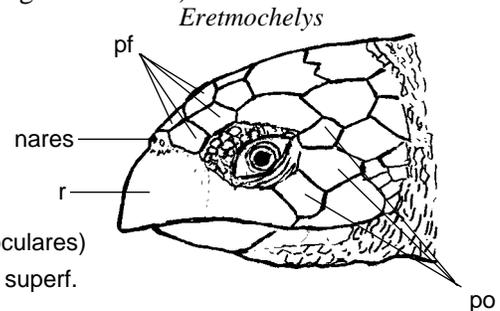
Las figuras 1 y 2 ilustran algunas de las estructuras morfológicas externas, utilizadas para la identificación de tortugas marinas a nivel de especie. Además estas estructuras pueden bien ser usadas para hacer referencia a puntos específicos del cuerpo de una tortuga- por ejemplo, la ubicación exacta de una

lesión, anomalía en algún escudo, etc. En los casos donde varios escudos o escamas tienen el mismo nombre (p. ej., vertebral, marginal, etc.) los escudos pueden ser distinguidos individualmente por medio de una numeración, ordenada del extremo anterior al posterior de la tortuga, anotando también si pertenece al lado izquierdo o derecho del cuerpo (p. ej., sexto escudo marginal derecho).

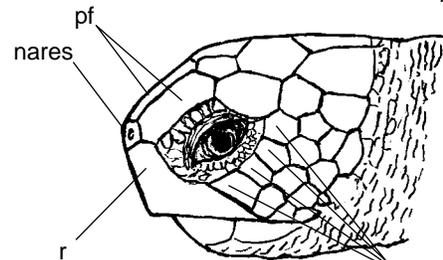


Dermochelys

pf = escamas prefrontales
 po = escamas postorbitales (postoculares)
 r = rhamphopeca (tomium es la superf. de la mordida)



Eretmochelys



Chelonia

Figura 1. Rasgos anatómicos de las cabezas de las tortugas marinas, se indica la ubicación de las escamas prefrontales y postorbitales, las cuales son diagnósticas para la identificación de algunas especies. Nótese que hay dos pares de prefrontales en *Eretmochelys* y un par en *Chelonia*; tres pares de postorbitales en *Eretmochelys* y (comúnmente) cuatro pares en *Chelonia*. Las *Dermochelys* carecen de escamas en la cabeza.

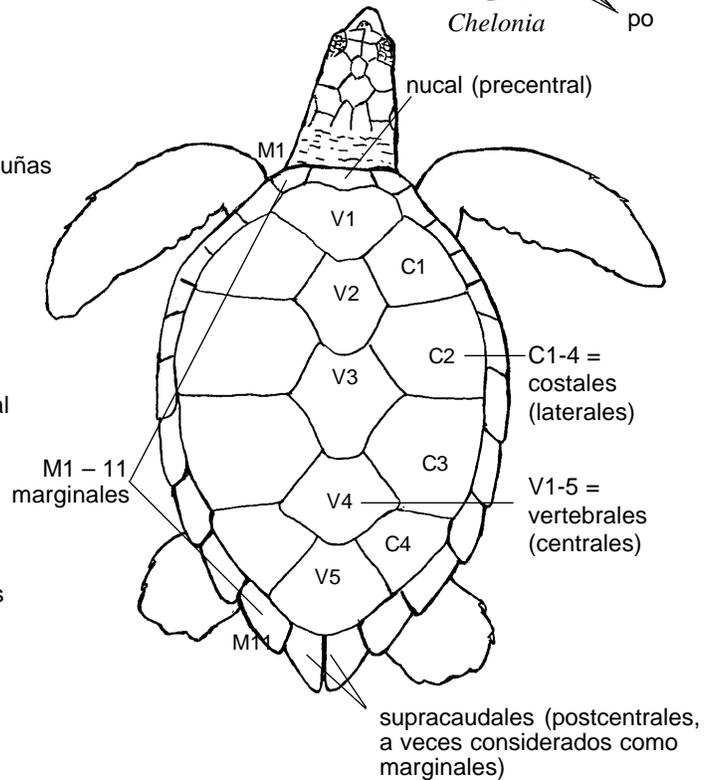
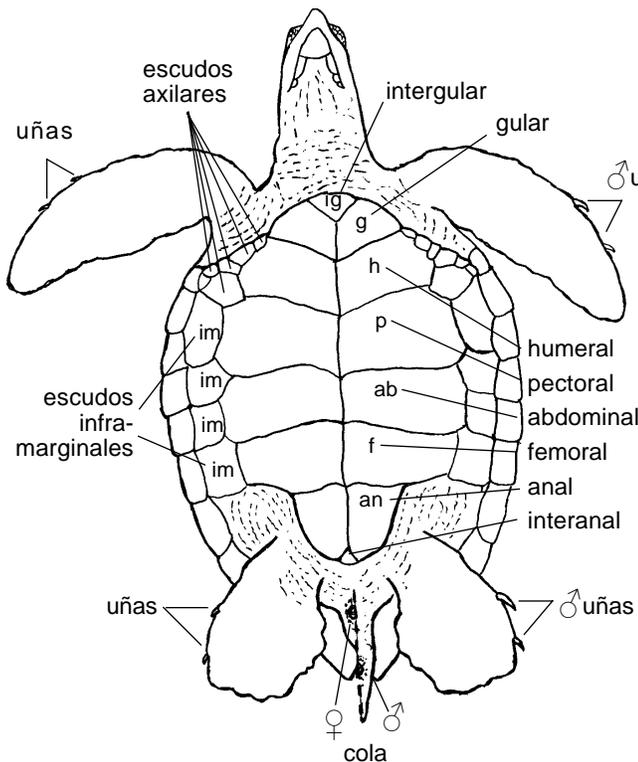


Figura 2. Guía ilustrada de los rasgos morfológicos externos de las tortugas marinas, incluyendo los escudos del plastrón (concha inferior) y del carapacho (concha superior). En casos donde el escudo tenga más de un nombre, se incluyen los nombres alternos dentro de paréntesis. Los rasgos sexuales secundarios solamente son visibles en tortugas adultas. Notar que los escudos inframarginales abarcan la distancia entre las escamas marginales y las escamas grandes del plastrón (h, p, ab, f)

Guía Simplificada para Identificar Tortugas Adultas y Subadultas en el Campo

Esta clave está diseñada para identificar tortugas adultas o subadultas observadas brevemente en la

superficie del mar desde una embarcación o aeronave, o vistas por un buzo bajo el agua. Para facilitar este tipo de identificaciones, la Figura 3 ilustra siluetas dorsales de las diversas especies de tortugas marinas.

-
1. Carapacho flexible de textura coriacea, sin escudos, carapacho negro o moteado de blanco, extremo posterior afilado y con quillas longitudinales conspicuas; longitud de carapacho hasta unos 180 cm; en todos los océanos, templados o tropicales *Dermochelys coriacea*
 - 1'. Carapacho rígido, redondeado o alargado pero sin agrupamiento en el extremo posterior; longitud de carapacho menos de 120 cm ver 2
 2. Carapacho ancho y casi circular; ancho de cabeza hasta unos 15 cm; coloración dorsal gris a verde olivo, liso; longitud máxima de carapacho hasta unos 70 cm ver 3
 - 2'. Carapacho no tan ancho que lo haga casi circular; coloración variable; máxima longitud de carapacho hasta unos 120 cm ver 4
 3. Carapacho muy plano y ancho, coloración relativamente clara; juveniles gris, circulares en su contorno; máxima longitud de carapacho 72 cm; Golfo de México, EUA oriental, ocasionalmente Europa occidental *Lepidochelys kempii*
 - 3'. Carapacho relativamente empinado en sus costados, especialmente en el Pacífico oriental; típicamente color olivo oscuro; juveniles gris, circulares en su contorno (similar a *L. kempii*); máxima longitud de carapacho 72 cm; Océanos Pacífico, Índico y Sur Atlántico (Trinidad a Brasil; Africa occidental) *Lepidochelys olivacea*
 4. Cabeza muy grande (ancho hasta 28 cm en adultos); carapacho más ancho anteriormente, alargado y más estrecho posteriormente, con una "joroba" en el quinto escudo vertebral; color uniformemente café-rojizo, máxima longitud de carapacho 105 cm; normalmente aguas de todos los océanos, incluyendo Mediterráneo y costa Atlántico de EUA, ocasionalmente en los trópicos *Caretta caretta*
 - 4'. Cabeza no muy grande (ancho hasta 12-15 cm en adultos); carapacho sin ensanchamiento anterior y sin "joroba" en el quinto escudo vertebral; color variable, carapacho comúnmente con marcas conspicuas, típicamente con vetas café oscuras o negras, u olivo liso; mares tropicales ver 5
 5. Cabeza pequeña, redondeada anteriormente; carapacho acorazonado ver 6
 - 5'. Cabeza muy angosta y adelgazada anteriormente, o mediana y aproximadamente triangular; carapacho relativamente angosto o ligeramente ovalado ver 7
 6. Carapacho liso y ancho (ligera indentación a la altura de las extremidades posteriores), coloración variable pero normalmente con vetas radiantes o manchas en algunos adultos grandes; máxima longitud de carapacho 120 cm; trópicos y subtropicales, todos los océanos *Chelonia mydas*
 - 6'. Carapacho típicamente contraído, con escotadura pronunciada a la altura de las extremidades posteriores; coloración casi negra, lisa o con manchas en forma radial o irregular; longitud de carapacho hasta 90 cm, normalmente menos; Pacífico oriental con algunos casos excepcionales más al oeste *Chelonia* sp. (Tortuga prieta)
 7. Cabeza angosta, afilada anteriormente con pico semejante al de un ave (ancho de cabeza hasta 12 cm); carapacho relativamente angosto y sin lados levantados, usualmente con manchas conspicuas, márgenes de los escudos muy pronunciados y traslapados, margen posterior del carapacho fuertemente aserrado; longitud de carapacho hasta 90 cm; aguas tropicales, todos los océanos *Eretmochelys imbricata*
 - 7'. Cabeza de forma ligeramente triangular y relativamente aplanada (ancho hasta 15 cm); carapacho ovalado, muy plano con lados levantados, sin marcas, bordes de escudos no conspicuos y los bordes de la concha lisos; longitud de carapacho hasta unos 100 cm; Australia tropical *Natator depressus*
-

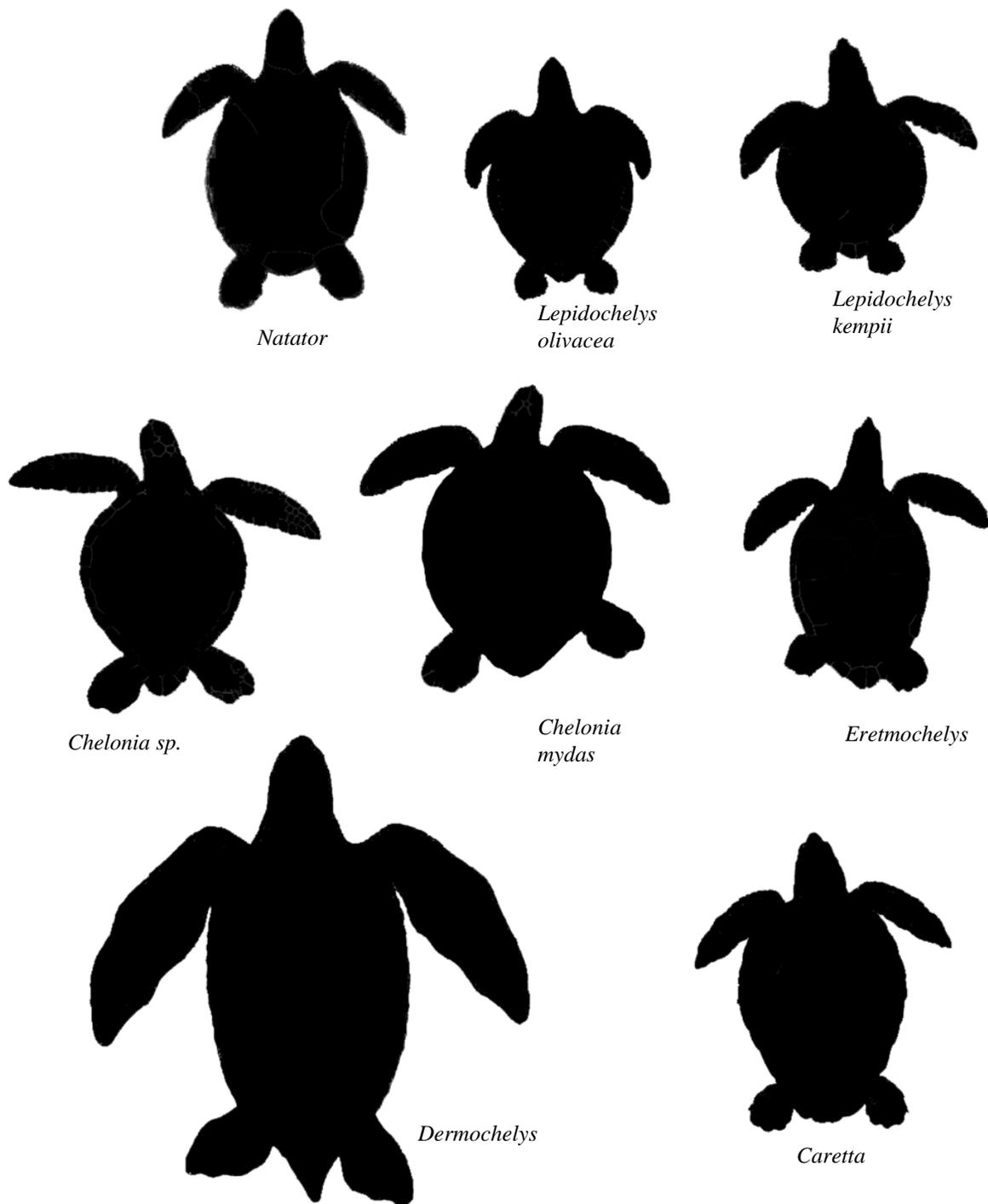


Figura 3. Siluetas de tortugas marinas vistas a distancia; los tamaños son relativos para tortugas adultas.

Identificación de Tortugas Marinas Disponibles para una Inspección en Detalle

Si se tiene acceso a la tortuga, ya sea por estar inmovilizada o varada (muerta) en la costa, para confirmar la identificación se recomienda usar la

descripción más detallada de las páginas siguientes (Figuras 4-11). En ocasiones excepcionales, las tortugas quelonias de diferentes géneros pueden hibridizarse. En estos casos la progenie típicamente exhibe un morfotipo intermedio al de los padres.

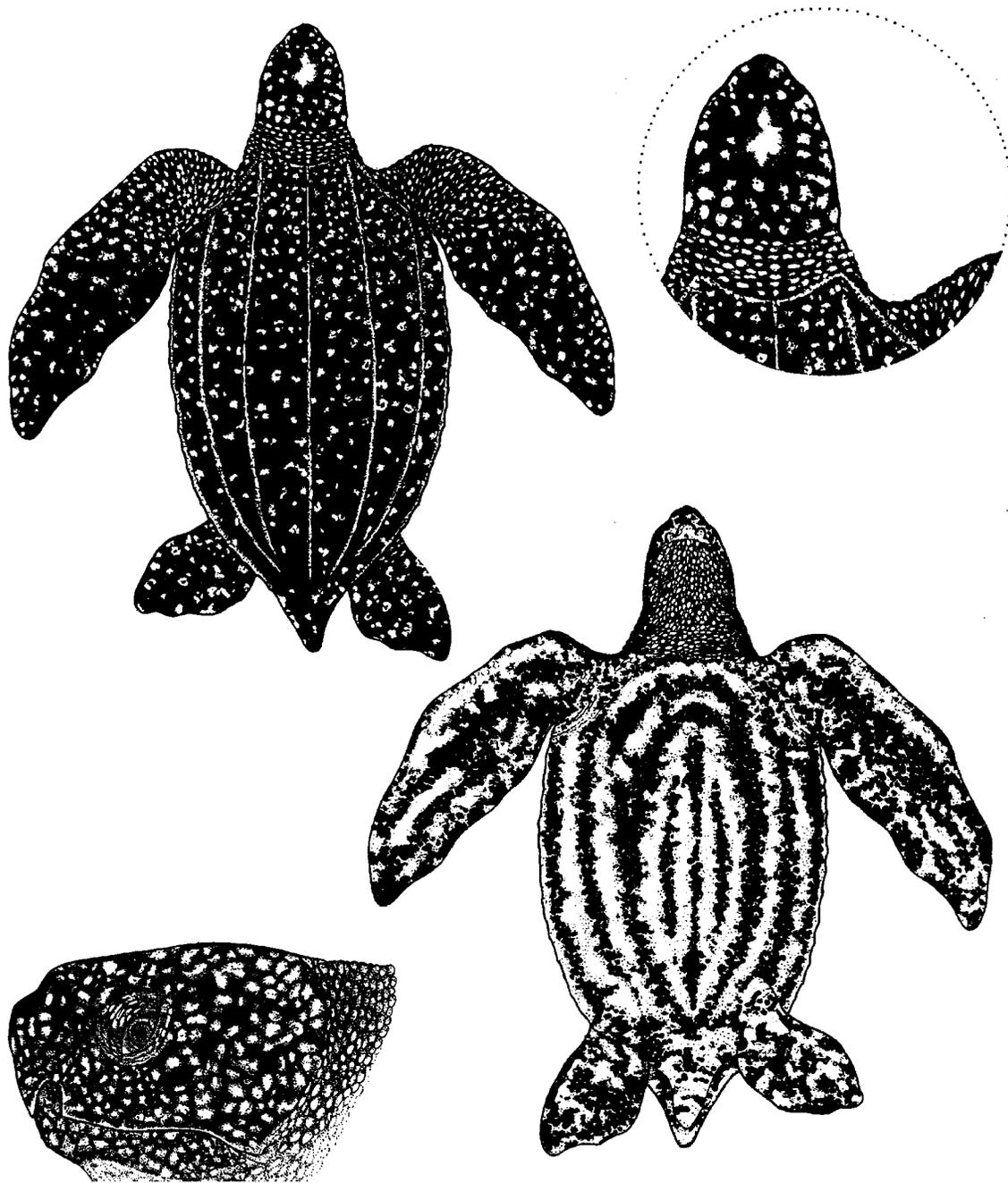


Figura 4. Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*).

Carapacho: alargado con siete quillas longitudinales sobresalientes en el dorso; ausencia de escudos; adultos con piel lisa, pero las crías cubiertas con pequeñas escamas en forma de cuentas; longitud recta del carapacho (LRC) hasta 180 cm (hasta 165 cm en el Pacífico oriental). **Cabeza:** triangular, ancho hasta 25 cm; dos cúspides maxilares conspicuas, cubierta con piel sin escamas en los adultos. **Extremidades:** aletas delanteras extremadamente largas; piel sin escamas en adultos; todas las aletas desprovistas de uñas. **Coloración:** predominantemente negra dorsalmente, con una gama variable en la abundancia de manchas blancas o más claras; las manchas pueden ser azulosas o rosadas en el cuello y base de las aletas; la pigmentación color clara predomina en el plastrón. **Plastrón:** relativamente pequeño, flexible (con muy poco material óseo). **Distribución:** todos los océanos, en regiones sub-árticas a tropicales. **Peso:** hembras adultas hasta 500 kg en Australia occidental, menos en el Pacífico oriental.

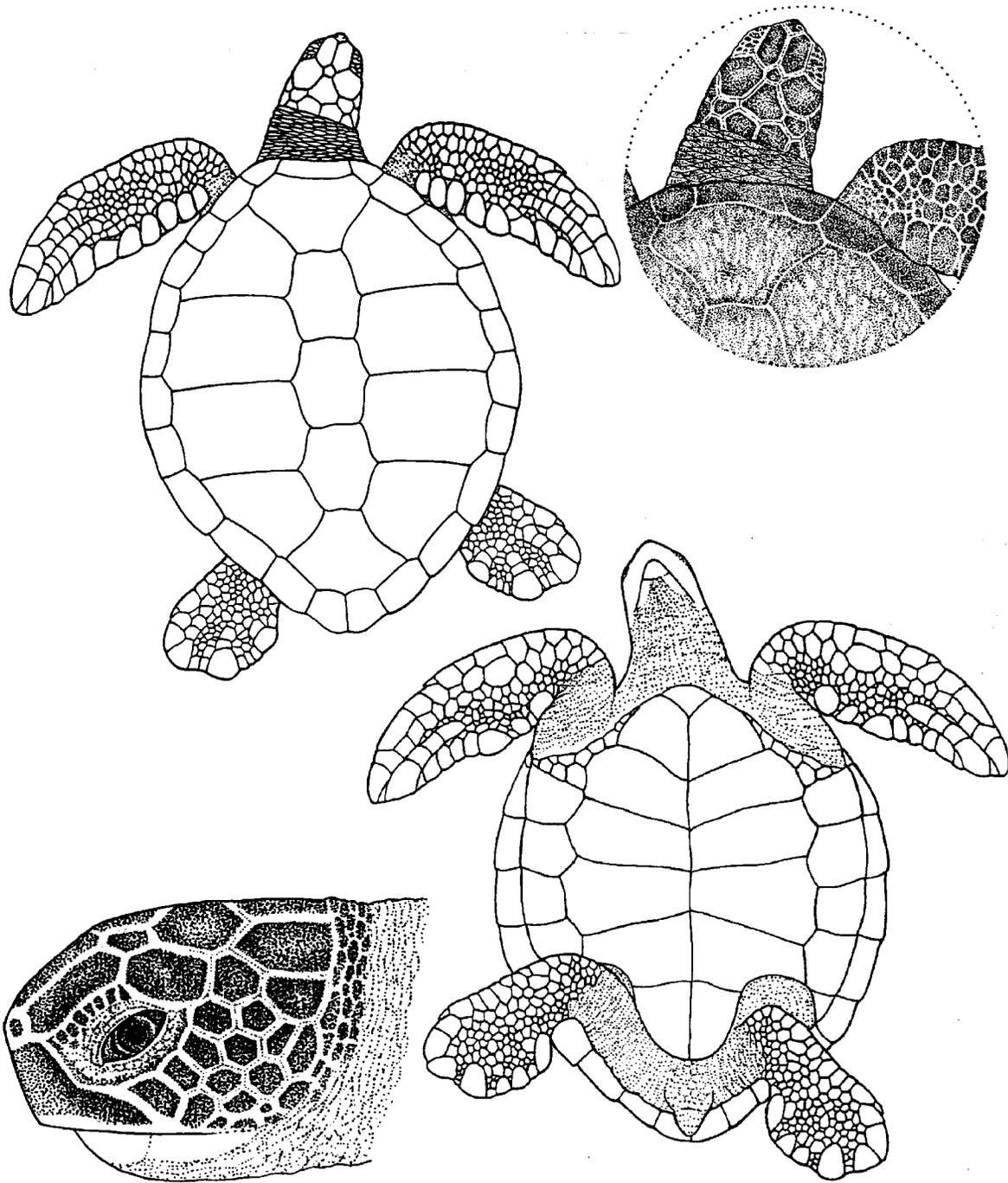


Figura 5. Tortuga verde (*Chelonia mydas*).

Carapacho: oval, margen ocasionalmente festoneado pero no aserrado, sin escotadura a la altura de aletas traseras; cuatro pares de escudos costales; longitud recta del carapacho (LRC) hasta 120 cm. **Cabeza:** anteriormente redondeada; ancho hasta 15 cm; un par de escamas prefrontales; cuatro pares de escamas postorbitales. **Extremidades:** una uña en cada aleta (raras veces dos en algunas crías). **Coloración:** negra en el dorso de las crías, transformándose en café con vetas radiales en inmaduros, muy variable en adultos (generalmente café, amarillo crema y otros colores tierra; liso, veteado o moteado); ventralmente blanca en crías, amarillenta en adultos. **Distribución:** todos los océanos tropicales y sub-tropicales. **Peso:** hasta 230 kg en el Océano Atlántico y Pacífico occidental, de menor peso en el Océano Indico, el Caribe.

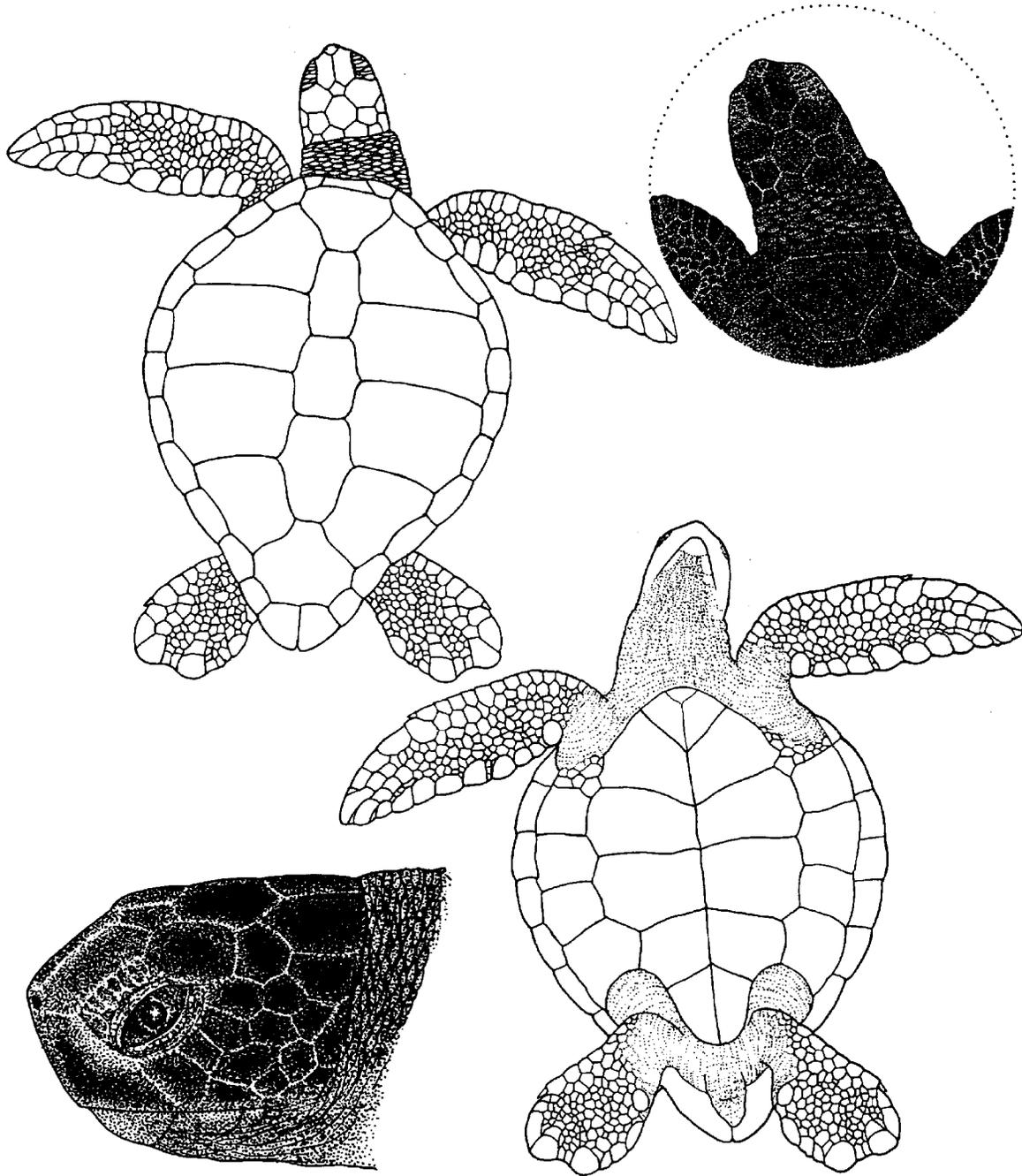


Figura 6. Tortuga prieta (*Chelonia sp.*).

Carapacho: forma acorazonada y con escotadura posterior en adultos; no aserrado; comúnmente tectiforme (en forma de tienda de campaña) y aplanado en el perfil anterior; cuatro pares de escudos costales; longitud recta del carapacho (LRC) hasta unos 90 cm. **Cabeza:** redondeada anteriormente; ancho hasta 13 cm; un par de escamas prefrontales, número más común de escamas postorbitales es cuatro, seguido por tres pares. **Extremidades:** aletas relativamente más largas que en otras poblaciones del complejo *C. mydas*; una uña en cada aleta. **Coloración:** dorsalmente negras en las crías, permaneciendo obscura durante todo el ciclo vital, aunque en adultos puede ser uniformemente negro arriba o con manchas negras u otras marcas sobre un fondo grisáceo; ventralmente blanca en crías pero en pocas semanas o meses se transforma a gris. **Distribución:** Océano Pacífico oriental. **Peso:** hasta unos 120 kg (70 kg en promedio).

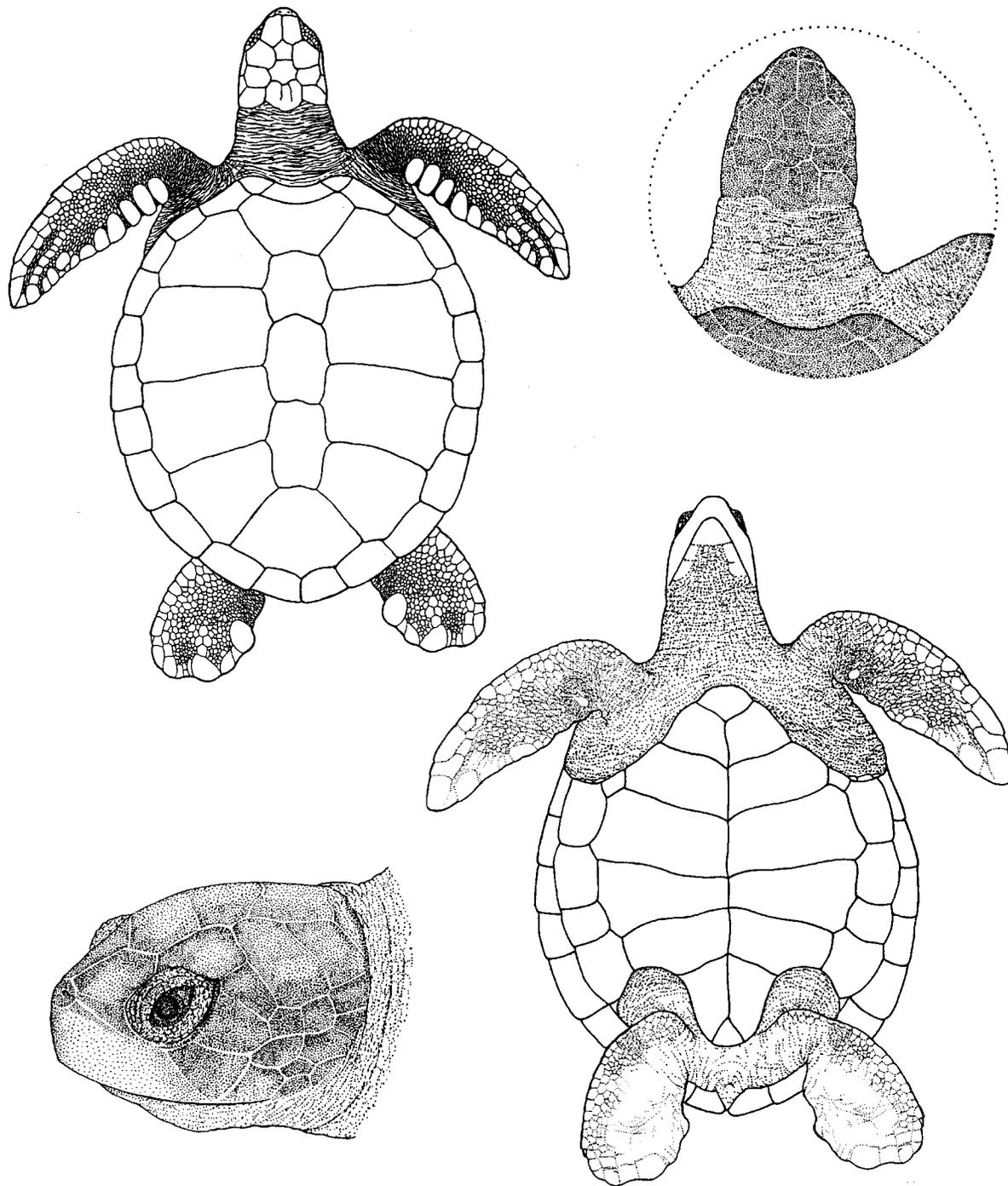


Figura 7. Tortuga aplanda (*Natator depressus*).

Carapacho: muy ancho y redondeado, con márgenes laterales levantados; cuatro pares de escudos costales; escudos muy delgados y con una textura más suave que en otras tortugas de la familia Cheloniidae, con las juntas frecuentemente desvanecidas en adultos viejos; longitud curva del carapacho (LCC) hasta aprox. 100 cm. **Cabeza:** ancha, amplia, plana y forma ligeramente triangular; ancho hasta 13 cm en adultos; tres pares de escamas postorbitales; un par de escamas prefrontales. **Extremidades:** escamas grandes presentes solamente en el borde de las aletas delanteras, casi toda la aleta cubierta por una piel arrugada o escamas muy finas; una uña en cada aleta. **Coloración:** superficie dorsal uniformemente verde olivo en crías y adultos; amarilla ventralmente. **Distribución:** confinada a las aguas tropicales de Australia y posiblemente en aguas del sur de Nueva Guinea. **Peso:** hasta aprox. 90 kg.

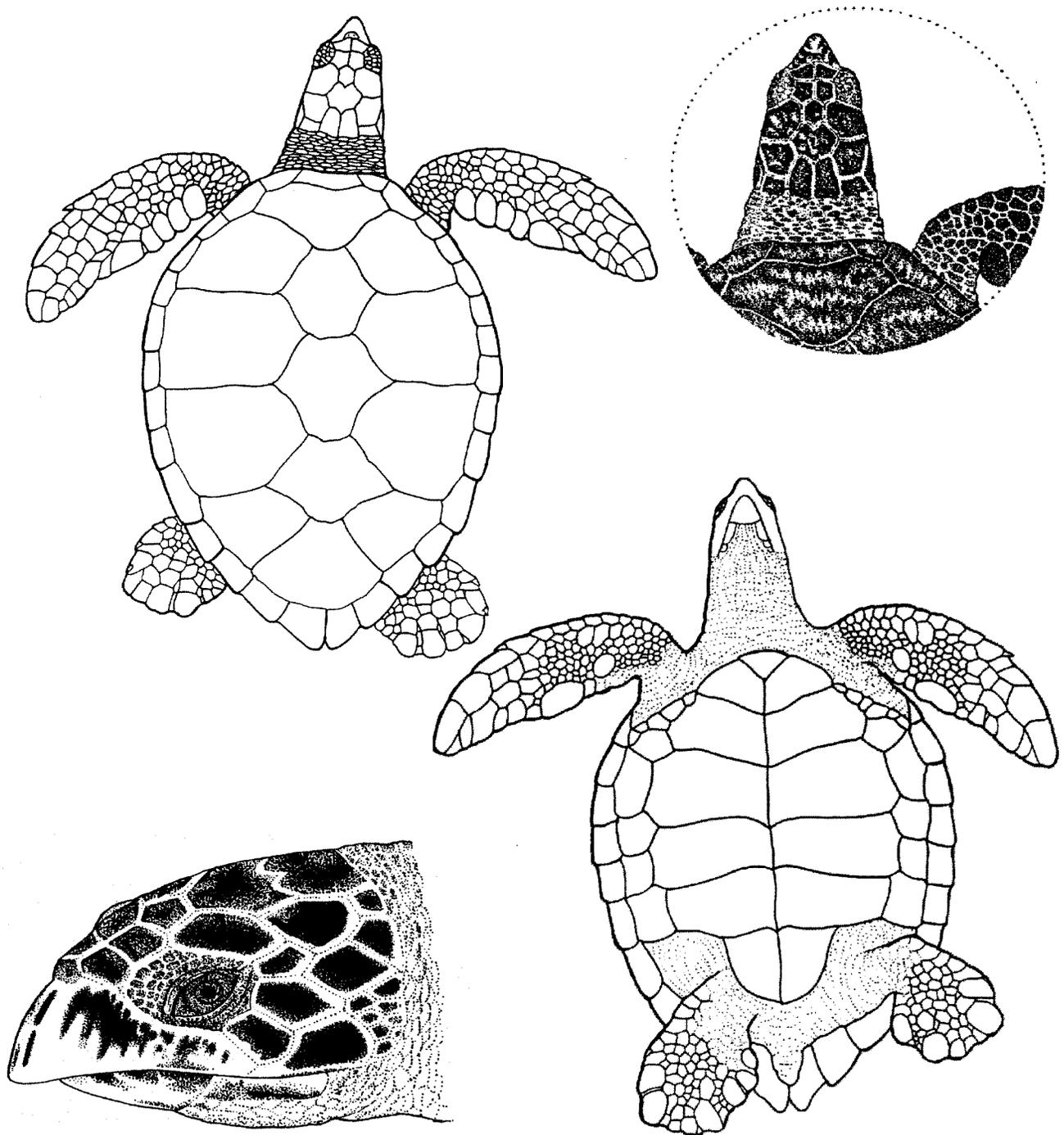


Figura 8. Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*).

Carapacho: oval, con un margen posterior marcadamente aserrado y con escudos gruesos y traslapados (imbricados) a excepción en crías y en algunos adultos; cuatro pares de escudos costales, cada uno con un borde posterior ligeramente rasgado; longitud recta del carapacho (LRC) hasta unos 90 cm. **Cabeza:** relativamente angosta; ancho hasta 12 cm; con un pico recto y parecido al de un ave; dos pares de escamas prefrontales. **Extremidades:** aletas delanteras son de longitud mediana en comparación con las de otras especies; dos uñas en cada aleta. **Coloración:** dorsalmente café (claro a oscuro) en crías, con frecuencia presenta una fuerte pigmentación con vetas color ámbar y café en juveniles y en adultos más jóvenes; ventralmente matices de amarillo pálido a blanco, algunas veces con manchas negras (particularmente en especímenes del Pacífico). **Plastrón:** cuatro pares de escudos inframarginales. **Distribución:** todos los océanos, aguas tropicales. **Peso:** hasta unos 80 kg (60 kg en promedio).

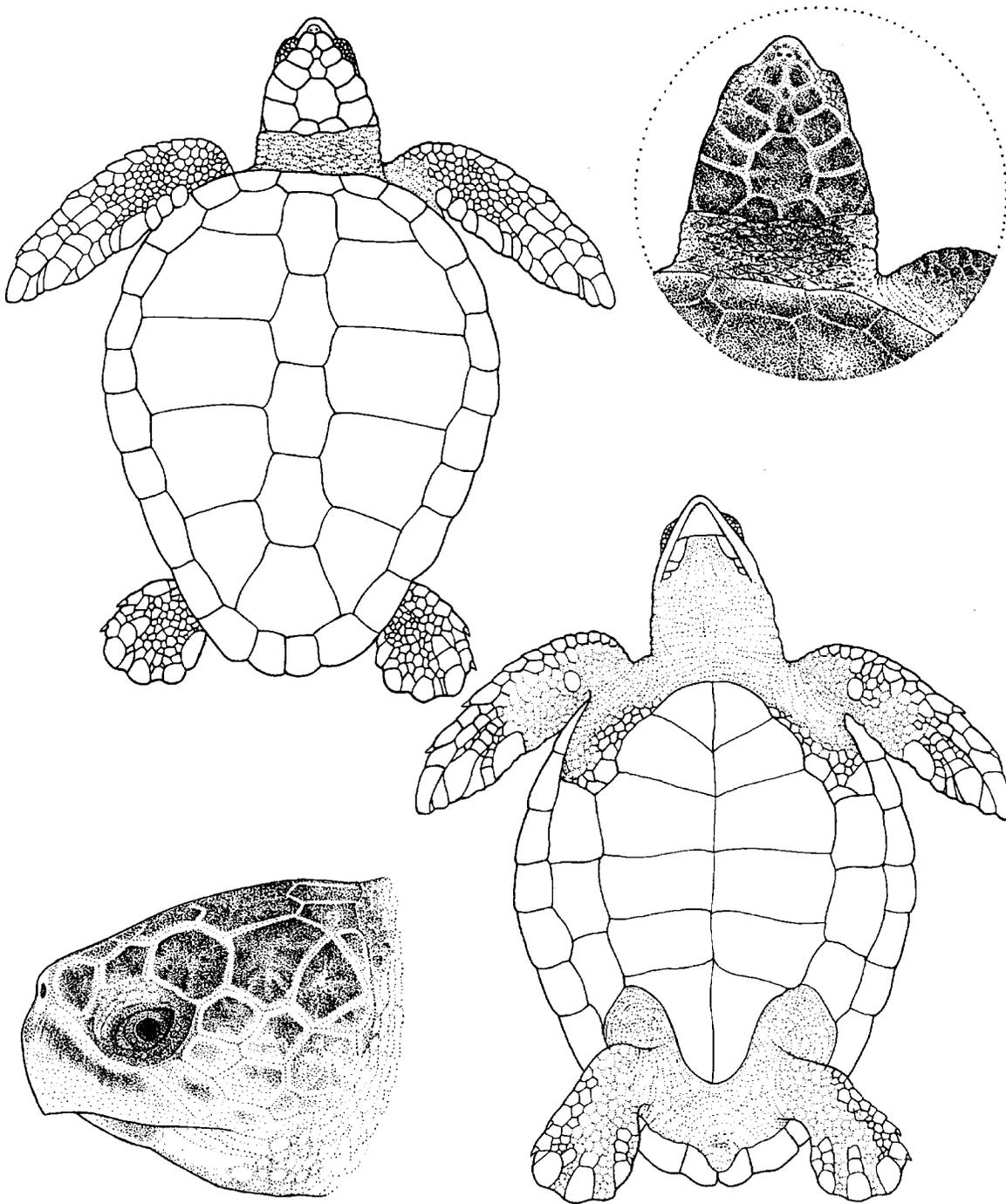


Figura 9. Tortuga caguama (*Caretta caretta*).

Carapacho: moderadamente ancho; ligeramente aserrado en el margen posterior de los inmaduros; área engrosada en el carapacho arriba de la base de la cola (sobre la quinta vertebral) en adultos y subadultos; cinco pares de escudos costales, con el primer par (extremo anterior) más pequeño; longitud recta del carapacho (LRC) hasta 105 cm en el Atlántico nororiental, menor en algunas otras áreas, los adultos más pequeños se localizan en el Mediterráneo (hasta unos 90 cm). **Cabeza:** grande y triangular; ancho hasta 28 cm; dos pares de escamas prefrontales. **Extremidades:** aletas delanteras relativamente cortas en comparación con las de otras especies; dos uñas en cada aleta. **Coloración:** dorsalmente café claro a oscuro en las crías, generalmente sin manchas y café rojizo en subadultos y adultos; superficie ventral café en crías, amarillo a naranja en adultos y subadultos. **Plastrón:** tres pares de escudos inframarginales. **Distribución:** todos los océanos, habitualmente en aguas templadas, algunas veces tropicales y sub-tropicales. **Peso:** hasta 180 kg en el Atlántico occidental y hasta unos 150 kg en Australia; menos de 100 kg en el Mediterráneo.

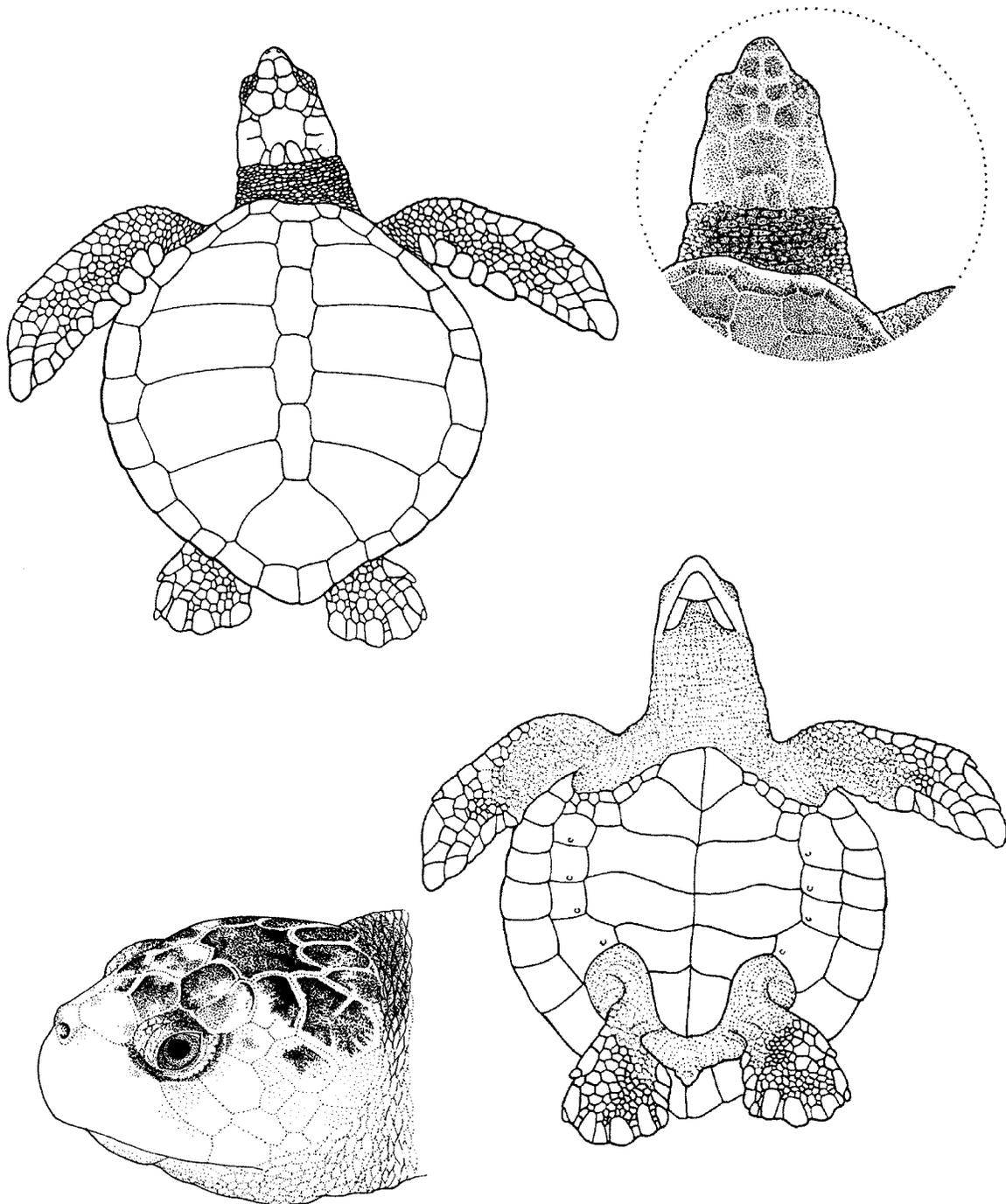


Figura 10. Tortuga lora (*Lepidochelys kempii*).

Carapacho: relativamente corto y ancho, casi circular (más ancho que el de *L. olivacea*), margen ligeramente aserrado; alta proyección vertebral en los juveniles, liso y baja en adultos; escudos del carapacho ligeramente traslapados en inmaduros y sin traslape en adultos; cinco pares de escudos costales; longitud recta del carapacho (LRC) hasta 72 cm. **Cabeza:** relativamente grande, ligeramente triangular con márgenes convexos; ancho hasta 13 cm; dos pares de escamas prefrontales. **Extremidades:** dos uñas en cada aleta (algunos adultos pueden perder la uña secundaria en las aletas delanteras). **Coloración:** dorso gris en inmaduras; verde olivo claro en adultos; ventralmente blanca en inmaduros, amarilla en adultos. **Plastrón:** con poro pequeño y distintivo cerca del margen posterior de cada uno de los cuatro escudos inframarginales. **Distribución:** Golfo de México, EUA oriental, ocasionalmente Europa occidental. **Peso:** 35-50 kg.

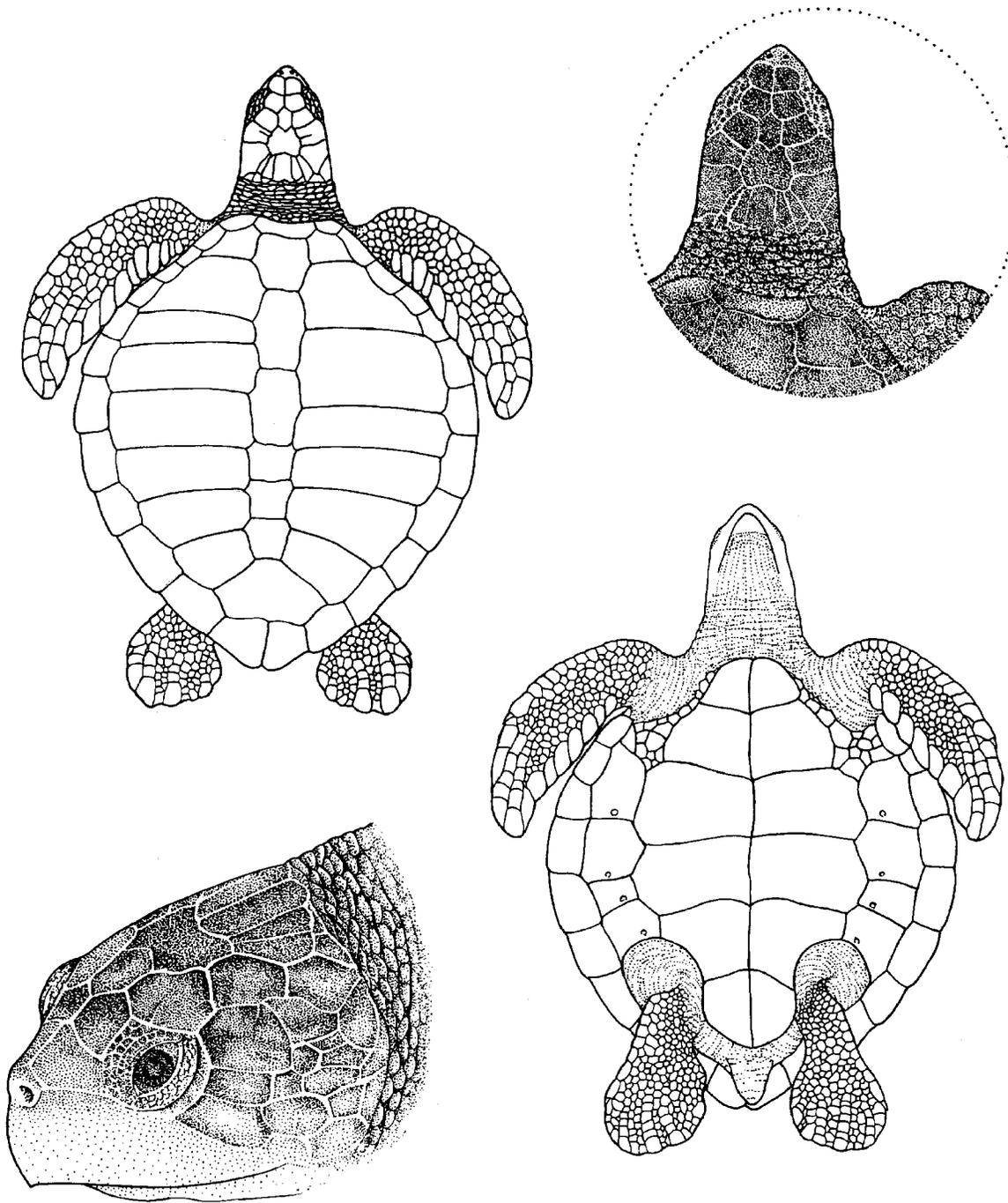


Figura 11. Tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*).

Carapacho: corto y ancho, pero más angosto y más alto que en *L. kempii*; alta proyección vertebral en los juveniles, liso, elevado y ligeramente tectiforme (en forma de tienda de campaña) en adultos (especialmente en el Pacífico oriental); cinco a nueve pares de escudos costales (comúnmente seis a ocho) frecuentemente con una configuración asimétrica; escudos del carapacho ligeramente traslapados en inmaduros y sin traslape en adultos; longitud recta del carapacho (LRC) hasta 72 cm. **Cabeza:** relativamente grande, ligeramente triangular; ancho hasta 13 cm; dos pares de escamas prefrontales. **Extremidades:** dos uñas en cada aleta (algunos adultos pueden perder la uña secundaria en las aletas delanteras). **Coloración:** dorso gris en inmaduros; color verde olivo intermedio a oscuro en adultos; ventralmente blanca en inmaduros, amarillo crema en adultos. **Plastrón:** con poro pequeño y distintivo cerca del margen posterior de cada uno de los cuatro escudos inframarginales. **Distribución:** aguas tropicales del Pacífico, Índico y Atlántico del Sur. **Peso:** 35-50 kg.

Clave para la Identificación de Crías

Los caracteres distintivos para la identificación de crías (además del color) son semejantes a aquellos usados para subadultos y adultos, aunque las crías en ocasiones manifiestan mayor variación en número y

configuración de los escudos del carapacho. Las ilustraciones en las Figuras 12 y 13 describen diferencias relativas en tamaño y color entre las especies de tortugas marinas, además de otros rasgos diagnósticos.

-
1. Carapacho cubierto con placas córneas grandes; si ocurren crestas longitudinales del carapacho, no son más de tres y no de color contrastante; extremidades anteriores mucho más cortas que la longitud del carapacho; color del plastrón uniforme o casi uniforme; carapacho normalmente menos de 60 mm (a excepción de *Natator*) ver 2
 - 1'. Superficie entera del animal (carapacho, plastrón y extremidades) cubierto con escamas pequeñas, suaves y poligonales; siete crestas (quillas) longitudinales del carapacho (incluyendo el margen del carapacho) fuertemente delineadas con blanco contra un fondo negro; extremidades delanteras extremadamente largas (casi tan largas como el carapacho); plastrón con manchas negras y blancas; longitud típica del carapacho (LRC) 60 mm (gama de 55-63 mm) *Dermochelys coriacea*
 2. Coloración ventral clara; cuatro pares de escudos costales ver 3
 - 2'. Coloración ventral oscura; cuatro a nueve pares de escudos costales ver 5
 3. Coloración general clara: dorsalmente olivo-amarillento claro, plastrón blanco con una banda periférica amarilla; forma del carapacho marcadamente ovalada; tres pares de escamas postorbitales; tamaño relativamente grande; longitud típica del carapacho (LRC) = 61 mm (57-66 mm); Australia tropical *Natator depressus*
 - 3'. Carapacho negro o negro azulado; típicamente con margen blanco; plastrón blanco; carapacho en forma acorazonada (angostamiento posterior); normalmente cuatro pares de escamas postorbitales (pero a veces tres); longitud del carapacho típicamente menor que *Natator*; aguas tropicales y subtropicales incluyendo Australia ver 4
 4. Extremidades anteriores bordeadas en blanco; escamas de la cabeza negruzcas con bordes angostos y claros (blancuzcos); escamas postorbitales normalmente cuatro; plastrón completamente blanco; longitud promedio típica del carapacho (LRC) 49 mm (46-57 mm); distribución tropical y subtropical, ausente en el Pacífico oriental *Chelonia mydas*
 - 4'. Extremidades anteriores y cabeza ribeteadas en blanco en algunas ocasiones, bordes muy reducidos o ausentes; típicamente cuatro (pero a veces tres) escamas postorbitales; plastrón es inicialmente blanco, con rápida tendencia al oscurecimiento; longitud típica del carapacho (LRC) 47 mm (41-52 mm); distribución islas Galápagos y Meso-América. *Chelonia* sp. (Tortuga prieta)
 5. Color café en superficies dorsales y ventrales, con tonos variando entre oscuro y claro; típicamente tres o cuatro pares de escudos inframarginales ver 6
 - 5'. Color gris muy oscuro a negro en superficies dorsales y ventrales; típicamente cuatro pares de escudos inframarginales ver 7
 6. Cuatro pares de escudos costales; típicamente cuatro pares de escudos inframarginales; longitud típica del carapacho (LRC) = 42 mm (39-46 mm) *Eretmochelys imbricata*
 - 6'. Cinco pares de escudos costales; forma del carapacho es más ancha en región del hombro que aquella descrita para *Eretmochelys*; típicamente tres pares de escudos inframarginales; longitud típica del carapacho (LRC) = 45 mm (38-50 mm) *Caretta caretta*
 7. Típicamente cinco pares de escudos costales; longitud típica del carapacho (LRC) = 43 mm (38-46 mm); distribución Tamaulipas, Veracruz y sur de Texas (muy ocasionalmente en sureste de EUA)... *Lepidochelys kempii*
 - 7'. Comúnmente seis a nueve pares de escudos costales (a veces cinco); longitud típica del carapacho (LRC) = 42 mm (38-50 mm); distribución circumtropical, principalmente costera continental, ausente en el Golfo de México y este de EUA *Lepidochelys olivacea*
-

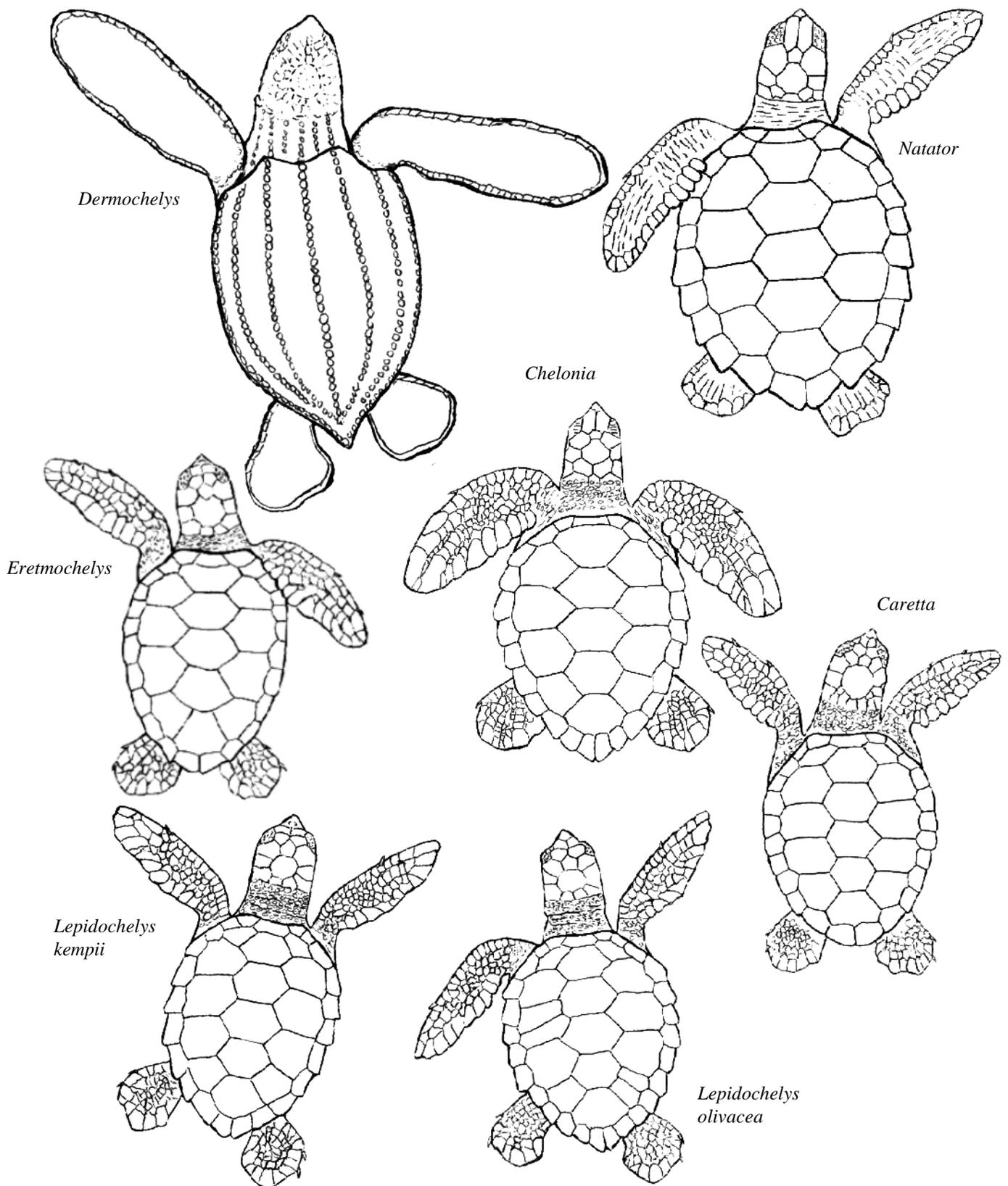


Figura 12. Crías de cada una de las especies. Tamaños ilustrados a una escala de 80% del real.

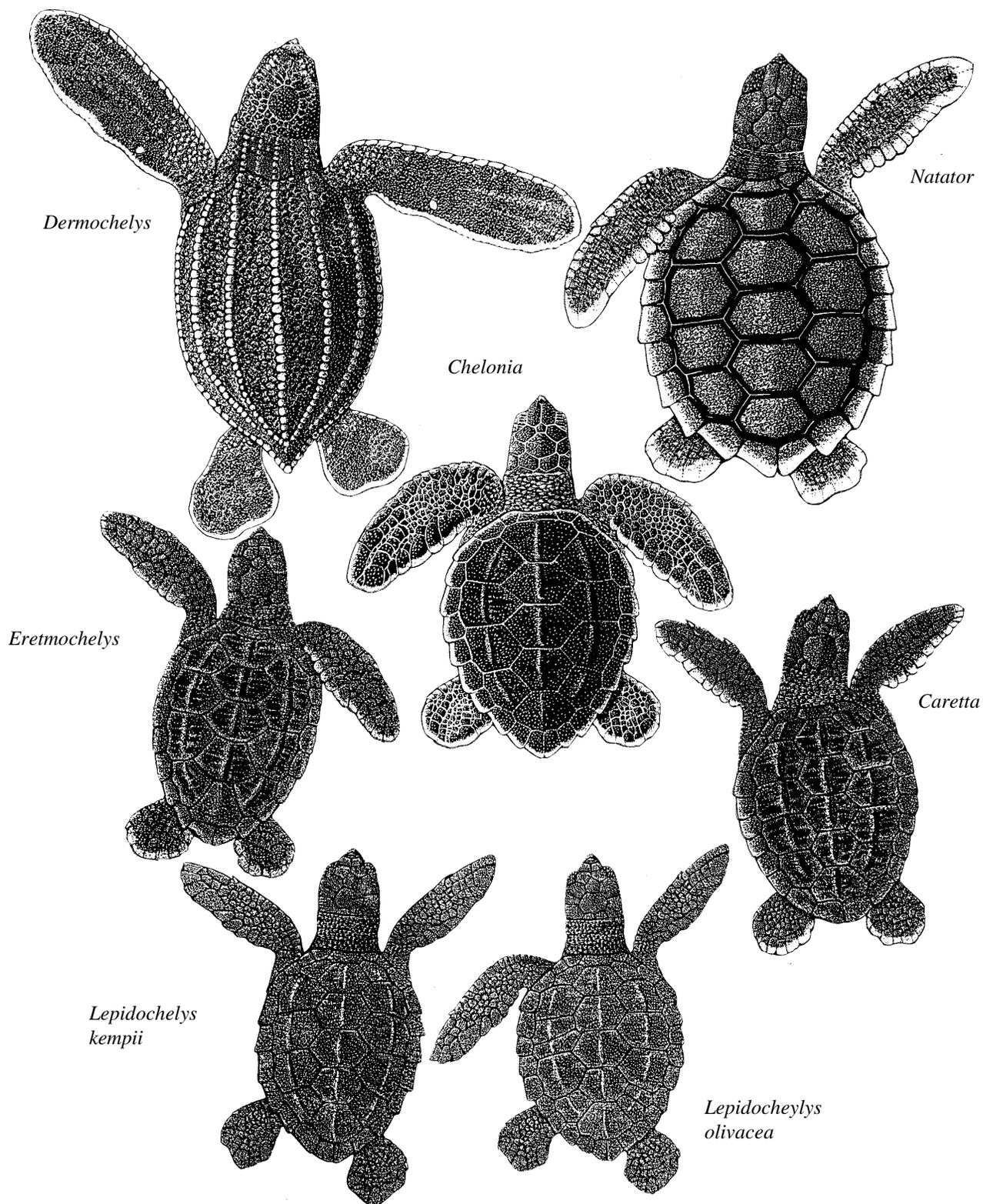


Figura 13. Crías de cada una de las especies. Tamaños ilustrados a una escala de 80% del real.

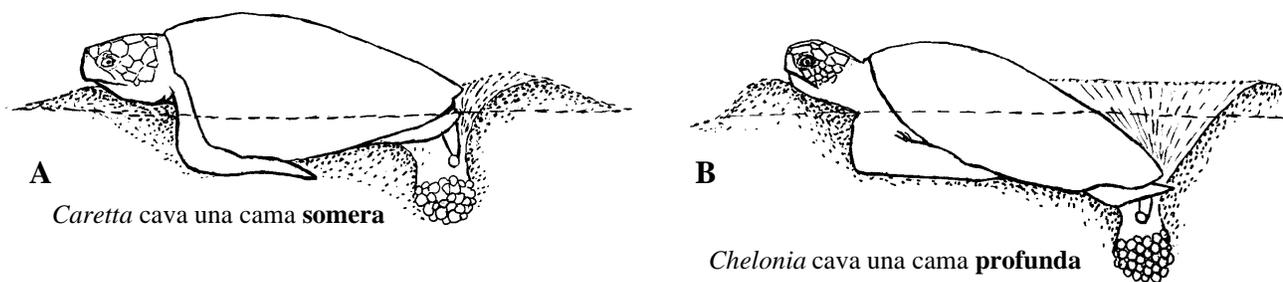


Figura 14. Dos posiciones de anidación típicas de las tortugas marinas, ilustrando las diferencias en la profundidad de las camas

Identificación de Rastros y Nidos

Las siguientes descripciones de rastros y nidos típicos de cada especie sirven como guía para la identificación en campo de la especie con base a los rastros encontrados. No obstante, los rastros de diferentes especies pueden ser difíciles de distinguir, particularmente aquellos de *Caretta*, *Lepidochelys* y *Eretmochelys*. Diferencias en el sustrato de la playa pueden alterar la apariencia del rastro dejado por un mismo individuo, y variaciones en la morfología (p. ej., tamaño corporal, longitud de las aletas, etc.) entre individuos o poblaciones de la misma especie pueden provocar diferencias en el ancho de los rastros. Por lo anterior, exhortamos a que el personal técnico en el campo dedique tiempo a observar tortugas anidando y a anotar las características que distinguen los rastros hechos por las poblaciones locales de cada especie.

Rasgos de importancia para ser usados en la diferenciación de rastros de tortugas marinas incluyen el ancho del rastro (cm), profundidad de la cama (somera vs. profunda) y si las huellas hechas por las aletas delanteras a uno y otro lado del rastro quedan dispuestas en patrones simétricos o asimétricos. Algunas tortugas (*Caretta*, *Eretmochelys*, *Lepidochelys* y *Natator*) cavan una cama muy somera o casi inexistente (Figura 14A). Otras (*Dermochelys*, *Chelonia*), o dejan unas camas muy conspicuas (Figura 14B) debido a que la hembra anidante remueve grandes cantidades de arena al construir y cubrir sus nidos. Una huella simétrica se genera cuando las aletas delanteras se articulan de manera sincrónica al jalar la tortugas sobre la superficie de la arena, ocasionando una huella en la que las mitades derecha e izquierda aparecen casi como imágenes reflejadas una de la otra. Una huella asimétrica se forma cuando las aletas delanteras se mueven de manera alternada (derecha, izquierda, derecha, izquierda, etc.) al arrastrar a la tortuga.

Varios otros animales también dejan rastros en algunas ocasiones en la playa. Los cocodrilos, lagartos varanos e iguanas dejan huellas con impresiones de los dedos del pie y sus uñas, además del rastro de la cola al ser arrastrada. Debido a que las tortugas de agua dulce normalmente son más pequeñas que las tortugas marinas, pueden caminar levantando su plastrón sin arrastrarlo en el suelo. Así, éstas tienden a dejar una serie de huellas de los pies, pero sin ninguna señal de arrastrar alguna extremidad. En las islas Galápagos, Hawaii y algunos otros lugares, focas y leones marinos pueden dejar rastros que en apariencia superficial pueden ser similares a las de las tortugas marinas.

Descripción de Rastros y Nidos por Especie

Dermochelys coriacea

Ancho de rastro: 150-230 cm (más pequeño en el Pacífico oriental que en otras regiones)

Tipo de rastro: muy profundo y ancho, con marcas diagonales simétricas hechas por las aletas delanteras y comúnmente con surco en el medio, profundamente cortado, creado al arrastrar la cola que es relativamente larga

Tipo preferido de playa: playas tropicales anchas y extensas, con pendiente empinada, capa de arena profunda, desprovista de rocas y una vía de entrada desde el mar profunda y sin obstrucciones.

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos grandes (con yema) 51-55 mm. Tamaño de nidada promedia 80-90 huevos a lo largo de la mayor parte de su distribución pero solo 60-65 en el Pacífico oriental. Pocas nidadas exceden de 120, sin incluir el número variable de huevos pequeños sin yema que se encuentra en todos los nidos.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: playas aisladas, en el litoral continental de mares tropicales (principalmente en el Atlántico y Pacífico; pocas en el Océano Indico) y templados (Océano Indico suroccidental). Algunas anidaciones de baja densidad en islas oceánicas (Las Antillas, Islas Solomon, y las islas del Mar de Bismarck)

Chelonia mydas

Ancho de rastro: típicamente aprox. 100-130 cm aunque variable

Tipo de rastro: corte profundo, con marcas diagonales simétricas hechas por las aletas delanteras. Surco central cortado por el arrastre de la cola.

Tipo preferido de playa: abarca desde las playas grandes y abiertas hasta playas en pequeñas caletas; preferiblemente con un vía de entrada directa desde el mar.

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos típicamente 40-46 mm. Tamaño de nidada promedia 110-130 huevos.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: grandes colonias que anidan tanto en playas del litoral continental como en islas remotas en el ambiente oceánico. Playas tropicales y ocasionalmente subtropicales en todos los océanos (Océanos Atlántico, Pacífico e Indico; Mares Mediterráneo y Rojo)

Chelonia sp. (Tortuga prieta)

Ancho de rastro: 70-90 cm.

Tipo de rastro: corte profundo, con marcas diagonales simétricas hechas por las aletas delanteras. Surco central cortado por el arrastre de la cola, ya sea en forma continua o como línea cortada.

Tipo preferido de playa: pequeñas a medianas en continente o islas; puede usar playas con promontorios rocosos o bajos rocosos expuestos durante mareas bajas.

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos típicamente 40-45 mm. Tamaño de nidada reportada varía entre 66 y 75 en México; 81 en las Islas Galápagos y 87 en costa Pacífico de Costa Rica.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: anida principalmente en las costas de Michoacán (México), costa Pacífico de Costa Rica y en las Islas Galápagos (Ecuador).

Natator depressus

Ancho de rastro: aprox. 90 cm

Tipo de rastro: corte relativamente ligero, con marcas ya sea simétricas o alternadas hechas por las aletas delanteras.

Tipo preferido de playa: playas relativamente amplias y abiertas; en el litoral continental o en grandes islas; evita la zona arrecifal

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos típicamente 50-52 mm. Tamaño de nidada promedia 50-55 huevos.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: norte de Australia

Eretmochelys imbricata

Ancho de rastro: típicamente 70-85 cm.

Tipo de rastro: corte somero, con marcas alternadas (asimétricas) y oblicuas hechas por las aletas delanteras. El surco central que sería formado por el arrastre de la cola, presente o ausente. Los nidos y las huellas son difíciles de distinguir de los de *Lepidochelys*, pero las dos especies prefieren distintos tipos de playas y raras veces anida en la misma época. Las carey frecuentemente anidan debajo de arbustos (en contraste con las golfinas y loras que prefieren zonas de playa abierta) y frecuentemente deambulan extensamente antes de anidar. Las impresiones de las aletas sobre la arena son más profundas que las que hacen las *Lepidochelys*.

Tipo preferido de playa: casi exclusivamente tropicales; comúnmente usan playas angostas en islas o litorales continentales con barreras de arrecifes bloqueando la vía de acceso desde el mar. Los hábitats de anidación de las carey generalmente están separados (espacial- o temporalmente) de los de otras especies de tortugas marinas

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos típicamente 32-36 mm. Tamaño de nidada varía desde 70-90 en la península Arábiga a 110-180 en otras regiones.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: playas en litorales continentales y grandes islas en los océanos Atlántico, Pacífico e Indico y el Mar Rojo. En todo el mundo las colonias han sido diezadas por la sobre-explotación. Las poblaciones más grandes que permanecen son las

que anidan en Australia, México, Islas Seychelles e Indonesia.

Caretta caretta

Ancho de rastro: típicamente 70-90 cm.

Tipo de rastro: corte moderadamente profundo, con marcas diagonales alternadas (asimétricas) hechas por las aletas delanteras. Típicamente no presenta el surco central que sería formado por el arrastre de la cola.

Tipo preferido de playa: generalmente playas extensas del litoral continental e islas de barrera; prefieren perfiles de playa con empinación moderada.

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos típicamente 39-43 mm. Tamaño promedio de nidada varía desde 90-110 en el Mediterráneo a 100-130 en otras regiones.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: mayores abundancias en áreas subtropicales y templadas (sureste de los EUA, Oman, regiones templadas de Australia, Sud Africa, oriente y occidente del Mediterráneo, Japón, sureste de Brasil), ocasionalmente en los trópicos (Belize y Colombia) y algunas veces en islas oceánicas (Nueva Caledonia).

Lepidochelys kempii

Ancho de rastro: típicamente 70-80 cm.

Tipo de rastro: corte muy ligero que puede ser rápidamente borrado por el viento; con marcas alternadas (asimétricas) y oblicuas hechas por las aletas delanteras. El surco central que sería formado por el arrastre de la cola, carente o poco visible.

Tipo preferido de playa: playas anchas, extensas y continuas con una vegetación arbustiva en las dunas, en litorales continentales e islas de barrera.

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos típicamente 37-41 mm. Tamaño promedio de nidada 104 huevos.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: preponderantemente cerca de Rancho Nuevo, Tamaulipas, México; ocasionalmente en Veracruz y Campeche, México y en el sur de Texas, escasamente en otras regiones cercanas. Antiguamente anidaba en agregaciones masivas llamadas *arribadas*, pero la sobre-explotación y la mortalidad incidental en la pesca de arrastre ha causado la reducción de los tamaños de las

arribadas a una docena o cientos de individuos en vez de miles como ocurría anteriormente.

Lepidochelys olivacea

Ancho de rastro: típicamente 70-80 cm.

Tipo de rastro: similar al de *L. kempii*

Tipo preferido de playa: litorales continentales e islas de barrera en regiones tropicales, frecuentemente cerca de bocas de ríos.

Tamaño y número de huevos: diámetro promedio de los huevos típicamente 37-42 mm. Tamaño promedio de nidada típica 105-120 huevos.

Ubicación geográfica de las playas de anidación: Pacífico oriental (de Baja California Sur y Sinaloa, México a Colombia), Atlántico del Sur (Guayana a Brasil y Africa occidental), norte del Océano Indico (particularmente en Orissa, India) y Pacífico occidental (Malasia y Tailandia). Anidaciones solitarias o en pequeños grupos; pero en algunos sitios de la India, Costa Rica y México ocurren *arribadas* donde varios miles de hembras participan en anidaciones masivas simultáneamente.

Literatura Citada

Bowen, B. W. y S. A. Karl. 1996. Populations genetics, phylogeography, and molecular evolution, pp.29-50. *In:* P. L. Lutz y J. Musick (Editores), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Dodd, C. K. 1988. Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 88(14).

Hirth, H.F. 1980. Some aspects of the nesting behavior and reproductive biology of sea turtles. *American Zoologist* 20:507-523.

Karl, S. A. y B. W. Bowen. 1999. Evolutionarily significant units versus geopolitical taxonomy: molecular systematics of an endangered sea turtle (genus *Chelonia*). *Conservation Biology* 13: en prensa.

Márquez, M. R. 1990. FAO species catalogue. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, Vol. 11. Rome, FAO. 81 pp.

Pritchard, P., P. Bacon, F. Berry, A. Carr, J. Fletemeyer, R. Gallagher, S. Hopkins, R. Lankford,

R. Márquez M., L. Ogren, W. Pringle, Jr., H. Reichart y R. Witham. 1983. Manual of Sea Turtle Research and Conservation Techniques, Segunda Edición. K. A. Bjorndal y G. H. Balazs (Editores), Center for Environmental Education, Washington D.C. 126 pp.

Pritchard, P. C. H. 1996. Evolution, phylogeny, and current status, pp.1-28. *In*: P. L. Lutz y J. Musick (Editores), The Biology of Sea Turtles. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Pritchard, P. C. H. 1999. Status of the black turtle. Conservation Biology 13: en prensa.

Witzell, W. N. 1983. Synopsis of biological data on the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766). FAO Fisheries Synopsis. No. 137. 78 pp.

Estudios de Hábitat

Carlos E. Diez

Negociado de Pesca y Vida Silvestre, DRNA - PR, P. O. Box 9066600, San Juan, Puerto Rico 00906 USA; Tel: +1 (787) 724-8774; Fax: +1 (787) 721-8634; email: cediaz@caribe.net

José A. Ottenwalder

Coastal & Marine Biodiversity Project, UNDP-GEF/ONAPLAN, A.P. 1424, Santo Domingo, Dominican Republic; Tel: +1 (809) 534-1134 / -1216; Fax: +1 (809) 530-5094; email: biodiversidad@codetel.net.do

Existen vastas regiones de las zonas oceánica y costera potencialmente aptas para los anidamientos y la alimentación de las tortugas marinas. Esta característica, limita nuestro conocimiento sobre la presencia estacional, distribución, abundancia o los patrones de actividad de estas, cada vez más raras criaturas. Por ello, cuando se elaboran estrategias para su conservación, nos enfrentamos a la necesidad de decidir, identificar y dar un ordenamiento a una lista de prioridades; por ejemplo, la declaración de una área protegida, la regulación de desarrollos costeros o el uso mismo del recurso. Para cualquier decisión, es indispensable evaluar el grado de afectación al que se expondrían las tortugas y hábitats identificados como importantes para su supervivencia. Por otro lado, todavía existen muchas regiones donde el desarrollo de un proyecto de investigación integral o un programa de conservación son deseables pero no existen y, los responsables del manejo de este bien natural, ante la ausencia de datos de campo completos, deben lidiar con la tarea de identificar sitios potenciales de estudio sin ningún o muy escaso marco de referencia.

El propósito de este capítulo es formular de manera resumida, algunas técnicas aplicables a la caracterización de hábitats potenciales o en uso para la anidación y alimentación de las tortugas marinas. Con esta información básica, la distribución de recursos y esfuerzos puede ser aplicada de manera más eficiente. Una vez que las investigaciones preliminares han contribuido a la identificación de los hábitats de importancia potencial, la recomendación a seguir es, el utilizar metodologías especializadas para la evaluación de poblaciones de tortugas marinas,

descritas en los capítulos subsecuentes de este manual.

Hábitats de Anidación

La presencia de grandes extensiones (varios kilómetros) de playas arenosas no es una garantía de que estos hábitats sean apropiados para la anidación de tortugas marinas. En este capítulo se discuten de manera general, algunas técnicas que contribuyen a caracterizar e identificar áreas de anidación potenciales, sin el requerimiento de la observación directa de las hembras reproductoras. El desarrollo de las técnicas es presentado de acuerdo a la manera en que se aplicarían durante el trabajo de campo.

Entrevistas

Para nuestros propósitos, se parte del supuesto de una escasa o nula información formal sobre anidamientos de tortugas marinas en el área(s) bajo investigación. Es este caso, para obtener información básica, la mejor estrategia desde el punto de vista del costo- beneficio, es emprender un proceso de entrevistas a los residentes costeros. Las encuestas no necesariamente debes aplicarse exclusivamente a pescadores, ya que en toda población local siempre se adquiere algún conocimiento de la fauna más notable que habita en su entorno. Las preguntas deben dirigirse a sus observaciones sobre las tortugas marinas, por ejemplo: ocurrencia y fechas de los apareamientos y anidaciones o, la presencia de los vendedores de huevo de tortuga en los mercados. Es recomendable ser precavido al plantear las preguntas

para evitar que los entrevistados proporcionen respuestas sesgadas (ver Tambiah, este volumen)

Prospecciones Preliminares

En base a la información generada a través de las entrevistas, se identifica la temporada apropiada para realizar visitas de prospección y observar eventos de anidación o actividades relacionadas, como por ejemplo, consumo o comercialización de huevos de tortuga en las áreas costeras seleccionadas. La confirmación de anidamientos más obvia, es la observación de las huellas, dejadas en la arena por las tortugas, el sitio encubierto de las nidadas o cascarones sobre la arena. De ser posible estas observaciones deben ser registradas al nivel de especies y clasificada como recientes o antiguas (ver Pritchard y Mortimer, este volumen; Schroeder y Murphy, este volumen). Si son discernibles, debe especificarse tipos de amenazas predominantes (p. ej., saqueo de tortugas, depredación de huevos, erosión o inundación de nidos).

Debe incluirse, las características fisiognómicas más relevantes del área de anidación: tipos de vegetación dominante, presencia de ríos, esteros o lagunas costeras, el perfil de playa, granulometría, composición y origen de la arena (volcánica, calcáreo), grado de compactación y, condiciones típicas de la energía del oleaje. En ausencia de cualquier evidencia directa de anidamientos, para proveerse de una noción de las particularidades de las áreas de anidación potenciales, se recomienda consultar en la literatura, estudios en los que se han caracterizado las áreas de anidación con base al perfil de playa, tipo de vegetación/ análisis granulométricos (ver Hirth, 1971; Márquez *et al.*, 1976; Balazs, 1978; Carr *et al.*, 1982; Mortimer, 1982; Corliss *et al.*, 1989; Márquez, 1990).

Es posible extrapolar o hacer generalizaciones, siempre y cuando se tenga cuidado en la interpretación de los resultados. Por ejemplo: las laúdes, usan playas con acceso a agua profundas, libres de obstrucciones sumergidas y con perfiles relativamente inclinados (con frecuencia hacia barlovento); mientras que la tortuga carey, comúnmente atraviesa por un hábitat cubierto de arrecifes de coral y aguas someras apareciendo en playas de bajo perfil y con vegetación densa. Las tortugas laúdes y las verdes tienden a anidar en espacios abiertos, libres de vegetación, mientras que las carey a menudo construyen sus nidos debajo de matorrales costeros como *Suriana maritima*, *Cocoloba uvifera*, o *Eterocarpus erectus*, especies presentes en la región insular del Caribe. La tortuga golfina normalmente anida en playas separadas del

continente por lagunas costeras o esteros (vea Mortimer, 1982).

En las áreas remotas e inhabitadas (donde las entrevistas no son factibles), los estudios preliminares deben ser hechos desde embarcaciones o, aun mejor, mediante censos aéreos a baja altura. No obstante que los estudios aéreos son relativamente caros, también son el método más rápido y eficaz para cubrir grandes extensiones de línea costera o grupos de islas inaccesibles por otros medios. Otra alternativa es buscar colaboradores voluntarios que posean amplio conocimiento de la zona de interés, como el personal de la Guardia Costera, grupos de misioneros, o personal de agencias que realizan vuelos *chárter* con acceso a áreas fuera de las rutas tradicionales. Para los detalles sobre cómo dirigir un estudio aéreo, vea Schroeder y Murphy (este volumen).

Técnicas Subsecuentes

Una vez realizadas las valoraciones preliminares e identificadas las áreas con un alto potencial para la anidación, el equipo de campo puede desplazarse al sitio de interés para emprender un análisis más detallado. Es importante considerar el periodo de máxima anidación o eclosión de toda la temporada, para que en uno o dos periodos de dos semanas de recorridos pedestres (preferentemente nocturno) se obtenga la suficiente información para confirmar los anidamientos, estimar la densidad del nido, verificar las especies presentes, y adquirir una percepción de las principales amenazas. Con estos datos disponibles, un responsable del manejo del recurso, tiene una mejor capacidad para avanzar con el diseño y la aplicación de un plan de conservación o una acción de manejo más específica,

Hábitats de Alimentación

Las tortugas marinas pasan la mayor parte de su ciclo de vida en hábitats acuáticos, tanto costeros como oceánicos. Por lo tanto, es fundamental para cualquier programa de conservación o manejo, identificar y evaluar los hábitats de alimentación potenciales. Aunque el estudio de las tortugas marinas en el agua es mucho más difícil que estudiarlas en la playa, un número creciente de estudios publicados nos ilustra de la variedad de métodos utilizados (p. ej., Ehrhart, 1983; Balazs *et al.*, 1987; Collazo *et al.*, 1992; Limpus, 1992; también vea a Ehrhart y Ogren, en este volumen). En esta sección se discute de manera general algunas técnicas que pueden ayudar a caracterizar e identificar los sitios de alimentación potenciales, sin

la necesidad de observar a las tortugas residente. Las técnicas se presentan en el mismo orden que se aplicaría en el campo.

Entrevistas

Como en el caso de las playas de anidación, se parte del supuesto de que virtualmente no existen datos básicos disponibles. De nuevo, el lugar más rentable para empezar, es a través de entrevistas a residentes clave, que poseen un amplio conocimiento empírico, incluyendo a los pescadores, buceadores, tripulaciones de barcos proveedores de suministros, la guardia costera u otro personal de inspección y vigilancia que realice patrullajes marinos en la región. Las preguntas deben orientarse a la obtención de información básica, formulándose de manera tal, que ellos manifiesten sus conocimientos sobre tortugas marinas, como por ejemplo, la presencia de adultos o juveniles en áreas cercanas o fuera de la costa, los patrones de migración estacional, las estadísticas pesqueras o, el mercadeo de productos y subproductos de tortugas marinas. Se reitera tener mucho cuidado, para no sesgar o malinterpretar las respuestas de los residentes locales entrevistados (vea Tambiah, este volumen).

Prospecciones Preliminares

En base a la información obtenida por las entrevistas, las áreas donde las tortugas son rutinaria o predictivamente observadas debe ser objeto de una extensa investigación. Estas áreas deben visitarse por personal adiestrado en buceo libre o con equipo de buceo autónomo. Debe obtenerse un registro de las características bióticas y abióticas más relevantes (tipos de algas, corales, flora y fauna) junto con la localización exacta del sitio, si es posible, usar un dispositivo para el Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS). Por ejemplo, evidencias de forrajeo en los pastos marinos (por las tortugas verdes) o de esponjas (por el carey) podría ser discernible (Vicente y Tallevast, 1995; van Dam y Diez, 1997). También deben registrarse los datos ecológicos, incluyendo la temperatura del agua, corrientes, profundidad, la estructura geológica más visible (formaciones rocosas características, hendeduras, paredes verticales etc.).

Como un requisito previo a la investigación en campo, debe realizarse una búsqueda bibliográfica para una revisión de las características más relevantes de las áreas de alimentación de las tortugas marinas y sus hábitos alimenticios, incluyendo información sobre

las especies dominantes en su dieta y patrones de alimentación (Casas-Andreu y Gómez-Aguirre, 1980; Ogden *et al.*, 1980, 1983; Mortimer, 1981; Dodd, 1988; Limpus, 1992).

En muchos casos, las tortugas marinas incluyen como fuente de alimentación a especies clave o indicadora (esponjas, pastos marinos, algas, y crustáceos). Por ejemplo, las esponjas del género *Chondrila*, *Chondrosia*, *Niphates*, *Cynachira*, *Geodia*, *Ricordia* son el alimento más común de la tortuga carey que forrajea en los arrecifes del coral, en afloramientos rocosos o en bahías y estuarios bordeadas de mangle en el Caribe. La tortuga caguama y la golfinia convergen en las productivas áreas de surgencia del Pacífico Oriental, para alimentarse del cangrejo rojo o langostilla, *Pleuroncodes planipes*, las tortugas verdes forrajean pastos marinos (p. ej., *Zoostera*, *Thalassia*) y algas (p. ej., *Gelidium*, *Gracillaria*) localizadas en aguas protegidas o típicamente poco profundas.

Las especies asociadas también pueden ser consideradas como especies indicadoras. Por ejemplo, la esponja *Xetospongia muta*, algunos peces cofre (p. ej., *Lactophrys*), peces ángel (p. ej., *Holacanthus*, *Pomacanthus*), corales duros como *Agaricia agaricites*, *Plexaura* sp. y el coral cerebro *Colpophyllia natans*, y *Porites* sp. también se encuentran típicamente en las áreas del Caribe donde las carey se alimentan, aunque no se conoce que éstas las utilicen para consumo. Las fotografías aéreas y ediciones actualizadas de atlas de recursos marinos, pueden ayudar en la identificación de hábitats bentónicos predominantes (p. ej., arrecifes de coral, pastos marinos).

Cuando las tortugas marinas se alimentan, aparecen en la superficie entre periodos regulares de ascenso y descenso. Aprovechando este comportamiento, las observaciones de tortugas en la superficie pueden proporcionar información útil. A veces con la información disponible sobre la composición del bentos, pueden predecirse que especies pueden encontrarse. Las tortugas carey parecen ser esponjivoras obligadas, las tortugas verdes son herbívoras. Las tortugas caguama, golfinia y aplanada, son omnívoras con una mayor propensión a los crustáceos y moluscos. Las laúd se alimentan de medusas en los hábitats oceánicos principalmente. Aunque hay excepciones estacionales en algunas partes del mundo, es poco probable que esta especie sea encontrada rutinariamente en las aguas costeras (con excepción de hembras grávidas en su hábitat de interanidaciones).

En áreas desconocidas o poco frecuentadas dónde no es posible la obtención de datos preliminares por entrevistas o por consultas a atlas de los recursos marinos (este último utilizado para la identificación de sitios de forrajeo importantes, basado en la distribución de arrecifes de coral, estuarios, o pastos marinos), una alternativa limitada, es visitar los hábitat representativos, por lancha y realizar un examen de primera mano del área usando snorkel o SCUBA. Deben emplearse métodos normales, como el transecto lineal, para la valoración rápida de áreas potenciales (Rogers *et al.*, 1983; Sullivan y Chiappone, 1993; Chiappone y Sullivan, 1994, 1997; Bolten *et al.*, 1996). En algunos casos, sobre todo cuando las áreas de estudio son muy extensas, puede obtenerse información preliminar por medio de censos aéreos (vea Henwood y Epperly, este volumen).

Técnicas Subsecuentes

Cuando las valoraciones preliminares indican que una área particular constituye un hábitat de forrajeo potencial, deben abordarse estimaciones subacuáticas más detalladas. Estudios a través de inmersiones (por ejemplo, captura-recaptura) pueden proporcionar información sobre la distribución, abundancia, tamaño de clases y las especies de tortugas marinas presentes (ver Ehrhart y Ogren, este volumen). Pueden cuantificarse los tipos de alimentación a través del uso de transectos lineales, cuadrantes, u otros métodos normalizados (Weinberg, 1981). Áreas de muestreo con un reticulado permanente, deben ser consideradas con el propósito de supervisar cambios en el hábitat a largo plazo.

El establecimiento de redes de avistamientos pueden proporcionar información a los responsables del manejo del recurso sobre una base continua (vea Shaver y Teas, este volumen). Conforme más información es integrada, los responsables del manejo, pueden depurar sus prioridades de conservación, así como la promulgación de medidas específicas de protección del hábitat para salvaguardar áreas de forrajeo importantes y los corredores migratorios.

En todos los casos (terrestres y marino) donde se planean las iniciativas a seguir, el diseño de la investigación debe ser una prioridad (ver Congdon y Dunham, este volumen), asegurando con ello, una asignación eficaz de los recursos humanos y financieros, así como la optimización de la utilidad de datos colectados

Literatura Citada

Balazs, G. H. 1978. Terrestrial critical habitat for sea turtles under United States jurisdiction in the Pacific region. An overview of existing knowledge. *Elepaio, Journal of the Hawaii Audubon Society* 39(4):37-41.

Balazs, G. H., R. G. Forsyth y A. K. H. Kam. 1987. Preliminary assessment of habitat utilization by Hawaiian Green Turtles in their resident foraging pastures. NOAA Tech. Memo. NMFS-SWFC-71. U.S. Dept. Commerce. 107 pp.

Bolten, S., M. Chiappone, G. A. Delgado y K. M. Sullivan. 1996. Manual of assessment and monitoring methods. Parque Nacional del Este, Dominican Republic. Florida and Caribbean Marine Conservation Science Center, Miami. 187 pp.

Carr, A., A. Meylan, J. Mortimer, K. Bjorndal y T. Carr. 1982. Surveys of sea turtles populations and habitats in the Western Atlantic. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFC-91. U.S. Dept. Commerce. 82 pp.

Casas-Andreu, G. y S. Gómez-Aguirre. 1980. Contribución al conocimiento de los hábitos alimenticios de *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas agassizii* en el Pacífico mexicano. *Bolm. Inst. Oceanogr., S. Paulo*, 29(2):87-9.

Collazo, J. A. R. Boulon, Jr. y T. L. Tallevast. 1992. Abundance and growth patterns of *Chelonia mydas* in Culebra, Puerto Rico. *J. Herpetol.* 26:293-300.

Corliss, L. A., J. I. Richardson, C. Ryder y R. Bell. 1989. The hawksbill of Jumby Bay, Antigua, West Indies, p.33-36. *In*: S. A. Eckert, K. L. Eckert y T. H. Richardson (Compiladores), Proc. Ninth Annual Workshop on Sea Turtle Conservation and Biology. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFC-232. U.S. Dept. Commerce.

Chiappone, M. y K. M. Sullivan. 1994. Ecological structure and dynamics of nearshore hard-bottom communities in the Florida Keys. *Bull. Mar. Sci.* 54(3):747-756.

Chiappone, M. y K. M. Sullivan. 1997. Rapid assessment of reefs in the Florida Keys: results from a synoptic survey, p. (v.2):1509-1514. *In*: H. A. Lessios e Ian G. MacIntyre (Editores), Proc. Eighth International Coral Reef Symposium, Panama. Smithsonian Tropical Res. Institute. Balboa, Panama. 2119 pp.

Dodd, Jr., C. K. 1988. Synopsis of the biological data

- on the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). U. S. Fish. Wild. Serv. Biol. Rept. 88(4):1-110.
- Ehrhart, L. M. 1983. Marine Turtles of the Indian River Lagoon System. Florida Scientist 46 (3/4):337-346.
- Hirth, H. F. 1971. Synopsis of Biological Data on the Green Turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). FAO Fisheries Synopsis, FIRM/S85:1-75.
- Limpus, C.J. 1992. The hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Queensland: population structure within a southern Great Barrier Reef feeding ground. Wildlife Res. 19:489-506.
- Márquez, R. 1990. FAO Species Catalogue Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to data. FAO Fish. Synop. 11(125):1-81.
- Márquez, R., A. Villanueva y C. Peñaflores. 1976. Sinopsis de datos biológicos sobre la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829). INP, Sinopsis sobre la Pesca (INP/S2, SAST), 2:61 pp.
- Mortimer, J. A. 1981. The feeding ecology of the West Caribbean green turtle (*Chelonia mydas*) in Nicaragua. Biotropica 13(1):49-58.
- Mortimer, J. A. 1982. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles, p.45-51. In: K. A. Bjorndal (Editor) Biology and Conservation of Sea Turtles. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Ogden, J. C., S. Tighe, y S. Miller. 1980. Grazing of sea grasses by large herbivores in the Caribbean. Am. Zool. 20:949 (abstract).
- Ogden, J. S., L. Robinson, K. Whitlock, H. Daganhardt, y R. Cebula. 1983. Diel foraging patterns in juvenile green turtles (*Chelonia mydas* L.) in St. Croix, U. S. Virgin Islands. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 66:199-205.
- Rogers, C. S., M. Gilnak y H. C. Fitz III. 1983. Monitoring of coral reefs with linear transects: A study of storm damage. J. Exper. Mar. Biol. Ecol. 66:285-300.
- Sullivan, K. M. y M. Chiappone. 1993. Hierarchical methods and sampling design for conservation monitoring of tropical marine hard bottom communities. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 3:169-187.
- Van Dam, R. P. y C. E. Diez. 1997. Predation by hawksbill turtles on sponges at Mona Island, Puerto Rico, p. (v.2):1421-1426. In: H. A. Lessios e Ian G. MacIntyre (Editores), Proc. Eighth International Coral Reef Symposium, Panama. Smithsonian Tropical Res. Institute. Balboa, Panama. 2119 pp.
- Vicente, V. P. y R. H. Boulon. 1995. Characteristics of green turtle (*Chelonia mydas*) grazing grounds on some Caribbean islands, p.145-149. In: J. I. Richardson y T. H. Richardson (Compiladores), Proc. Twelfth Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation; NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-361. U.S. Dept. Commerce.
- Weinberg, S. 1981. A comparison of coral reef survey methods. Bijdragen tot de Dierkunde, 51(2):199-218.

Prospecciones Poblacionales (Terrestres y Aéreas) en Playas de Anidación

Barbara Schroeder

National Marine Fisheries Service, Office of Protected Resources, 1315 East-West Highway, Silver Spring, Maryland 20910 USA; Tel: +1 (301) 713-1401; Fax: +1 (301) 713-0376; email: barbara.schroeder@noaa.gov

Sally Murphy

South Carolina Department of Natural Resources, P.O. Box 12559, Charleston, South Carolina 29422-2559 USA; Tel: +1 (843) 762-5015; Fax: +1 (843) 762-5007; email: murphys@mrd.dnr.state.sc.us

Introducción

Los censos de poblaciones en las playas de anidación se han constituido en la herramienta de monitoreo más ampliamente utilizada por la comunidad de biólogos especialistas en tortugas marinas que trabajan en todo el ámbito global. Los resultados de estas observaciones son un componente importante de programas integrales, ya que permiten la evaluación y el seguimiento a la condición de las poblaciones de tortugas marinas. Estas valoraciones son necesarias para conocer los efectos de las actividades de conservación y recuperación implantadas en todas las fases de la historia de vida de estas especies. Un diseño apropiado del censo de nidos, en conjunto con los estudios a las hembras anidadoras (ver los artículos de Alvarado, Murphy, Balazs, y Owens, en este volumen) y el análisis de éxito en la eclosión (Miller, este volumen), proporcionan información relativa al número de nidadas depositadas anualmente, el número anual de hembras maduras reproductivamente activas y la productividad anual de las nidadas. Los métodos planteados en este capítulo, se aplican tanto a investigaciones basadas en tierra como para prospecciones aéreas. Básicamente están orientados a coleccionar información sobre el número de hembras maduras que emergen a una playa de anidación y los eventos de anidación y no-anidación, que ocurren en playas donde no se presentan arribadas. Los lectores interesados en investigar poblaciones en playas con anidaciones masivas (playas de arribadas), deben consultar el artículo de Valverde y Gates, en este volumen.

La amplia gama de estudios realizados en las playas para dar un seguimiento a la actividad de anidación dentro de una temporada, abarcan desde “fotografías instantáneas” hasta muestreos estandarizados altamente estructurados. Sin embargo, a pesar de que actualmente los estudios en playas de anidación se han extendido ampliamente, la variabilidad en las técnicas, junto con la deficiente información de los métodos aplicados o las suposiciones planteadas, muchas veces obstaculizan nuestra capacidad para realizar estimaciones válidas sobre la condición de las poblaciones anidadoras. El propósito principal de este capítulo es proporcionar de manera simplificada, una estrategia para el estudio en playas de anidación. La utilidad de esta propuesta puede ponerse a prueba y aprovecharse para el diseño de programas que permitan un seguimiento eficaz tanto a trabajos en playas sin prospección previa como para modificar programas de trabajo en curso. El alcance de un estudio en playas de anidación, depende- entre otros factores- del aislamiento y las características geográficas del área del estudio, el personal y equipo disponible y la densidad de nidos. En este capítulo no se discute la identificación de especies con base a las huellas dejadas por las hembras al salir a anidar, componente crítico de cualquier programa de monitoreo en una playa de anidación (para una orientación sobre este tema ver Pritchard y Mortimer, este volumen).

Para que el trabajo realizado en una playa de anidación sea de mayor utilidad a largo plazo, debe reunir las siguientes características: ser rentable, re-

producibles, cuantitativamente rigurosos y fácilmente comprensibles para otros grupos que le darían seguimiento. Son dos las metodologías más empleadas en el monitoreo a playas de anidación -recorridos a pie o por medio de vehículos terrestres (censo en tierra) y recorridos en avioneta (censo aéreo). En este capítulo se revisan ambas metodologías y se proporciona al lector, la información necesaria para poner en marcha un nuevo programa de monitoreo en playas de anidación o, si ya está en operación, puede proveerle sugerencias para su perfeccionamiento. El capítulo se divide en tres secciones generales: (1) una visión global de las técnicas empleadas y aspectos comunes a ambos métodos, (2) censos terrestres y (3) censos aéreos.

¿Qué Metodología Debe Usarse?

La elección de cualquiera de las dos técnicas dependerá de varios factores. Entre los más importantes se consideran, la extensión geográfica del área de estudio, el tipo de playa, y los recursos (dinero, equipo y personal) disponibles. Los censos terrestres, ya sea por medio de recorridos a pie o en vehículo, permiten la observación cuidadosa de las huellas de las tortugas para contarlas e identificarlas. Son recomendables cuando (1) se realicen actividades adicionales y se requiera que el personal efectúe varios recorridos durante el día y/o la noche (p. ej., control de predadores, traslado de nidadas), (2) la playa es accesible y el área de estudio relativamente pequeña; (3) la estructura de la playa obstaculiza la observación desde el aire, debido a las limitaciones en la capacidad de maniobra de la avioneta y (4) las huellas en la arena se confunden debido al tipo de playa (p. ej., playas con abundancia de cantos rodados o cuando los nidos son construidos sobre vegetación muy densa). Los censos aéreos son preferibles en la prospección de grandes áreas que necesitan de una evaluación sobre el uso relativo de dichas zonas como playas de anidación (presencia/ausencia de tortugas) y para explorar playas de anidación que son inaccesibles para recorridos a pie o en vehículo terrestre. Cualquiera de las dos metodologías son útiles para estudios normalizados a largo plazo, siempre y cuando cuenten con un diseño apropiado.

Una vez seleccionada la plataforma de estudio (aéreo o terrestre), el próximo paso es determinar la metodología específica que se aplicará. Hay dos métodos que han sido aplicados exitosamente tanto en trabajos de campo terrestres como en censo aéreo.

El primero, hace una precisión entre las salidas de tortugas a la playa con evento de anidamiento exitoso de aquellas salidas de tortuga sin anidamiento y sólo evalúa huellas recientes o “frescas” (p. ej., aquellas huellas dejadas por las tortugas durante la misma noche del censo, cuando se realizan recorridos nocturnos o las huellas dejadas la noche previa al censo, cuando se realizan los recorridos por las mañanas). La segunda metodología involucra el recuento de todas las huellas o en algunos casos, todas las huellas de “camas” o “lechos” (cavidad visible formada por el cuerpo de la tortuga en el lugar donde construye el nido). En este caso, no se toma en cuenta la diferenciación entre salidas con evento de anidamiento o sin anidamiento. También puede o no involucrar el registro de huellas “frescas” vs. “viejas”. La metodología elegida dependerá de una valoración de las variables explicadas en los párrafos siguientes. Cualquiera de estas variables, requerirán del diseño apropiado de un proceso de validación terrestre. Los autores no recomiendan estudios que pretendan diferenciar salidas con evento de anidación de aquellas salidas sin anidación *in situ* cuando en el recuento, se mezclen huellas “viejas” con huellas “frescas”.

Aspectos del Censo Comunes a Ambas Técnicas

Variables que Afectan la Recolección de Datos

En cualquier estudio sobre anidaciones, la detección de un evento de anidación, y consecuentemente, la exactitud del censo, es influenciada por muchos factores. Estas variables son importantes, independientemente si el estudio emplea las técnicas de censo aéreo o el censo basado en tierra. El componente más crítico de ambos tipos es la aplicación apropiada de un diseño de validación terrestre aplicado a una sub-muestra de playas. La validación terrestre permite cotejar los datos recolectados, desarrollar y aplicar las correcciones necesarias en el último análisis de la información. Las variables más importantes asociadas con la diferenciación, identificación y el conteo de huellas en la playa de anidación son: la precisión del observador/recolector, la especie objetivo, la densidad de la anidación, el tipo de playa, hora (posición del sol), viento, lluvia y actividad humana en la playa.

1. La precisión del Observador/Recolector: El error intrínseco del observador puede influir significa-

- tivamente en la veracidad del censo. Un programa de gran alcance en el estudio de las anidaciones, debe incluir el entrenamiento de los observadores y la validación terrestre (ver párrafos siguientes).
2. **Las Especies:** Algunas especies de tortugas marinas exhiben conductas de anidación que complican extraordinariamente la identificación y diferenciación de sus rastros en la arena. Por ejemplo, la tortuga carey prefiere anidar entre la vegetación densa y también puede atravesar entre rocas o fragmento de coral, dejando tan sólo una pequeña o ninguna señal de su desplazamiento fuera del agua. En contraste, los rastros de la tortuga laúd, por lo general producen una extensa perturbación en la playa, lo que puede ocasionar confusiones entre la diferenciación de anidamientos exitosos de aquellas salidas de tortugas sin evento de anidación. Por ello, la variabilidad en la conducta de anidación entre las especies, debe tomarse en cuenta al planear e implantar un censo de anidaciones.
 3. **Densidad de la Anidación:** Las playas que sostienen una alta densidad de nidos no son buenas candidatas para el uso de las técnicas de censo aéreo. El número total de huellas se traslapa y la evaluación precisa de los rastros desde el avión, puede hacerse sumamente difícil, sino imposible. Los estudios aéreos son más apropiados para playas que sostienen densidades de bajas a moderadas, a menos que se disponga de un helicóptero para estudios en playas de anidación con alta densidad.
 4. **Tipo de Playa:** Las variaciones en el tipo de playas pueden afectar la veracidad en el conteo de rastros. Las playas pueden ser de arena fina, gruesa, arena gruesa mezclada con fragmentos de conchas y también pueden ser áreas compactas muy duras conformadas en su totalidad por conchas de moluscos. En este último tipo, no es posible distinguir las huellas dejadas por las aletas de las tortugas. La variabilidad en los perfiles de la playa puede afectar la anchura y simetría de los rastros y entorpecer la identificación de la especie y/o la diferenciación entre anidaciones con eventos de no anidación.
 5. **Horario (Posición del Sol):** El bajo ángulo del sol en las primeras horas de la mañana, forma una sombra profunda detrás de las huellas y las hace muy visibles. A media mañana, este efecto de sombra se pierde y los rastros son más difíciles de observar. Para censos aéreos, la luz con resplandor intenso, se convierte en un factor adicional de demora en el conteo de nidos. Los días nublados eliminan el efecto de la sombra en las huellas y dificultan discernir las señales de los nidos. Para eliminar una de las variables que afectan la precisión de los conteos, se recomienda que las observaciones se realicen a la misma hora cada día, de preferencia en las primeras horas de la mañana.
 6. **Viento:** Dependiendo de la intensidad, duración y dirección del viento, las huellas pueden borrarse o erosionarse. Hasta cierto punto, el contenido de humedad en la arena modera los efectos del viento. La porción de una huella en la arena húmeda puede permanecer tangible durante más tiempo, que el segmento de la huella en arena seca. La erosión de los rastros depende de la dirección del viento en relación a la orientación de la playa. Una parte de la playa pudiera presentar huellas notoriamente claras, mientras que las huellas dejadas en la misma noche en otra área, pudieran parecer menos perceptibles o más viejas.
 7. **Lluvia:** Con diversos grados de afectación, la lluvia disimula huellas y confunde su identificación. Las huellas de salida de una tortuga antes de una lluvia, generalmente parecen más viejas que las de otra tortuga que sale después de la lluvia. Este mismo efecto puede ocurrir cuando durante la observación, la lluvia cae en toda o una parte de la playa de estudio. Si bajo estas condiciones se requiere la diferenciación entre huellas “frescas” o “viejas”, es esencial confiar en la relación huellas-zona entre mareas, para determinar la edad del rastro (condicionando esta observación a que la playa estudiada presente una obvia fluctuación de mareas). Los rastros, por lo general, son visibles aún después de una lluvia ligera o moderada, pero una lluvia fuerte los borrará completamente. Los censos aéreos, y en menor grado los censos terrestres, son de poco valor después de noches de lluvia prolongada o vientos fuertes que afectan una amplia zona de la playa bajo estudio.
 8. **Actividad Humana en la Playa:** La actividad humana enmascara las huellas de salida y entrada, la “camas” y otras señales de campo que evidencian la presencia de nidos. Los proyectos de protección de nidos también destruyen las señales de campo cuando disimulan los nidos o se

trasladan las nidadas. Es importante tener muy claro el nivel de actividad humana ejercida en la playa del estudio, incluyendo aquellos esfuerzos para la protección de los nidos, y asegurarse de que estos se tomen en cuenta al planear los estudios tanto para el censo aéreo como en el terrestre.

Formularios para la Colecta de Datos

Los formatos utilizados para la colecta de datos en las áreas de anidación durante los censos aéreos o terrestres, deben ser sencillos y concisos. Se recomienda que todos los que participen en el registro de datos, usen el mismo formato para una playa particular. Si el lector lo desea, puede consultar y tomar como ejemplo los formatos que han sido elaborados por otros investigadores para su trabajo de censos en playas de anidación. Estos, pueden servir como modelos, sin embargo, para cada playa, siempre debe elaborarse un formato de acuerdo a su condición peculiar e incluir toda la información relevante. (Ver Apéndices 1 y 2).

División de la Playa de Anidación

La definición del área de trabajo es uno de los componentes más importantes en el establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo para una playa de anidación. El área física en donde se realizará el censo, debe conocerse, medirse y mantener una consistencia en su acotación. Lo anterior, es con el fin de poder realizar comparaciones año con año con los datos generados. También, es útil dividir la playa en segmentos o zonas iguales, con esto, los datos podrían manejarse en una escala de resolución más fina, que la que se tendría al obtenerlos al nivel de la longitud total del área censada. La capacidad para analizar los datos del censo por zonas, es particularmente útil cuando se evalúan o se estiman los efectos de la alteración del hábitat en el éxito de los anidamientos (p.ej., la iluminación artificial, construcción de protecciones costeras). La distancia máxima recomendada para dividir el área de estudio es de 1.0km. Las subdivisiones de la zona pueden acotarse usando estacas o postes de madera marcados. Sin embargo, debido a que generalmente esta señalización son de naturaleza temporal, en los límites del área de estudio deben utilizarse -cuando estén presentes- marcas de referencia más estables, ya sea con relación a una dirección o distancia de puntos físicos permanentes (p. ej., edificios, ríos, o bocas de ríos) o si se encuentra disponible, puede usarse equipo para

el Sistema del Posicionamiento Geográfico (GPS, por sus siglas en inglés). Es importante que todo el personal que participe en el censo, tenga un conocimiento preciso de los puntos de inicio y término de cada una de las subzonas

Evaluación de las Fuentes de Error - Verificación Terrestre

En los censos realizados en playas de anidación, como en cualquier área de la investigación, se presenta de manera inherente un nivel de error. La interpretación de las huellas de las tortugas en la arena, puede ser difícil y es posible cometer errores al separar eventos de tortugas que emergieron y tuvieron una anidación exitosa, de aquellas tortugas que emergieron pero que no desovaron; discernir entre la existencia de huellas “frescas” o “viejas” (para estudios que requieran la precisión de esta diferenciación), así como diferenciar huellas de una especie a otra. Los errores pueden ser más evidentes en playas de anidación con densidades de altas a moderadas, ya que la gran cantidad de huellas, dificulta la interpretación de las señales dejadas por las tortugas. En el caso de censos del número total de rastros, ya sea en estudios basados en tierra o en censos aéreos, debe desarrollarse un factor de corrección para estimar rastros con nido y rastros sin nido o “rastros falsos”. Un componente crítico en los censos terrestres y aéreos es la evaluación de la magnitud de estos errores. Para asegurar una muestra objetiva, la validación terrestre debe realizarse varias veces a lo largo de la temporada sobre una sub-muestra del área total de estudio, bajo diferentes condiciones de la marea, estado del tiempo y en todos los tipos de playa dentro del área de estudio. En los censos aéreos, la validación terrestre debe realizarse para cada vuelo. Esta verificación obliga al empleo de técnicas que confirmen la presencia o ausencia de huevos en los nidos. La única manera de confirmar la presencia de huevos es verlos durante el desove, después de excavar o explorar el nido o, como resultado de las actividades de los depredadores. El primer método involucra la observación directa de las actividades de anidación de las hembras (sin interferir en el proceso), marcar los rastros resultantes con banderas, estacas numeradas, y usar estos datos para verificar la información del censo obtenida por los observadores que participarán en el censo aéreo al día siguiente. Alternativamente, como se describe en los párrafos siguientes, los rastros pueden excavar o examinarse dentro del área de validación terrestre para confirmar la presencia o ausencia de huevos (los

autores difieren sobre cuál es el método preferido). La primera técnica involucra una lenta y muy localizada excavación que debe realizarse metódicamente (los orificios de prueba deben ser de diámetro pequeño y excavados sólo manualmente - ¡ningún instrumento!) para confirmar que los huevos están presentes o ausentes. En el segundo método se usa un pequeño y angosto palo de madera, que se inserta suavemente en la arena para localizar el área de arena menos compacta que se encuentra directamente sobre la nidada.

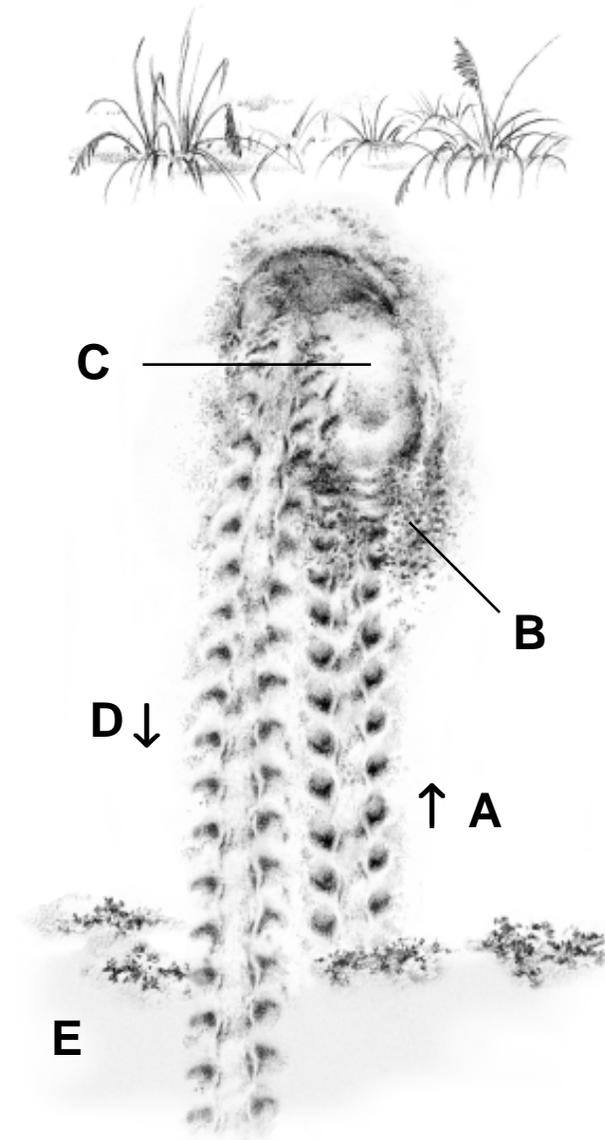


Figura 1. Proceso de un anidamiento exitoso de la tortuga caguama *Caretta caretta*, con rastro de salida (A); arena esparcida o tirada hacia atrás de la huella de salida (B); cama secundaria, escarpadura y arena dispersa alrededor (C); huella de retorno (D). (E) marca de la línea de marea alta.

Debe mantenerse un cuidado extremo al usar la sonda de madera para no provocar ninguna punción en la nidada. Cualquier técnica sólo debe ser aplicada por personal experimentado, bien entrenado y con la autorización pertinente. Cuando proceda, debe tenerse cuidado y evitar que las técnicas para “encontrar” las nidadas sean del conocimiento (por observación directa o indirecta) de personas que puedan coleccionar los huevos ilegalmente. Cuando se utilice la validación terrestre para calibrar los datos de un censo aéreo, puede ser útil coleccionar información adicional en el recorrido terrestre, como p.ej., la descripción de los rastros observados, la secuencia y su localización relativa a las mismas acotaciones usadas por los observadores aéreos (vea sección: División de la Playa de Anidación).

Independientemente de la metodología de validación utilizada tanto para los censos aéreos como los terrestres debe generarse una estimación del error del muestreo, y aplicarse como factores de corrección en el análisis final de los datos

Determinación de Salidas de las Tortugas con Evento de Anidación vs. Tortugas que Emergieron Sin-anidar

Como se describió anteriormente, bajo el párrafo titulado “Qué Metodología debe Usarse?”, se han diseñado algunas técnicas para censos terrestres y aéreos, que permiten diferenciar la salida de una tortuga asociada con un evento de anidación de otra tortuga que sale pero no anida. Estos métodos no requieren la confirmación directa de los huevos en cada nido. Bajo ciertas condiciones de la playa y para algunas especies, los observadores con suficiente entrenamiento o experiencia pueden identificar las señas de campo o “huellas” de la tortuga que emergió y depositó los huevos. Como se describió anteriormente, debe llevarse a cabo un diseño apropiado de validación para evaluar la exactitud de todas las técnicas de estudio y para que puedan derivarse los factores de corrección que serían aplicados en el análisis final de los datos. Aunque cada especie tiene ciertas características que producen una señal única para su rastro, muchas de las características son muy similares (para ver huellas específicas por especie y descripciones del nido, consulte a Pritchard y Mortimer, este volumen). Puede adquirirse experiencia conociendo la variedad de huellas dejadas por todas las especies que aniden en su playa de estudio y así reducir el margen de error. Ciertas terminologías que

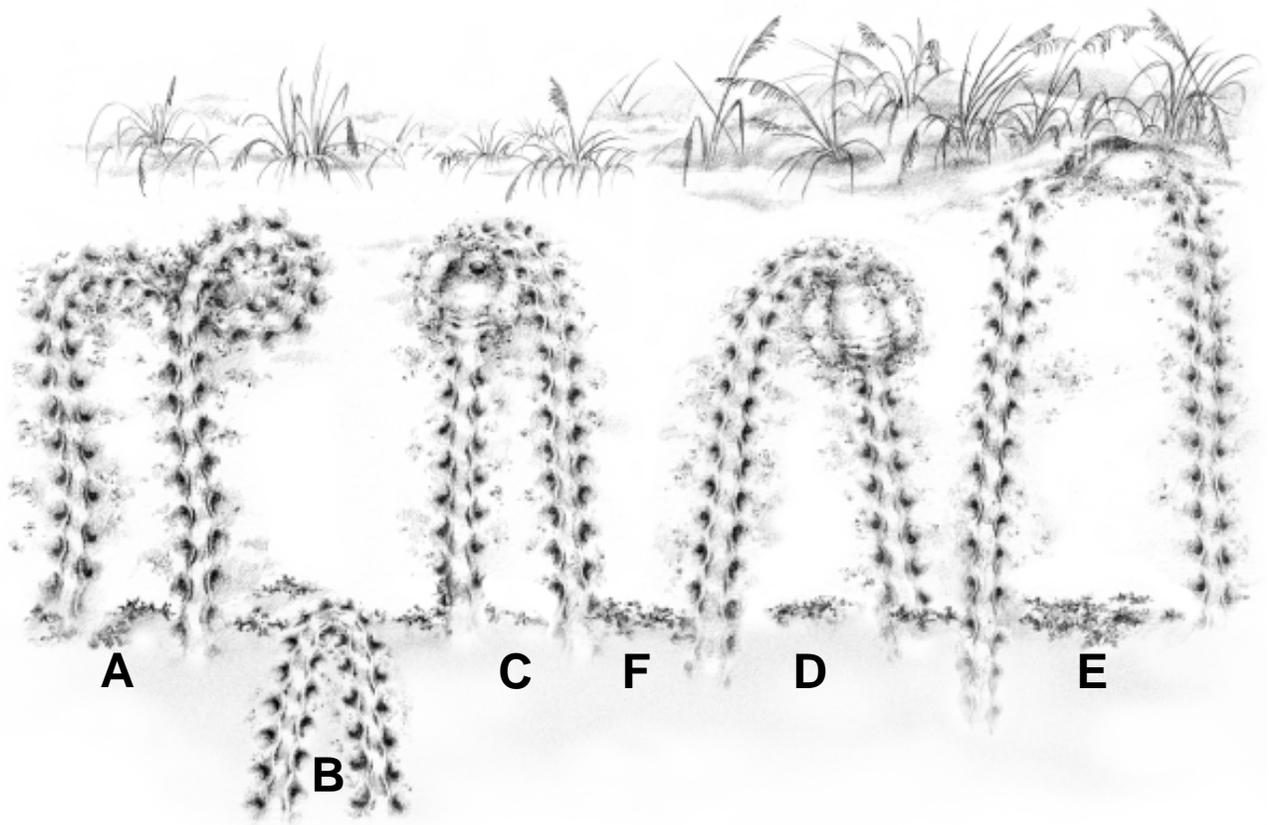


Figura 2. Ejemplos de rastros falsos (emergencias sin anidación) de la tortuga caguama (*Caretta caretta*), incluyen: un vagaubendeo extensivo, sin cama ni excavación de nido (A); rastro en forma de U hasta la línea de marea alta (B); marcas de emergencia muy tangibles con formación de cama y nido, este último sin cubrir (D) marcas de gran perturbación en la arena, formación de cama y excavación poco profunda de la cámara para huevos, sin cubrir (C). (E) marcas en un sitio donde la longitud relativa de las huellas de emergencia y retorno son casi las mismas. (F) marca de la línea de marea alta.

pueden o no ser conocidas por el lector, se usan regularmente para describir e interpretar las huellas. Se considera provechoso, adquirir un conocimiento amplio de esta terminología antes de continuar. El glosario siguiente y los argumentos para describir las huellas, se fundamentan principalmente en la tortuga caguama *Caretta caretta*, puede ser útil y hasta cierto punto, aplicable a todas las especies de tortugas marinas.

Bordo (“Backstop”): Es un pequeño promontorio de arena, con un ángulo de 45°, formado en el perímetro de la cama cuando la tortuga extrae la arena con las aletas traseras durante la excavación del nido. Esta formación no está presente en la cavidad secundaria.

Rastros: Las huellas y otras señales dejadas por una tortuga en la playa.

Cámara de huevos: La cavidad excavada por la tortuga con las aletas traseras para depositar su nidada.

Escarpadura: El perímetro de la cavidad o “cama” secundaria, donde las aletas delanteras forman una pequeña barrera en la arena circundante.

Rastro falso: Rastro producido por un esfuerzo de anidación inconcluso (la emergencia de una tortuga sin evento de anidación).

Rastro con anidación: Rastro producido por un esfuerzo de anidación exitoso (presencia de huevos en el nido).

“Cama” o Cavidad Primaria: La “cama” formada en la arena por una tortuga antes de la excavación de la cámara o hueco donde deposita la nidada.

“Cama” o Cavidad Secundaria: El ahondamiento que forma la tortuga, principalmente con sus aletas delanteras después de la anidación. La arena y el material removido durante la formación de la cavidad secundaria, generalmente cubre la cámara para la nidada y la cavidad primaria.

Señas de Actividad de Rastras con Anidación

El primer paso es identificar el rastro de la tortuga cuando emerge y regresa al mar, observando en qué dirección fue empujada la arena, ya que cuando una tortuga se arrastra, empujará la arena hacia atrás con cada golpe de la aleta (Figura 1, observe las flechas). Se advierte que la dirección de su desplazamiento ayudará a entender la conducta de la tortuga, la cual produce una señal particular en su desplazamiento. Siga el camino tomado por la tortuga y busque evidencias de las aletas delanteras que arrojan la arena hacia atrás o cubren la huella de ascenso con briznas de arena (Figura 1 (B)) localice la cavidad o cama secundaria y/o la escarpadura (generalmente es una media luna formando un pequeño promontorio) y la arena esparcida en la periferia de la cavidad secundaria (Figura 1 (C)). La forma de la cavidad secundaria puede ser algo redonda o alargada, dependiendo de la ubicación del nido. La arena salpicada durante la construcción de la cama y la que cubre al nido, generalmente tiene un contenido de humedad más alto que la arena seca de la superficie y esta diferencia puede ser útil para apreciar y evaluar las señales de los rastros de la tortuga

En censos aéreos diseñados para diferenciar huellas de tortugas con nido y huellas sin- evento de anidación y rastros “frescos” de “viejos”, la longitud relativa de las huellas de salida con las de retorno, también puede ser un indicador de anidación, esto es factible observarlo en playas con marcadas fluctuaciones de marea. Sin embargo, esta técnica de diferenciación sólo debe usarse en la ausencia de cualquier otra evidencia de validación y cuando el remate o vértice de la huella se encuentre obstruido para su visualización. Si la huella de salida es considerablemente más corta que el rastro de retorno, es evidencia que la tortuga pasó un tiempo considerable en la playa y puede haber anidado. Sin embargo, es importante asegurarse de que la tortuga no permaneció vagabundeando o sólo estuvo haciendo esfuerzos repetidos de anidación.

Evidencias de Rastro Falso (Salida de la Tortuga sin Anidación)

Observe cuidadosamente todas la huella dejada por la tortuga y busque cualquiera de las señales siguientes: (1) muy poca o nada de perturbación en la arena, el rastro comúnmente tiene forma de U o forma un arco simple, también puede incluir un vagabundeando de moderado a extenso (Figura 2 (UN) y (B)); (2)

una pequeña barrera (backstop) formada al empujar la arena hacia atrás (no esparcida) encima del rastro de salida, típicamente entre dos montículos de arena amontonados por la tortuga con sus aletas delanteras durante la construcción de la “cama” o cavidad primaria (Figura 2 (D)); (3) considerable perturbación en la arena producto del esfuerzo de excavación, pero con el rastro de salida del área perturbada y con retorno hacia el mar; (4) considerable perturbación en la arena por el esfuerzo de excavación, pero con la cámara para los huevos colapsada o incompleta (y desprovista de huevos) y ninguna evidencia de que el nido fue tapado (Figura 2 (C)) En el caso de nidadas depredadas, generalmente se caracterizarán por la presencia de cáscaras de huevo o huevos dispersos parcialmente consumidos. Durante el censo, deben contarse los nidos depredados como emergencia con anidación, pero regístrelo como nido depredado si se cuantifica el éxito de la nidada. Durante los estudios aéreos, algunas huellas pueden ser clasificadas como “irreconocible” - por ejemplo - cuando la cara de la duna se derrumba en el vértice de la rastra (y obstaculiza la señal de la rastra) o cuando el vértice del arrastramiento queda disimulado por la vegetación de la duna y, cuando las longitudes relativas de las huellas de entrada y salida son iguales (Figura 2 (E)).

Metodología para la Observación en Tierra

Equipo Requerido

Si el estudio es conducido a pie, no se necesita más equipo que un sombrero macizo y tupido y un bloqueador solar (Nota del traductor: en los recorridos nocturnos, se requerirá de una pequeña lámpara de mano de corto alcance o con algún aditamento para dejar las manos libres para hacer anotaciones y revisar cuidadosamente la nidada, ropa adecuada para protegerse de cambios repentinos en las condiciones climáticas y de los mosquitos y jejenes o chaquistes. Si se utilizan vehículos durante el transcurso de la temporada de anidación, estos deben ser motocicletas para todo terreno pequeñas, de tres o cuatro ruedas, (ATV, por sus siglas en inglés). Las ATV's son relativamente ligeras y tiene llantas grandes a alta presión tipo balón que dejan las huellas de los neumáticos en un relieve casi plano y no ejercen una gran fuerza al cruzar sobre las nidadas en incubación (aunque nunca debe hacerse intencionalmente). Las ATV's son ideales para estudios que cubran una área

extensa, sin embargo, requieren de un mantenimiento constante, para protegerlas del desgaste, producto de la exposición diaria a la arena y al rocío salino. Independientemente del tipo del estudio, el único otro requisito de equipo es una cámara fotográfica o de video para cualquier evento o hallazgo extraordinario.

Periodicidad y Horarios para los Estudios Terrestres

En muchos casos, los censos en combinación con otras actividades de conservación, como los esfuerzos de protección a los nidos se realizan a diario durante toda la temporada (vea Boulon; Molinero; Mortimer, este volumen). La contabilidad total de las salidas de las tortugas con evento de anidación o no-anidación, demanda de un monitoreo cotidiano a lo largo de toda la temporada. Sin embargo, el monitoreo diario no siempre es necesario o logísticamente posible y pueden usarse datos de prospecciones o recorridos intermitentes al área de anidación, como un índice de las anidaciones totales. Este índice proporcionará datos básicos disponibles y probará si es apropiado el diseño del estudio con muestreos con mayor periodicidad a lo largo de la temporada de anidación. Los estudios con muestreos alternados pueden realizarse de dos maneras: aquellos que incluyen el recuento de los rastros frescos (es decir, las que fueron realizadas la noche anterior) o aquellos que incluyen el inventario de todos los rastros, independientemente del tiempo. En el último caso, deben colectarse los datos con la duración de la huella e incorporarlos como un factor de corrección en el análisis final de los datos.

Cuando se realiza el censo durante el día, los recorridos deben empezar justo después de la salida del sol para ver mejor las huellas. La señal de las huellas empieza a deteriorarse conforme el sol seca la arena, y el sombreado que facilita la identificación, se pierde a medida que va desplazándose el sol al cenit. Adicionalmente, en playas que son visitadas por los humanos para propósitos recreativos, el tráfico y otras actividades borrarán las huellas de la anidación. Las prospecciones de día, son recomendadas cuando no se requiere de los recorridos continuos al área de estudio -los cuáles pueden causar perturbaciones a las hembras anidadoras- y porque es más fácil a la luz del día discriminar con mayor precisión las huellas. Sin embargo, en algunos casos, puede ser necesario y/o preferible dirigir los estudios durante la noche, cuando otras actividades de la investigación hacen necesario el patrullaje al momento de la anidación o cuando los esfuerzos de protección de los nidos deben

llevarse a cabo durante el tiempo en que salen las tortugas.

Técnicas para el Estudio Basado en Tierra

Aquí se describe cómo diseñar y dirigir censos terrestres, diferenciando las salidas de tortugas con evento de anidación y no anidación, y huellas “frescas” de “viejas”. El personal de campo debe desplazarse por la playa al nivel de la última línea de la pleamar. Al descubrir un rastro, el observador debe determinar primero si la huella es reciente. Dependiendo de las condiciones del tiempo, las huellas pueden persistir durante días o incluso semanas. El único método realmente confiable para tener la certeza de que sólo se contarán huellas recientes o frescas es cruzar a pie o en el vehículo sobre la línea de la pleamar esperada el día anterior al que se efectuará el recorrido. De esta manera, las señales de rastros recientes atravesarán la huella del vehículo o no habrán sido previamente “marcadas” por el paso de los pies a través del rastro. Un método alternativo de distinguir huellas recientes de viejas, es descrito bajo la sección que aborda el estudio de los censos aéreos, aunque dependerá, de las condiciones de la marea en la playa de anidación y será ligeramente menos confiable. Después, el observador debe determinar de manera visual si la huella es de una salida de la tortuga con una anidación o si no hubo nidada (vea el párrafo anterior) además de determinar qué especie de tortuga dejó la huella (vea Pritchard, este volumen). Los observadores deben tener la experiencia necesaria para hacer estas determinaciones basándose en las características de la huellas. Todas las huellas se enumeran y se registran en el formato para datos. Después de evaluar y registrar cada rastro, la huella debe “marcarse” (p. ej., borrando la parte superior de la huella) para evitar recuentos duplicados en los días subsecuentes. Independientemente del método usado para “marcar” la huella, éste debe ser consistente y conocido por todo el personal de campo para evitar la duplicidad en el registro

Capacitación

Todo el personal de campo que participe en los recorridos u observaciones debe someterse a un proceso de entrenamiento integral antes de realizar el censo por su propia cuenta. Un programa de entrenamiento integral incluirá una sesión teórica en el aula y sesiones de campo. El entrenamiento en el aula debe incluir diapositivas o fotografías de varios tipos de huellas para cada una de las especies que se

sabe que anidan en la playa de estudio. La comprensión completa de la conducta de anidación de cada especie, es crítica para la interpretación exacta de las señales dejadas por la tortuga en la playa. El nuevo personal de campo debe ser introducido al comportamiento de la anidación por la observación directa de las tortugas anidadoras acompañado por personal experimentado que puede explicar cada parte del proceso de la anidación y cómo cada conducta influye en las señales de las huellas. El personal de recién ingreso debe trabajar con el personal experimentado hasta que se sienta totalmente seguro de su habilidad para identificar las salidas de las tortugas con anidación, huellas falsas y distinguir las huellas de cada una de las especies que usan la playa de estudio.

Metodologías para Estudios Aéreos

Equipo y Técnicas Requeridas

Los helicópteros tienen la mejor visibilidad, ajuste de velocidad y capacidad para sobrevolar el área de interés. Estos aspectos son especialmente útiles al entrenar a los nuevos observadores. Sin embargo, en la mayoría de los casos requieren de un mayor presupuesto y no es fácil disponer de este equipo para vuelos regulares. Las avionetas de tipo monomotor y con las alas encima de la cabina del piloto, generalmente son más accesibles, por lo tanto son los que se emplean con mayor frecuencia. Al usar una avioneta para realizar un censo en las playas de anidación deben considerarse las siguientes variables.

1. *La Velocidad:* Si la velocidad de la avioneta es demasiado rápida, obviamente que las huellas pueden perderse. Por ello, la velocidad del avión debe ajustarse a la densidad de las huellas. En playas de densidades bajas (< 1 huella/km/vuelo) pueden registrarse con precisión las huellas a una velocidad de 100 nudos. En playas con densidades moderadas (1 a 5 huellas/km/vuelo) es posible contarlas con precisión a una velocidad de 80 nudos. Cuando las densidades son más altas, (>5 huellas/km/vuelo) es necesario volar a 60 nudos.
2. *La altitud:* El volar demasiado bajo, causa problemas similares a volar demasiado rápido. Los objetos están en el campo visual durante un tiempo más corto, causando un incremento en el movimiento del ojo, cuyo resultado es la disminución de la precisión y la fatiga del ojo del observador. La altitud de vuelo de reconocimiento depende de la especie objetivo. Por ejemplo, las

playas de anidación de la tortuga caguama en E.U. se observan mejor a los 60m, mientras que las playas de anidación de la laúd en México, se monitorean mejor a 250m. Antes de emprender un estudio, es prudente ensayar varias velocidades y altitudes haciendo unos vuelos de prueba para encontrar aquellas que más se ajusten a los propósitos del trabajo y de manera simultánea realizar los censos terrestres. Elija la velocidad y altitud que producen el más bajo porcentaje de error.

3. *La posición:* La posición del avión es importante para evaluar las huellas con precisión. El aspecto más importante es aprovechar la mejor vista del área donde se localiza la mayoría de los nidos (normalmente en la parte superior de la playa) mientras que también se permita una buena visibilidad de los rastros que terminan en la parte baja de la playa (por ejemplo muchas huellas sin nido). La mejor posición de la avioneta es la que aumenta al máximo la visibilidad de las huellas, teniendo en cuenta el ángulo relativo del sol sobre la playa, que aumenta el sombreando y por ende, el discernimiento de las huellas. Como con la velocidad y altitud, un vuelo de prueba previo al censo, puede ayudar a determinar la línea de rastreo óptima.
4. *Piloto:* La importancia del piloto para mantener la velocidad correcta, altitud, posición del avión y el mantenimiento de la seguridad, nunca es demasiado redundante. Siempre que sea posible, se recomienda trabajar con el mismo piloto en censos que demanden de vuelos múltiples.
5. *La fatiga:* La fatiga causa una pérdida de concentración del observador. Este aspecto generalmente se manifiesta después de aproximadamente tres horas de vuelo o cuando las largas secciones de litoral tienen sólo unas pocas huellas. El diseño del recorrido aéreo debe considerar el minimizar la fatiga del observador.

Periodicidad y Horarios de los Censos Aéreos

Los censos aéreos son mejores cuando se inician al alba. El ángulo relativamente bajo del sol crea un efecto de sombra que acentúa la señal de las huellas, la arena dispersada por la tortuga todavía se encuentra húmeda, resultando en una señal fresca de la rastra y con una actividad humana mínima. Los censos aéreos son, por su naturaleza, intermitentes o periódicos,

mientras que los estudios terrestres pueden ser diarios o intermitentes. El intervalo entre los estudios es importante para la precisión del estudio global. Los censos aéreos diseñados para contar sólo rastros frescos deben ser programados para aprovechar al máximo los ciclos mensuales de la marea en playas donde hay fluctuaciones de marea muy claras. En el sudeste EE.UU., por ejemplo, dos veces al mes las mareas vivas efectúan un lavado en el área más ancha de la zona entre mareas y elimina la porción más baja de los rastros viejos. La programación de los vuelos para el día después de la marea óptima (una que justamente alcance su valor máximo en la oscuridad), la mañana de esa marea óptima y un día antes de esta marea, evitan la mayoría de los errores para contar rastros viejos y mantiene una ventana de tres días para el censo aéreo. Volar tres días consecutivos tiende a suavizar la variabilidad diaria en la actividad de la tortuga. La exactitud para contar sólo rastros frescos es afectada por el tiempo de la pleamar del atardecer y su relación con el tiempo en el que las tortugas dejan la huella y la altura relativa de esta marea en los días consecutivos. La diferencia de una hora en el ciclo de la marea, puede producir errores al clasificar el envejecimiento de un rastro, si la marea alcanza su máximo nivel después de la oscuridad. Los censos aéreos diseñados para contar todas las huellas y que se basan en la validación terrestre para desarrollar un factor de corrección que discrimine las huellas con anidamiento de las huellas sin anidamiento, no necesitan depender de los métodos que consideran las fluctuaciones de la marea explicado anteriormente.

Las Técnicas de los Estudios Aéreos

Durante los censos aéreos diseñados para diferenciar salidas de tortugas con anidación de las que no anidaron y que sólo cuentan huellas “frescas”, el observador debe examinar la línea creada por la pleamar la noche anterior. Ignore cualquier rastro que no se extienda debajo de esta línea, sin tener en cuenta que tan “fresco” pueda aparecer. Si el rastro se extiende debajo de la más reciente línea de la pleamar, el ojo debe seguir la huella hasta su vértice. Examine la huella para las señales que ayuden a la identificación de la especie (vea Pritchard, este volumen) y examine el área para las señales del campo descritas en la sección “Determinación de salidas de la tortuga con anidación vs. Salidas sin Anidación”. Si no puede identificar el tipo de la huella (anidación vs. no-anidación) con base a las características del vértice

del rastro, examine ambas bandas del rastro para determinar si tienen igual o desigual longitud. La diferencia en estas longitudes puede ser útil para la identificación de los rastros (vea arriba). La valoración de los rastros es rápida y los observadores deben tomar en cuenta todas las señales disponibles para hacer una mejor evaluación de cada huella. Los censos aéreos que se diseñan para contar el total de huellas, no involucran la diferenciación de cada rastro

Capacitación

La experiencia del observador es una variable importante en cualquier censo aéreo. Es raro, aunque no imposible, tener un correspondencia total entre todas las observaciones aéreas y los datos de validación terrestre. Para que los nuevos observadores mejoren sus técnicas de censo aéreo, es importante, que conozcan los tipos de error que pueden cometerse. Dependiendo de la metodología empleada, los errores del observador incluyen: observaciones perdidas, identificación errónea del tipo de la huella, error en la identificación de especies, y error en la determinación del envejecimiento de las huellas. Los observadores inexpertos deben estar conscientes de los tipos de error en que están incurriendo (determinado esto, por la validación terrestre) para que puedan mejorar su precisión basada en un criterio objetivo. Este tipo de entrenamiento requiere de una representación cartográfica de la validación terrestre durante el periodo de entrenamiento.

Análisis de Datos e Interpretaciones

El objetivo de un censo en playas de anidación es determinar la abundancia de nidos en la playa en un intervalo de tiempo específico. Hay múltiples enfoques para examinar diseños de censos aplicados exitosamente por los investigadores en playas situadas de un lado a otro del globo. La literatura disponible generalmente carece de detalles en la sistematización descrita para el conteo de nidos en los censos. En algunos casos, las metodologías están bajo desarrollo y por lo tanto se promueve que el lector fomente su conocimiento, comunicándose con investigadores experimentados y que no deje de lado el desarrollo de nuevas técnicas. Así puede determinar cuáles se adaptarían a sus condiciones locales.

Los censos de las anidaciones bien diseñados pueden proporcionar información a corto plazo que puede ser integrada a los programas de recuperación y manejo. Sin embargo, es importante reconocer que para discernir con precisión las tendencias de la

población en las playas de anidación, se requieren de series de tiempo prolongadas, por lo que se enfatiza el valor de los estudios estandarizados a largo plazo. A la mayoría de las tortugas marinas les toma más de una década para madurar. Por consiguiente, los efectos sobre el nivel de población, resultado de los esfuerzos de manejo, no pueden ser evidentes durante muchos años, sobre todo si los impactos que reducen el tamaño de la población en las fases de historia de vida tempranas aún se mantienen. Los biólogos especialistas en tortugas marinas, los administradores del recurso y los voluntarios, deben ser cautos en la interpretación de los censos en playas de anidación que fueron realizados en un plazo corto. Las fluctuaciones anuales son comunes y deben revisarse y razonarse cuidadosamente antes de interpretarlas prematuramen-

te como indicadoras absolutas de la salud o estado de la población. Igualmente importante, es la cautela que debe mantenerse para que los datos de un área de anidación no sean extrapolados a áreas que no han sido estudiadas ya que las densidades de los anidamientos pueden variar substancialmente de un tramo a otro de la playa. Ningún estudio de anidación puede dar por sentado que sus valores serán constantes en un sentido temporal, los datos recolectados en un intervalo de tiempo específico no pueden extrapolarse a grandes intervalos temporales sin evaluar. El valor real de los censos en las playas de anidación se sitúa en el seguimiento a la condición de la población a través del establecimiento a largo plazo de un registro estandarizado, repetible y estadísticamente riguroso del proceso de la anidación.

Apéndice

[EJEMPLO] Censo Terrestre en Playas de Anidación Formato: Registro Diario

Fecha de Muestreo _____ Nombre de Playa _____

Observador(es) _____

Hora Inicio _____ AM PM Hora Final _____ AM PM

Zona de la Playa o LAT/LONG	Especie 1 (p. ej., <i>Caretta</i>)		Especie 2 (p. ej., <i>Chelonia</i>)		Especie 3 (p.ej., <i>Dermochelys</i>)	
	#Nidos	#Rastros Falsos	# Nidos	#Rastros Falsos	#Nidos	#Rastros Falsos
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
etc/						
Total						

Comentarios:

[EJEMPLO] Censo Aéreo en Playas de Anidación Formato: Colecta de Datos

Fecha del censo aéreo _____ Observador(es) _____

Registrado por _____ Piloto _____

Nombre de la Playa _____

Hora de Inicio del censo _____ AM PM Hora de término del censo _____ AM PM

Tipo de Aeronave _____ Veloc. _____ Altitud _____

Condiciones Climáticas vigentes _____

Condiciones Climáticas Pronosticadas 24 hrs antes _____

Zona de la Playa o LAT/LONG	Especie 1 (p.ej., <i>Caretta</i>)			Especie 2 (p.ej., <i>Chelonia</i>)			Otros
	#Nidos	#Rastros Falsos	Total	# Nidos	#Rastros Falsos	Total	Varaduras, barcos, etc.
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							
etc/							
Gran Total							

Comentarios _____

Validación terrestre del censo _____

Estudios de Poblaciones en Playas de Arribadas

Roldán A. Valverde

Department of Biology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109-1048 USA;

Tel: (734) 647-2604; Fax: 647-0884; email: roldan@umich.edu

Charles E. Gates

Professor Emeritus

Texas A&M University, 1002 Pershing, College Station, Texas 77840 USA; Tel: (409) 696-4327;

email: gates@stat.tamu.edu

Generalidades

La tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es considerada la más abundante de las tortugas marinas en el ámbito mundial (Limpus, 1995). Esta afirmación se sustenta en gran parte, por su distribución pantropical y al hecho de que anida en concentraciones mayores que cualquier otra especie de tortuga marina. Las densidades de anidación más grandes pueden observarse en el Pacífico Oriental, Océano Índico y Atlántico Sur, sitios en los que se han estimado concentraciones desde 5,000 a 150,000 nidadas en el curso de sólo unas noches (revisión de Cornelius *et al.*, 1991). Esta conducta de anidación masiva (también conocida como arribada o arribazón) se caracteriza por la gran concentración de hembras, la alta densidad de anidamientos y un comportamiento -todavía inexplicable- de anidación sincrónica en hembras de *L. olivacea*.

A pesar de la relativa abundancia de las golfinas con respecto a otras tortugas marinas, el ámbito de distribución histórica de las poblaciones se ha reducido severamente en algunas áreas por factores como la sobre-explotación, el escaso éxito en la eclosión, y la captura incidental de adultos por las artes de pesca para camarón (Cornelius *et al.*, 1991; Valverde *et al.*, 1998). Los esfuerzos de conservación a largo plazo, orientados a poblaciones de golfina que forman arribadas, pueden haber sido exitosos en algunos casos (Márquez. *et al.*, 1996), pero la condición y el potencial de recuperación de estas especies puede evaluarse sólo cuando se aplica un seguimiento en series de tiempo suficientemente extensas a las variables demográficas y cuando se emplean métodos estadísticos robustos y confiables para el análisis de los datos (p. ej.,

ver Carr, 1980; NRC, 1990; Meylan, 1982). Debido a la variabilidad natural en el número de anidaciones entre temporadas, el uso de los datos de una investigación a corto plazo, es inadecuado e impropio para evaluar la condición de una población, (NRC, 1990; Limpus, 1995).

Las técnicas convencionales para estudios basados en tierra o las aplicadas a los censos aéreos no son eficaces para emplearse en la arribada de alta densidad de una arribada (vea Schroeder y Murphy, este volumen). No obstante lo complejo de esta evaluación, se han realizado estudios en todas las playas de arribada identificadas y se conocen por ende, las estimaciones gruesas de los parámetros demográficos para las poblaciones más importantes de tortuga golfina en el mundo. Sin embargo, estas estimaciones poblacionales, en su mayoría, se han fundamentado en metodologías sesgadas o deficientes (ver Valverde *et al.* 1998, para una amplia discusión de este punto).

Una crítica generalizada a todos los métodos de estimación poblacional utilizados anteriormente, es que carecen de una medida de variabilidad en los parámetros estimados, incluyendo sus intervalos de confianza asociados. Esta restricción, impide determinar la veracidad de las estimaciones generadas. Además, en el mejor de los casos, es difícil la comparación de los datos entre las diferentes playas, puesto que se desconoce la relación matemática entre las estimaciones emanadas de los diferentes métodos utilizados. Finalmente, estos métodos diversos nunca se han validado contra arribadas de tamaño conocido. Hasta que se realice lo anterior, la veracidad de los datos permanecerá incierta.

El objetivo de este capítulo es describir un método universal, específicamente diseñado para su uso en el campo y que estima el número de hembras anidadoras que participan en un evento de arribada individual. Puesto que este método es imparcial y tiene un número mínimo de suposiciones, se espera que produzca estimaciones confiables y comparables entre diferentes playas que mantienen poblaciones de arribada. La técnica se encuentra ampliamente descrita en una publicación reciente (Gates *et al.*, 1996), a la que remitimos a nuestros lectores para una descripción más técnica y detallada.

Metodología

La técnica aquí descrita, se le llama “Método del transecto por franjas en un tiempo fijo”. Aunque se tienen otras metodologías disponibles (ver Gates *et al.*, 1996), ésta parece ser la más fácil de poner en práctica. Para simplificar, los transectos por franja serán citados simplemente como “transectos”.

Por cada 100 m de longitud de la playa, deben establecerse un mínimo de dos y un máximo de cinco transectos. La amplitud sugerida para los transectos es de 2 m, sin embargo, ésta puede establecerse a criterio. Para delimitar cada transecto, se colocan tres balizas (palos de madera enterrados en la arena) a lo largo de cada lado del transecto, separadas entre sí de 5 a 10 m dependiendo de lo ancho del área de anidación. En Gahirmatha, India, los transectos se sitúan arriba de la marca de la pleamar (así, quedan fuera del efecto de los cambios de la marea) enterrando una porción (1m) de palos de madera de 2.5 m de longitud y de ~10 cm de diámetro y amarrando una cuerda alrededor de cada baliza a la altura de la cintura para unir las tres balizas de cada uno de los lados del transecto (contribución de Bivash Pandav, Wildlife Institute of India). Debido a que las tortugas pueden borrar la marca de la pleamar cuando se desplazan *en masse* sobre la playa; antes de la arribada, debe registrarse la distancia aproximada entre este punto y la baliza más cercana. Esto permitirá que en todo momento, se realice la prospección a una misma longitud del transecto.

Se ha estimado que un observador no puede realizar registros en más de 20 transectos (en una proporción de 2 transectos/100 m) durante una arribada; particularmente en aquellas playas que exceden los 2 km de longitud. Se recomienda que el tiempo de recorrido para el registro de tortugas en los 20 transectos no demore más de 45 minutos. En pla-

yas extensas, donde se conoce que las tortugas se mueven de un lado a otro de la playa, de arribada en arribada, el balizado para el establecimiento de los transectos, debe incluir la longitud total de la playa utilizada por las tortugas para anidar. Aunque las observaciones regularmente se concentran en el área de mayor utilización durante una arribada dada, debe realizarse una inspección rápida a los transectos colocados fuera del área principal para asegurarse que ninguna tortuga este anidando allí. Es absolutamente esencial que sólo se incluyan a las hembras que depositan huevos durante la prospección del transecto. Para satisfacer esta condición, a cada hembra considerada en el estudio, debe verificársele la presencia de la nidada (p. ej., excavando cuidadosamente en la cámara del nido). Si no se detecta ningún huevo, el animal no debe ser incluido en el conteo. Sumado a lo anterior, sólo se incluirán en el registro aquellos animales que se encuentren ovipositando y cuyo centro del carapacho se encuentre dentro de los límites del transecto. El tiempo promedio requerido para una oviposición (es decir, el tiempo transcurrido entre la liberación del primer huevo y el último de una nidada) también debe determinarse. En playa Nancite, el valor es de 15 minutos aproximadamente. Es importante que este parámetro se determine para cada arribada, hasta que no se observe una variabilidad significativa entre arribadas. En este punto, ese mismo valor puede usarse para los futuros eventos de anidaciones masivas. Una muestra inicial de 30 individuos puede ser suficiente para llevar a cabo esta tarea.

Los conteos dentro de los transectos deben empezar al inicio de la arribada. El propósito de definir el principio de la arribada es para evitar que la evaluación se realice en una noche de anidamientos masivos de hembras solitarias. Debido a que existe una considerable variabilidad de opiniones entre los biólogos, acerca de cuando ocurre el inicio de una arribada, se sugiere, para los propósitos de una estandarización, que el inicio de una arribada sea definido cuando se estime que 100 o más tortugas se encuentren simultáneamente en la playa (Cornelius *et al.*, 1991). Es innecesario definir previamente el final de la arribada.

Los conteos siempre deben iniciarse en uno de los extremos del área de anidación y concluirlos en el extremo opuesto. Antes de iniciar la evaluación, debe establecerse un intervalo de tiempo fijo entre los conteos. Este intervalo debe permanecer constante

durante toda la arribada. En caso de que no ocurran anidaciones dentro de los transectos deben registrarse como ceros. Se sugiere evaluar un transecto cada dos horas, para permitir que la persona responsable del censo, disponga del tiempo necesario para examinar todos los transectos y la posibilidad de realizar otras tareas. El intervalo entre los conteos, no puede ser de menor duración que el tiempo efectivo de una anidación, para evitar contar a una misma tortuga. Una modificación importante del método original que se propone (Gates *et al.*, 1996) es que la evaluación del transecto no necesita ser realizada durante las horas de no anidación (usualmente en las horas de día). La razón de esta sugerencia es que los ceros son ignorados cuando se realicen los cálculos.

Debe calcularse el área disponible para la anidación; p. ej., midiendo la longitud de cada transecto y multiplicando su valor promedio por la longitud del tramo de playa usado por las hembras para la anidación. Las balizas de los transectos pueden usarse como referencia para definir el principio y el fin de cada transecto. Ello facilitará la medición de los transectos durante o después de concluida la arribada.

La información colectada durante el censo debe organizarse para facilitar el procesamiento de los datos. Se recomienda incluir como información mínima, los parámetros listados en la Tabla I para el registro de los conteos. El ejemplo dado en la tabla, explica el uso de las fórmulas para una de las tres sesiones de una arribada. Aquí, una "sesión" se define como la actividad de anidación en la que las tortugas emergen sincronizadamente en un periodo continuo de 24 horas, dentro de una arribada. Por lo general, este periodo ocurre en la noche, ya que las golfinas tienen la tendencia de anidar durante las horas de obscuridad. Con toda la información necesaria colectada, puede obtenerse una estimación del número de tortugas anidando y otros parámetros, usando las siguientes ecuaciones (de nuevo, para los detalles vea Gates *et al.*, 1996):

$$\hat{M} = \frac{AH}{2wtl} \cdot \frac{n..}{\bar{h}}$$

Con la variación del número estimado de tortugas anidando en la arribada:

$$\hat{v}(\hat{M}) \approx \hat{M}^2 \left[\frac{\hat{v}(n..)}{n..^2} \right]$$

Si los transectos tienen aproximadamente la misma longitud:

$$\hat{v}(n..) = \frac{m \sum \sum n_{ij}^2 \sum_{i=1,t} n_i^2}{m-1}$$

Si los transectos no tienen la misma longitud:

$$\hat{v}(n..) = \frac{m^2 \sum_{i=1,t} \left[L \sum_{j=1,m} l_j n_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1,m} l_j n_{ij} \right)^2 \right]}{L^2 (m-1)}$$

El intervalo de confianza asociado al 95% se determina por la ecuación:

$$\hat{M} \pm 2\hat{M} \sqrt{\frac{\hat{v}(n..)}{n..^2}}$$

El coeficiente de variación se determina por:

$$CV(n..) = \sqrt{\frac{\hat{v}(n..)}{n..^2}}$$

La duración de la sesión puede ser calculada usando la ecuación:

$$k = t * r$$

Donde:

\hat{M} = número estimado de hembras anidadoras;

A = área total disponible para las anidaciones (m²);

H = duración de la arribada (min.);

w = ancho de la mitad del transecto (m);

t = número de periodos del muestreo;

$\sum l_j = l = L$ = suma de la longitud de todos los transectos (m);

$n..$ = suma total de las tortugas ponedoras contadas;

\bar{h} = tiempo promedio invertido por las tortugas para ovipositar (min.);

$\hat{v}(\hat{M})$ = varianza estimada de la estimación;

$\hat{v}(n..)$ = varianza del número total de hembras que depositaron huevos;

m = número de transectos;

n_{ij} = número de hembras depositando huevos en el i^{simo} período y j^{simo} transecto;

n_i = suma total de tortugas en todos los transectos en el i^{simo} período;

k = longitud de la sesión (min);

r = intervalo entre los muestreos (min).

Cuando analizamos la arribada, los datos estadísticos deben calcularse independientemente para cada sesión individual de monitoreo ininterrumpido, ya que las variaciones y otros parámetros no son directamente aditivos. No obstante, puede sumarse la estimación del número de hembras para proporcionar una estimación global del número de anidaciones.

De preferencia, se recomienda informar los valores del error estándar y los intervalos de confianza, en lugar de las variaciones, las cuales tienden a ser muy grandes. Como complemento, se aclara que las unidades de las diferentes variables incluidas en este trabajo son diferentes de las utilizadas en nuestra publicación previa (Gates *et al.*, 1996). Esta modificación tiene la intención de facilitar el cálculo manual en el campo. Como alternativa, se cuenta con un programa para computadora que requiere de la transformación de las unidades. Copias del programa, así como información complementaria para su uso, se encuentran disponibles de manera gratuita y pueden conseguirse con el autor (CEG). El programa incluye una opción de simulación que permite una comparación de los errores estándar obtenidos de datos reales por medio de una población idealizada.

Limitaciones

El método aquí descrito es fácil de aplicar, aún involucrando algunos obstáculos logísticos. Sin embargo, no puede adaptarse para estimar el número de hembras anidadoras bajo todas las condiciones. Por ejemplo, cuando el número de hembras que usan una playa para anidar es bajo, como en las áreas de anidaciones solitarias, se reduce la precisión de la estimación. Como regla general, el método solamente es aplicable en circunstancias donde aniden de manera sincrónica más de 1,000 tortugas. En casos de bajas densidades, son recomendables métodos de evaluación más ortodoxos (p. ej., el de Schroeder y Murphy, presentado en este volumen). Nuestro método, sin embargo, es auto-compensatorio, con muy grandes intervalos de confianza (probablemente incluyendo el cero) consecuentemente, al realizar muestreos a poblaciones muy pequeñas, se producirían estimaciones poco certeras.

Una desventaja de ejecutar los cálculos por sesión es que durante algunas sesiones, el número de tortugas puede ser muy bajo para permitir resultados estadísticamente robustos. En consecuencia, el valor de los análisis por sesión como se muestra en este artículo, es proporcionar un ejemplo del uso correcto

de las fórmulas y el desarrollo de las estimaciones con la ayuda de una calculadora portátil, ya que en el campo no se dispone del suministro de energía eléctrica.

Fuentes de Error

Los errores son el resultado de la clasificación errónea de las tortugas. Por ejemplo, una suposición errónea de que una tortuga pudo haber ovipositado (puso huevos) o la inclusión prematura de tortugas ocupadas en la construcción de la cámara para los huevos, son errores difíciles de cuantificar. La mejor solución es insistir que el observador siga estrictamente la regla de verificar la presencia de huevos en el nido en cada caso. También se cometen errores, como producto de la medida incorrecta del área de anidamiento y del área de muestreo (transectos). Por razón de los factores de expansión incorporados en las fórmulas utilizadas (ver arriba), estos errores pueden inducir desviaciones significativas de las estimaciones exactas de la población. Una vez más, se enfatiza que debe realizarse un esfuerzo para garantizar mediciones adecuadas. Para asegurar la consistencia en la recolección y el procesamiento de los datos, es importante que el intervalo entre muestreos, se mantenga constante a lo largo de la arribada.

Finalmente, la determinación del tiempo exacto en que se inicia una arribada puede ser problemática. desviaciones grandes, pueden tener efectos significativos sobre las estimaciones obtenidas. Es aconsejable que sean observadores experimentados los que determinen estos tiempos. Aún así, bajo la mayoría de las condiciones, una desviación de una o dos horas del verdadero valor de este parámetro no puede tener un impacto significativo en la estimación final.

Reconocimientos

Los autores agradecen las contribuciones de Jocelyn Peskin, Claudette Mo, Jorge Ballester, y Ana Chaves en la recolección de los datos y su apoyo en campo. Nuestra gratitud es extensiva a Róger Blanco, Sigifredo Marín y el resto del personal del Área de Conservación del Parque Nacional de Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica por su continuo apoyo logístico durante el desarrollo de este manuscrito. Agradecemos también a Alberto Abreu por su valiosa crítica al borrador final de este artículo. Parte de la investigación cuyos resultados fueron incorporados en el presente trabajo, fue financiada por la Fundación Nacional de

Tabla 1. Método del transecto por franjas en un tiempo fijo. Un análisis de la primera sesión de un estudio hipotético se presenta a manera de ilustración del método.

Observador:		Área total de anidación (m ²)	24,200	<i>M</i>	9,652
Tiempo promedio de ovoposición (min)	13.17	Ancho de la mitad del transecto (m)	1	<i>S.E.</i> =	2,068
Duración total de la arribada (min)	360	Longitud total de transectos (m)	376.96	<i>U.C.L.</i> _{95%} =	13,786
Número de períodos de muestreo	3			<i>L.C.L.</i> _{95%} =	5,515

Sesión	Día	Hora	Número de Transecto																		<i>n_{i..}</i>			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		19	20	
I	1	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
		2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	3	2	3	2	2	2	0	2	0	23
		4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	8
		6:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		8:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		12:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	1	2	1	0	2	1	0	0	2	0	18	
II	2	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	3	2	1	0	0	0	1	0	0	11
		2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	6
		4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		8:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		12:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
10:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2		
III	3	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
		2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

n_{..} = 74

Cálculos de la información de la Sesión I

$$\hat{M} = \frac{AH}{2wtl.} * \frac{n_{..}}{h} = \frac{(24,200m^2)(360min)}{2(1m)(3)(376.96m)} * \frac{33 \text{ tortugas}}{13.17 \text{ min}} = 9,651 \text{ tortugas}$$

$$S.E. = \sqrt{\hat{v}(\hat{M})} = \sqrt{4,276,483} = 2,068$$

$$\hat{v}(n_{..}) = \frac{m \sum \sum_{i=1,t} n_{ij}^2 - \sum_{i=1,t} n_{i.}^2}{m-1} = \frac{20(1^2 + \dots + 1^2) - (2^2 + 23^2 + 8^2)}{19} = 50$$

$$U.C.L._{95\%} = \hat{M} + 2\hat{M} \sqrt{\frac{\hat{v}(n_{..})}{n_{..}^2}} = 9,651 + 2(9,651) \sqrt{\frac{50}{1,089}} = 13,786$$

$$L.C.L._{95\%} = \hat{M} - 2\hat{M} \sqrt{\frac{\hat{v}(n_{..})}{n_{..}^2}} = 9,651 - 2(9,651) \sqrt{\frac{50}{1,089}} = 5,515$$

$$\hat{v}(\hat{M}) \approx \hat{M}^2 \left[\frac{\hat{v}(n_{..})}{n_{..}^2} \right] \approx (9,651)^2 \left[\frac{50}{(2 + 23 + 8)^2} \right] \approx 4,276,483$$

$$CV(n_{..}) = \sqrt{\frac{\hat{v}(n_{..})}{n_{..}^2}} = \sqrt{\frac{50}{1,089}} * 100 = 21.4\%$$

Ciencia de los Estados Unidos (U.S. National Science Foundation) a través del Dr. David W. Owens (NSF-IBN-9124014).

Literatura Citada

Carr, A. 1980. Some problems of sea turtle ecology. *Amer. Zool.* 20:489-498.

Cornelius, S. E., M. Alvarado-Ulloa, J. C. Castro, M. Mata del Valle y D. C. Robinson. 1991. Management of olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) nesting at playas Nancite and Ostional, Costa Rica, p.111-135. *In: J. R. Robinson and K. H. Redford* (Editores), *Neotropical Wildlife Use and Conservation*. Chicago/London: The University of Chicago Press.

Gates, C. E., R. A. Valverde, C. L. Mo, A. C. Chaves, J. Ballesteros y J. Peskin. 1996. Estimating *arribada* size using a modified instantaneous count procedure. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 1:275-287.

Limpus, C. J. 1995. Global overview of the status of marine turtles: a 1995 viewpoint, p.605-609. *In: K. A. Bjorndal* (Editor), *Biology and Conservation of Sea Turtles*, Segunda edición. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

Márquez, R., C. Peñaflores y J. Vasconcelos. 1996. Olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) show signs of recovery at La Escobilla, Oaxaca. *Marine Turtle Newsl.* 73:5-7.

Meylan, A. 1982. Estimation of population size in sea turtles, p.135-138. *In: K. A. Bjorndal* (Editor). *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

NRC [National Research Council]. 1990. Decline of the sea turtles: Causes and prevention. National Academy Press. Washington D.C. 252 pp.

Valverde, R.A., S. E. Cornelius y C. L. Mo. 1998. Decline of the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) nesting assemblage at Playa Nancite, Santa Rosa National Park, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology* 3(1):58-63.

Estudios en Hábitats de Alimentación: Captura y Manejo de Tortugas

Llewellyn M. Ehrhart

*Department of Biological Sciences, University of Central Florida, P. O. Box 25000,
Orlando, Florida 32816 USA; Tel: +1 (407) 823-2970; Fax: +1 (407) 823-5769;
email: lehrhart@pegasus.cc.ucf.edu*

Larry H. Ogren

*6725 Broward Street, Panama City, Florida, 32408 USA; Tel: +1 (850) 234-5709;
Fax: +1 (850) 235-3559; email: lhogren@aol.com*

Introducción

Los hábitats de alimentación de tortugas marinas presentan una gran variación en sus atributos físicos y bióticos. Algunos de los factores que deben considerarse en la planeación de estudios de tortugas en el medio marino son: la profundidad de la columna de agua; el tipo de fondo; la presencia/ausencia de flujo de mareas, el oleaje y/o corrientes; la velocidad del viento; y la transparencia del agua. De todo el espectro de condiciones y circunstancias que los investigadores han tenido que manejar, un equipo de tipo general que ha sido utilizado con relativa eficiencia en muchos lugares, es la llamada “red de enmalle”. Las especificaciones técnicas, métodos de ensamblaje o armado de red, tiempos de tendido de la red, longitud y ancho de la red, métodos de revisión de la red, aseguramiento de la red, entre otras consideraciones, han variado según la circunstancia pero, el instrumento básico para el estudio de tortugas marinas en los hábitats de alimentación es una red de enmalle, con una longitud de malla grande, sumergida por cierto periodo de tiempo. Los sitios más adecuados para el uso de estas redes son las bahías protegidas poco profundas o relativamente abiertas y con aguas tranquilas, o lagunas costeras con poco o ningún movimiento de agua, excepto el provocado por el viento sobre la superficie. Para el propósito de los objetivos de este manual, se ha adoptado de manera arbitraria una situación normalizada –como un punto inicial sobre el cual se van presentando los elementos esenciales sobre las especificaciones de la red, estilos de ensamblaje, métodos de revisión, etc. Posterior a esta secuencia, se continúa con los comentarios sobre las modificaciones de cada uno de éstos tópicos, cuando

se aplicarían bajo situaciones medioambientales diferentes a las consideradas en nuestras condiciones modelo. A los investigadores interesados en utilizar los métodos de captura de tortugas marinas ya sea por medio de redes o directamente (a mano), se les recomienda, como entrenamiento previo, visitar los sitios con proyectos establecidos donde estas técnicas se han usado con éxito.

Para los investigadores que capturan tortugas manualmente y tomando en cuenta de que los procedimientos precisos son por lo general muy específicos en cada localidad, se ha incluido una sinopsis de las técnicas de captura manual, después de la sección de captura con redes de enmalle.

Especificaciones de la Red

Una red de enmalle típica consiste en un paño de red (malla) unida en la porción superior a una cuerda trenzada de polipropileno (0.635cm de diámetro) suspendida en la superficie por medio de flotadores (relinga de flotación). El entramado de la red se elabora con multifilamento torsionado de nylon calibre 18, la longitud de malla (estirada) es de 40cm (de nudo a nudo). Por lo que el pie (lado de la malla) es de 20cm, lo que significa que cada lado de un cuadrado de la malla tiene de 20cm de longitud. Algunos investigadores, usan redes hechas de monofilamento con resistencia máxima de 50 lb con resultados satisfactorios pero con éstas, hay más tendencia a cortar la piel de las tortugas. Otro tamaño de longitud de malla utilizado es el de 50cm, el cual se recomienda solamente cuando se tiene la certeza de que las tortugas más pequeñas que se pretenden capturar son de una longitud del carapacho (LRC) de 40cm

aproximadamente. En sitios con posibilidades de encontrar tortugas más pequeñas, aproximadamente de 32cm LCLR (como los agrupamientos de tortugas verdes, ampliamente conocidos) puede usarse una red con una longitud de malla más reducida (normalmente 30cm). Ver las secciones siguientes sobre revisión de la red, para una discusión sobre los beneficios y desventajas en el uso de un tamaño de la malla más pequeña.

Uno de los métodos para incorporar los flotadores de poliestireno a la cuerda (armado de la relinga superior con flotadores en forma de bala) es sujetándolos individualmente con pinzas de presión a intervalos aproximados de 10 m. Los flotadores se mantienen en posición vertical y cuando una tortuga se enmalla cerca de alguno de ellos “empiezan a moverse como si estuvieran bailando”. En otros grupos de trabajo, prefieren usar un mayor número de flotadores de tamaño más pequeño, de forma redondeada con agujeros al centro, colocados de manera continua a lo largo de toda la cuerda. Otros, usan una relinga de flotación, impregnando toda la cuerda con espuma de poliestireno a lo largo de la red. Los últimos dos métodos, son satisfactorios y pueden preferirse en ciertas situaciones pero, no proporcionan al observador, tanta información acerca de lo que está pasando bajo la superficie como los flotadores en forma de bala. Para resultados más favorables, la cuerda del fondo de la red (relinga de plomos), debe ser del No. 30. La red de enmalle generalmente se tiende en aguas de una profundidad no mayor de 4m, así que la mayoría de las redes no tienen una altura mayor de 4m alto (ancho).

Es posible usar redes con mayor altura construidas para circunstancias específicas, pero debe aclararse que este tipo de redes trabajan mejor cuando alguna parte de la red se encuentra holgadamente colocada sobre el fondo, no es conveniente estirarlas a lo máximo en la columna de agua.

Tendido de la Red

El tendido de la red empieza con el equipamiento de una ancla tipo Danforth de 8-kg. Un tramo de cadena de 1.5m y 0.8cm de diámetro, se sujeta con un grillete a la anilla que se encuentra unida al eje del ancla. Otro grillete se utiliza para asegurar la cadena, a una cuerda de nylon de 1cm de diámetro y 15 m de longitud. El otro extremo de la cuerda, debe amarrarse a uno de los extremos libres de la relinga de flotadores. Algunos lectores quizás cuestionarán el por qué del anclaje de cuerda superior de la red, la respuesta es,

que en nuestra experiencia se ha demostrado que esa es la manera correcta. La red debe ser tendida, desde la proa descubierta de una embarcación con motor fuera de borda, operando en reversa o, desde la popa de una embarcación equipada especialmente con una plataforma de trabajo para el tendido de la red, con un motor montado sobre el centro o fuera del travesaño. La proa (o la popa) debe estar libre de abrazaderas u otros aditamentos que pudieran interferir con el despliegue, revisión y recuperación de la red. El ancla es bajada al fondo, y la embarcación se va alejando hasta que la longitud total de la cuerda sujeta al ancla, se encuentre tensa. En ese punto, se prueba que el ancla ha penetrado y se encuentre bien firme en el fondo.

Habiendo realizado lo anterior, se fija un flotador en la cuerda, justo en el inicio del paño de la red que empieza a entrar al agua. Dos o tres miembros del equipo cuidan la red conforme ésta es extendida, asegurándose que la cuerda del fondo (relinga inferior) de la red no llegue a torcerse con la cuerda de la superficie (relinga superior), fijando los flotadores en intervalos de 10m. Debe registrarse, tanto el tiempo en que la malla empieza a entrar en el agua, como el tiempo en que la última parte de la malla queda sumergida. Otra ancla, equipada de la manera descrita anteriormente, es sujeta al otro extremo libre de la cuerda superior de la red, cuando el total de la red se ha desplegado. Un miembro del equipo sostiene la segunda ancla hasta que la cuerda se tensa y entonces, ésta es bajada por la borda. El tendido de la red en el sitio de captura, debe empezar en el extremo contrario a la dirección del viento y el operador debe establecer un rumbo en un ángulo de 45 grados con respecto a la dirección del viento. Lo anterior, asegurará que el viento mantendrá la popa y la hélice del motor, fuera de la red durante la etapa subsecuente de revisión.

La longitud de la red que debe permanecer sumergida varía de acuerdo a las condiciones y la experiencia del investigador. No es conveniente sumergir en el agua más de 100-150m de red en cualquier nueva situación. Con la experiencia, debe ser posible incrementar gradualmente la longitud de la red sumergida hasta una longitud máxima de 450m en una bahía o laguna de poca profundidad y protegidas. De manera ordinaria, la longitud deseable es aquella que puede ser revisada eficazmente por una tripulación de cuatro o cinco personas por embarcación. En la mayoría de las otras situaciones, es prudente sumergir la mitad o menos de la longitud de la red utilizada en las condiciones normalizadas.

El Cuidado de la Red

En el tipo de situación que nosotros hemos adoptado como nuestro patrón o prototipo (bahías o lagunas poco profundas) la red puede ser revisada manualmente, levantando la cuerda superior de la red desde la proa de la embarcación. La frecuencia de la revisión de la red varía de acuerdo a la longitud de la malla y al tamaño mínimo de la población de tortugas bajo estudio. Tortugas mayores de 40cm LRC tienen el volumen y la fuerza suficiente para subir a la superficie a respirar, aún encontrándose bien enmalladas. En cambio, en las tortugas más pequeñas, especialmente aquellas menores a 35cm, sus aletas anteriores pueden quedar totalmente enmalladas y, por ende, tendrán dificultad para llegar a la superficie. La red debe ser revisada continuamente en cualquier nueva situación y es buena idea mantener la red en observación en todo momento. En los sitios donde la experiencia nos ha enseñado que no hay tortugas debajo de los 40cm LRC y en los que se usa una red de longitud de malla de 50cm, la atención a la red puede ser menos asidua. No obstante, en aquellas situaciones donde existe la posibilidad de que el tamaño de las tortugas varíe dentro de un intervalo de 30-35cm (o más pequeñas) y la longitud de la malla utilizada sea de 40cm o más pequeña, la red debe ser revisada más continuamente. Siempre que se use una red de captura con una longitud de malla de 30 cm y/o que exista la probabilidad de capturar tortugas pequeñas, debe garantizarse una revisión de la red más intensiva y aumentarse el nivel de conocimiento del riesgo implícito.

Métodos Utilizados en Situaciones Diferentes a las Condiciones Estándar

Captura con Redes en la Cercanía de Arrecifes Oceánicos

Los problemas para el tendido de redes de enmalle en estas áreas son, entre otros, el movimiento del agua (por el oleaje, flujo de la corriente con el cambio de marea y el estado del mar), la turbidez del agua y la tendencia de la red a quedar atrapada en la superficie angulosa e irregular de la estructura arrecifal. Estos factores, impiden la revisión de la red desde la proa de una embarcación y hace necesario la verificación continua de la relinga de flotación, por personal experimentado en buceo con esnórquel. El uso de

equipo de buceo autónomo (SCUBA) no es aconsejable porque los buzos constantemente quedan atrapados en la red, ya sea por el regulador, la manguera, hebillas o seguros del mismo equipo. El personal que participe en la captura, debe ser suficiente para que, por cada tortuga que se capture, dos buzos se encuentren en el agua (uno manipulará la tortuga y el otro jalará de la malla enredada para volverla a su sitio. Sin embargo, no deben excederse de seis tripulantes por embarcación. De igual manera, el tamaño de la red desplegada, no debe ser mayor de 200m (para diferentes condiciones a las consideradas en nuestro metodología patrón, se recomienda usar solo la mitad o menos). Las redes no deben tenderse cuando la visibilidad es menor que la profundidad de la red.

Canales

Frecuentemente tortugas de varias especies se concentran en los canales o cauces escarpados que actúan como áreas de corte o interrupción de zonas extensas de pastizales marinos, bancos ostrícolas y otros hábitats de la zona de baja profundidad. Estos cauces o canales se caracterizan por la presencia de fuertes corrientes asociadas con el flujo y reflujo de la marea sobre y desde las plataformas con biodermas de pastos marinos. Las redes de enmalle son difíciles de colocar en tales circunstancias, pero pueden ser utilizadas como redes de deriva o fijando una red de longitud relativamente corta (30-40m como red de deriva; 50m red fija). En el primer método, la red es fijada entre dos embarcaciones colocadas en cada uno de los extremos del canal o la cañada y remontando la corriente. También, se requiere la participación de dos buzos para desenredar las tortugas atrapadas en la red y trasladarlas a la embarcación.

La última técnica (“de red fija”) requiere que la red se fije de un lado a otro del cauce o canal. La red debe desplegarse durante el periodo de menor actividad de la corriente de marea para facilitar el posicionamiento perpendicular con respecto a la corriente. Debe tenerse cuidado para evitar el enredado o formación de nudos mientras se tiende la red desde la embarcación. Las anclas deben colocarse firmemente en el fondo y, las bridas a cada extremo de la red deben de mantenerse extendidas por las cadenas que sujetan el ancla. Las corrientes de marea intensas pueden jalar las anclas sueltas, causando que la red sea arrastrada a la deriva y/o llegue a atascarse en el fondo. Esto ocurre especialmente en las áreas de fondos arcillosos o en bancos ostrícolas.

Si el canal es más ancho que la red o es una depresión muy irregular o con fondos lodoso, la eficiencia de la red puede mejorarse sujetando una segunda red a 3 o 5m deriva abajo de la primer red, bloqueando la parte del canal no cubierta por la primer red y traslapándola algunos metros con el final de la primer red. Las tortugas que usan estos canales algunas veces evaden o se escapan de la primer red con la que se topan y solamente llegan a enmallarse en la segunda.

Otras variaciones a las condiciones ya descritas y que son relevantes en las áreas de cauces escarpados y canales, involucran a la longitud o luz de la malla y la profundidad (anchura del paño de la red). La luz de malla más grande (50cm estirada) puede ser preferible porque evita, hasta cierto punto, la captura incidental de grandes volúmenes de peces, sobre todo tiburones y rayas que normalmente se encuentran en estos hábitats. También, si se cuelga más malla (aproximadamente 20) entre la línea de flotación y la relinga de plomos, el excedente tiende a atrapar tortugas pequeñas cuando entran en contacto con la red al intentar salir a la superficie para respirar. Otra modificación a la red normal contempla el uso de una ancla más grande, tipo Northill de por lo menos 15kg, y sujeta a las bridas de cada extremo de la red. Las bridas (cuerdas de 3-4m atadas a los extremos de la relinga de flotación y la relinga de plomos unidas a una sola línea del ancla) deben aparejarse para que la pernada de la relinga de plomo sea un metro más larga que la pernada superior atada a la línea de flotación.

Capturas en Puertos, Cuencas, y Otras Áreas Parcialmente Cerradas

Las tortugas marinas de varias especies, a veces usan como hábitats de alimentación cuencas profundas no naturales. Tales cuencas, normalmente son grandes y demasiado profundas para permitir el uso de redes de enmalle a lo largo de toda su extensión, pero algunas tienen plataformas poco profundas alrededor de sus perímetros en dónde pueden desplegarse las redes de la misma manera como en las bahías y las lagunas. En este caso la red se despliega paralela a la orilla, a una distancia de 5-10m, simultáneamente pueden usarse redes de inmersión para aumentar la captura de tortugas que entran a zonas menos profundas a alimentarse. La red se verifica manualmente levantando la relinga de flotación desde la proa de una embarcación que se desliza suavemente a través de la zona estrecha entre la red y la orilla. Pueden hacerse los intentos de atrapar a la tortugas con la red

de inmersión cuando son avistadas en el agua poco profunda y cerca de la línea de la costa. Si se falla en esa posibilidad, se sabe que las tortugas se alejarán hacia el agua profunda y pueden quedar atrapadas en la red de enmalle tendida cerca del borde de la plataforma. Las advertencias relativas a la extensión y frecuencia en el cuidado de la red, son esencialmente iguales que las especificadas para las condiciones estándar (en bahías, lagunas, etc.)

Marismas y Cauces de Marea

A lo largo de algunas líneas de costa de baja-energía caracterizadas por marismas y cauces de mareas, se sabe que las tortugas marinas (en este caso, principalmente las tortugas verdes) se desplazan entre estos canales cuando sube la marea. Con la experiencia y el conocimiento de las comunidades locales, es posible desplegar una red de enmalle de una longitud relativamente corta en las bocas de estos canales y capturar tortugas durante el reflujos de la marea. El método es similar al de “la red fija” procedimiento descrito en la sección “cauces escarpados y canales de mareas.” Como en el caso de las capturas con red de enmalle sobre arrecifes oceánicos, es aconsejable para cualquier investigador que planee realizar estudios de tortugas en estos hábitats, adquirir la habilidad en estos métodos, visitando y participando activamente en lugares con personal ampliamente experimentado.

La captura

En áreas dónde pueden observarse agrupaciones de tortugas desde la superficie y las condiciones del fondo lo permiten, se utiliza una red de barrera que puede ser extendida en un círculo alrededor de grupos pequeños de tortugas. Una vez que las tortugas han sido cercadas, los buceadores entran en el agua para atraparlas manualmente y llevarlas a la embarcación. Esta acción, normalmente se repite varias veces en una sucesión rápida.

Captura Manual

Los procedimientos específicos utilizado por los investigadores para capturar manualmente tortugas marinas, son tan variados como los lugares y circunstancias donde aplican estos métodos. La intención en esta sección, es proporcionar un método ordenado y sucinto sobre esta técnica, aunque necesariamente subjetivo. La mayoría de las técnicas de captura manual, entran en una de tres categorías arbitrarias: 1) aquéllas que utilizan embarcaciones para

la búsqueda y captura de tortugas, 2) las que utilizan algún tipo de red de barrera y 3) las que involucran principalmente el uso de buceo autónomo y/o equipo para bucear con esnórquel. Este último método, generalmente se usa en aguas con buena visibilidad.

Persecución de Tortugas desde una Embarcación y Capturadas por Medio de Buceo

En algunos casos este método, involucra perseguir al animal hasta que empiece a cansarse y entonces desde la proa o la borda del barco, tirarse al agua para atraparlo.

En otros casos, los buzos se tiran al agua para atrapar tortugas a las que simplemente se les ha seguido a una velocidad relativamente lenta hasta que éstas, se detienen o reducen su velocidad; o también cuando se encuentran tortugas inmóviles en el fondo. El buzo entra al agua con las manos por delante, manteniendo en la mira a la tortuga para caer ligeramente delante de la misma. La velocidad adquirida al tirarse, lleva al buzo bajo la superficie dónde, si la fortuna prevalece, capturará a la tortuga por los escudos nucales y los marginales posteriores y la conducirá a la superficie.

En el caso de tortugas pequeñas que permanecen inmóviles en el fondo, el buzo normalmente empuja el animal contra la arena haciendo un contacto inicial, y posteriormente apresa ambos hombros de la tortuga para remontarla a la embarcación.

Buceando para Atender una Red de Barrera

En lugares dónde las tortugas ocupan pequeñas grutas, entre las protuberancias del fondo o en los bajos, es posible capturarlas desplegando la red a lo ancho de las bocas de las grutas. Así, las tortugas que se mueven en dirección al mar, al encontrar la red normalmente bucean al fondo, dónde pueden ser capturada por los buceadores

Buceo Libre y el Uso de Equipo de Buceo Autónomo

Las tortugas que se encuentran durmiendo o descansando tranquilamente en el fondo, en algunos casos, pueden ser abordadas furtivamente y capturarlas directamente por personal que practica el buceo libre o el buceo con equipo autónomo. Sin embargo, normalmente, se requieren dos buzos; uno para acercarse el animal de frente y distraerlo, mientras el otro buzo se acerca por arriba y detrás de la tortuga, efectuando un descenso rápido y capturándola por la región de la inserción de las aletas anteriores (en tortugas pequeñas) o por los escudos nucales y marginales posteriores (en tortugas mayor o de 45cm). Una modificación de este método usado por la noche, consiste en emitir una luz intensa con la lámpara de un buzo sobre el fondo y delante de la tortuga, distraendo o desorientándola lo suficiente para que otro buzo pueda moverse por arriba y detrás de la tortuga para capturarla.

Estudios Aéreos en Hábitats de Alimentación

Tyrrell A. Henwood

NOAA National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center, Mississippi Laboratory, P. O. Drawer 1207, Pascagoula, Mississippi 39568 USA; Tel: +1 (228) 762-4591; Fax: +1 (228) 769-9200; email: terry.henwood@noaa.gov

Sheryan P. Epperly

NOAA National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149 USA; Tel: +1 (305) 361-4207; Fax: +1 (305) 361-4478; email: sheryan.epperly@noaa.gov

Los avistamientos o censos aéreos realizados por personal capacitado, es uno de los métodos utilizados para obtener información sobre la distribución y la abundancia de tortugas marinas en la zona costera y oceánica. Esta técnica es apropiada porque las tortugas marinas deben salir periódicamente a la superficie para respirar, por lo tanto una fracción de las tortugas en el área, estarán disponibles en la superficie para ser censadas en cualquier momento dado. Este hecho, se encuentra bien fundamentado a través de los experimentos sobre el comportamiento de emergencia de las tortugas, usando rastreadores satelitales o radiosondas y ha sido documentado para varias especies de tortugas marinas. La aplicabilidad de esta técnica depende entre otros factores, de los objetivos globales del proyecto, el presupuesto disponible, la extensión del área de estudio, la especie objetivo, el tamaño y la abundancia de las tortugas y, la experiencia de los observadores

Teoría

Cada biólogo, en algún momento de su trabajo con tortugas marinas se ha enfrentado al hecho de hacer un muestreo para estimar la población total. Con estudios o censos aéreos estos muestreos son en forma de transectos a través de un área en la que todos los avistamientos son registrados. Las observaciones realizadas en cada transecto son convertidas a avistamientos por unidad de área y extrapolados para estimar la población para el total del área de estudio. En el caso de tortugas marinas, esta estimación es para tortugas sobre la superficie, no para el total de la

población. Para estimar el total de la población es necesario determinar la proporción de tortugas sobre la superficie y según el caso, corregir las densidades de emergencia.

Dos métodos analíticos comúnmente usados para estimar el área cubierta a lo largo de un recorrido son el transecto lineal y el transecto de banda. Ambos se han aplicado para el análisis de datos sobre censos aéreos. Si se mide la distancia entre el transecto y cada avistamiento, cualquiera de los dos métodos pueden ser utilizados para el análisis de los datos. Para una discusión adicional sobre la robustez y vulnerabilidad de los dos métodos, consulte a Buckland *et al.* (1993), Cormack *et al.* (1979), y Epperly *et al.* (1995). Para una discusión sobre el análisis de los datos, consulte el artículo de Gerrodette y Taylor (en este volumen)

Métodos

La selección del tipo de aeronave a utilizar es importante considerarla en la planeación de un estudio de censos. Una aeronave de un solo motor, puede ser adecuada para una operación de bajo presupuesto en aguas cercanas a la costa (cuando se vuela a ras de tierra). Sin embargo para observaciones en áreas lejanas de la costa se recomienda un aparato con dos motores. Para cumplir los supuestos de la teoría de los transectos lineales es indispensable que la aeronave cuente con una burbuja de acrílico transparente (nombre comercial *plexiglass*) a los lados o en la nariz del avión de tal manera que permita la visibilidad de la línea de rastreo adelante, en la popa e inclinado.

La aeronave debe estar equipada con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) u otro sistema de navegación el cual idealmente debe mantenerse en interfase con una computadora portátil llevada durante el vuelo, para el registro continuo de las coordenadas. La altura y la velocidad de vuelo deben mantenerse constantes durante el censo y depende de los objetivos principales del estudio y, entre otras variables, la especie, tamaño, sexo, comportamiento, área de estudio, etc. Para estudios de tortugas marinas, la altitud del vuelo debe ser aproximadamente de 150m (500ft) o menos y la velocidad de vuelo debe ser de 150 a 225km/hr.

La distancia perpendicular entre cada avistamiento y el transecto puede ser determinada usando un clinómetro y/o en intervalos marcados sobre la burbuja de plexiglass, el marco de las ventanas, el puntal del ala del avión, u otras partes fijas de la aeronave. Para cada avistamiento, normalmente se registra: la localidad, el tiempo, parámetros ambientales, la distancia de la línea de rastreo, la especie-objetivo, y las especies asociadas. El grupo de estudio normalmente se constituye por dos o más observadores y un anotador de datos para asegurar una observación constante a ambos lados de la aeronave.

En teoría, la distancia mínima entre los transectos es determinada por la velocidad máxima de natación de la especie objetivo, para no duplicar el conteo del mismo individuo. Sin embargo en la realidad, el espaciamiento de los transectos generalmente se correlaciona a consideraciones prácticas, como por ejemplo, que tanto esfuerzo debe dedicarse a una área para llevar a cabo los objetivos globales del estudio; generalmente el esfuerzo disponible es el que limita el número de transectos. Para incrementar la efectividad de vuelos individuales, la longitud de los transectos debe seleccionarse del área de interés, el tiempo disponible, la aeronave, y los objetivos del estudio. Los transectos generalmente son paralelos entre sí (principalmente por razones logísticas) y son perpendiculares a gradientes (como la profundidad) que pueden afectar la densidad de las tortugas. Mientras más transectos se realicen, más precisa será la estimación de la densidad, suponiendo que los transectos deben mantenerse lo suficientemente espaciados para evitar conteos múltiples de un mismo individuo.

Las condiciones ambientales deben ser tomadas muy en cuenta al momento de emprender el vuelo. La

seguridad es de suma importancia. El equipo especial de seguridad, como un bote salvavidas, equipos de sobrevivencia, señales luminosas, y radio de banda VHF, deben llevarse en todos los vuelos realizados sobre el agua. Cuando se realicen vuelos sobre aguas frías, los trajes de supervivencia deben ser parte del equipo normal. En segundo lugar, el estado del mar influye en la habilidad de los observadores para detectar las tortugas en la superficie y también puede afectar el comportamiento de las tortugas. Idealmente, los vuelos deben realizarse solamente cuando el estado del mar sea menor a 0.6m con ninguno o poco oleaje (p. ej., escala Beaufort No. 2 del estado del mar). Finalmente el resplandor o los reflejos son un factor de confusión. Los vuelos deben realizarse lo más cercano posible al mediodía para minimizar el deslumbramiento. Los investigadores deben considerar el uso de lentes de sol polarizados para todos los observadores para estandarizar tanto como sea posible el efecto de reflexión

La habilidad para determinar a las especies de tortugas depende de la experiencia del observador. Observadores entrenados comentan que es el color, más que la silueta, lo más importante para identificar a las tortugas desde el aire. Cuando no se pueda determinar la especie, es útil indicar si el avistamiento representa a una laúd (*Dermochelys*) o a una tortuga de concha rígida en este caso la silueta es la determinante.

Discusión

Los vuelos de reconocimiento para el estudio de las tortugas marinas, probablemente son los más apropiados cuando se tiene un escaso conocimiento sobre la distribución y la abundancia de las tortugas marinas sobre áreas relativamente extensas. En casos semejantes, el reconocimiento aéreo se usaría para determinar la distribución y la abundancia de las tortugas e identificar puntos críticos para estudios futuros en el medio marino. Los censos aéreos también son apropiados para documentar variaciones estacionales o anuales en los patrones de distribución y abundancia.

Cualquier persona que esté considerando el uso de estas técnicas, debe considerar cuidadosamente los tipos de datos que puede y no puede obtener desde el aire. Ninguna información biológica (por ejemplo: tamaño, peso, sexo, condición, edad, crecimiento, marcaje) puede adquirirse por medio de los vuelos de reconocimiento. Este tipo de información debe

obtenerse de los estudios realizados en el medio acuático o terrestre (ver a Ehrhart y Orgren, en este volumen), estos deben ser dirigidos en conjunción con los estudios aéreos para propósitos de verificación terrestre. Además, algún nivel de rastreo sónico o por radio (ver S. Eckert, en este volumen) es indispensable para determinar la proporción de tiempo que las tortugas permanecen en la superficie dentro del área de estudio. La mayor ventaja de los vuelos de reconocimiento, se basa en el hecho de que es una manera relativamente rápida de obtener un escenario cuasi-sinóptico de la distribución y la abundancia de las tortugas marinas sobre extensas áreas de estudio.

Los estudios aéreos no son algo que puede lograrse fácilmente. La experiencia del observador es crítica para el éxito de un vuelo de reconocimiento. Los observadores inexpertos y/o sin entrenamiento, a menudo tienen dificultad para ver a las tortugas desde un avión. La habilidad en los avistamientos y en la

identificación de las tortugas mejora con el tiempo, por lo tanto debe hacerse el mejor esfuerzo para que en los estudios aéreos se aseguren que no predominen los observadores inexpertos.

Literatura Citada

Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham y J. L. Laake. 1993. Distance sampling, estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London.

Cormack, R. M., G. P. Patil y D. S. Robson (Editores). 1979. Sampling biological populations. Int. Co-operative Publ. House, Farland, Maryland.

Epperly, S. P., J. Braun y A. Chester. 1995. Aerial surveys for sea turtles in North Carolina inshore waters. Fishery Bulletin 93:254-261.

Estimación del Tamaño de la Población

Tim Gerrodette y Barbara L. Taylor

NOAA National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center, P.O. Box 271, La Jolla, California 92038 USA; Tel: (TG) +1 (619) 546-7131; (BLT) +1 (619) 546-5620; Fax: +1 (619) 546-7003; email: (TG) timg@ucsd.edu; (BLT) taylor@ucsd.edu

Introducción

Estimar el tamaño de una población es fundamental para la ciencia, la conservación y el manejo de las tortugas marinas. Muchas de las amenazas a las poblaciones de estas especies no podrían evaluarse sin la estimación del tamaño de la población. Por ejemplo, si se conoce que cada año mueren 100 tortugas en las redes de pesca, ¿es ésta una amenaza importante? Si el tamaño de la población es de 1,000 tortugas, una mortalidad de 100 tortugas por año es, de hecho, una amenaza muy grave e inmediata pero, si el tamaño de la población es de 1,000,000 tortugas, la amenaza es mucho menos preocupante. Por otro lado, considerando que las poblaciones pequeñas están más expuestas a la extinción, la estimación del tamaño de la población también es esencial, porque nos permite evaluar el riesgo de extinción de una especie o de extirpación de una población.

Por las características del ciclo de vida de las tortugas marinas, es casi imposible estimar directamente el tamaño total de cualquier especie. En sustitución, se estima el tamaño de un segmento de la población en la fase adulta (típicamente, hembras reproductoras). Las tortugas marinas en su estadio juvenil, se distribuyen en hábitats pelágicos diseminados sobre extensas áreas, lo cual dificulta su localización y constituye un serio obstáculo para estimar el tamaño de este fragmento de la población. Por consiguiente, al discutir los tamaños poblacionales, es importante estar claro sobre qué parte de la población total estaría estimándose y los supuestos implicados en cualquier extrapolación de la población total (por ejemplo: la proporción del sexo 1:1 entre los adultos).

Otra distinción importante es la diferencia entre las estimaciones del tamaño relativo y del tamaño absoluto de población. El tamaño absoluto de la población es el número real de animales. El tamaño relativo de la población, también llamado índice del

tamaño de la población o índice de abundancia, es un número proporcional al tamaño absoluto de la población. A menos que el factor de proporcionalidad sea conocido, no hay ninguna manera de convertir una estimación de abundancia relativa a una estimación de abundancia absoluta. No obstante, la estimación de abundancia relativa puede ser muy útil. El ejemplo más común es la utilización del censo de nidos como un índice de abundancia. Estos datos pueden ser sumamente valiosos para detectar tendencias en la abundancia de las poblaciones a través del tiempo. La obtención de las estimaciones del tamaño relativo de la población son más sencillas y menos costosas que las estimaciones del tamaño absoluto de la población. Sin embargo, estimar el tamaño relativo de la población requiere más supuestos y, si estos se infringen, las estimaciones resultarán sesgadas.

Sesgo y Precisión

La calidad de cualquier estimación tiene dos medidas: sesgo y precisión. Es importante saber la distinción entre estos términos. Considere la analogía del tiro al blanco (Figura 1). Al comparar las Figuras A y B, se observa que los dos tiros son precisos (p. ej., los tiros no se dispersaron ampliamente alrededor del blanco), pero los tiros en B tienden a ser demasiado bajo. En términos estadísticos, los tiros en B tienen un sesgo (en sentido negativo). Ahora bien, considere el reto de estimar el número de nidos de tortuga cuando no se efectúan recorridos frecuentes por la playa para contar cada nido. Podemos suponer que algunos nidos se pasan por alto y, por consiguiente, el censo resultará con un sesgo negativo. Sin embargo, nuestra cuenta todavía es muy cercana al número verdadero. Para mejorar la precisión, se podría ajustar la mira de nuestra "arma de estimación" aplicando un factor de corrección. Por tanto, considere dos armas: el

mosquete de un soldado del siglo XVII y el rifle de un francotirador moderno. El rifle dispara con gran precisión y es equivalente a realizar una estimación de la abundancia con varianza muy baja, como el censo de nidos en una área con recorridos de observación muy frecuente. Sin embargo, incluso un francotirador, sería considerablemente menos preciso si utilizara el mosquete y obtendría un patrón de tiros más difuso que con el rifle (Figura C y D). Los estadísticos miden la precisión de una estimación por su varianza; así, los tiros en C y D tienen una alta varianza (precisión baja) en relación con A y B. Esta baja precisión es equivalente a las estimaciones de abundancia basadas en censos aéreos de tortugas en el mar, donde son raras, difíciles de visualizar y con una proporción desconocida de organismos que se encuentran debajo de la superficie del mar. Si no se corrigiera la proporción no visible, el resultado sería una estimación imprecisa y sesgada (Figura D).

Cuando se toman decisiones en base a una estimación, debe considerarse la calidad de la estimación. Por consiguiente, cada estimación del tamaño de la población debe acompañarse con la valoración del sesgo y la estimación de su varianza. La varianza es importante porque es una medida de la certeza (precisión) de la estimación. Si la estimación de un tamaño de población tiene una alta varianza, significa que no se tiene mucha seguridad de su valor,

y cualquier decisión de manejo basada en esta estimación debe considerarse muy cautelosamente. En su trabajo seminal sobre el manejo de recursos vivos, Holt y Talbot (1978) proponen que mientras menos precisos sean los datos, más conservadoras deben ser las decisiones de manejo. Por ejemplo, supongamos que una población de tortugas está decayendo. Si nuestras estimaciones de abundancia tienen una varianza alta, es probable que no se detecte esa disminución estadísticamente. Sin la estimación de la varianza los datos podrían interpretarse erróneamente, concluyendo que no existe ninguna disminución y, por consiguiente, no se tomaría ninguna acción de manejo. Por otro lado, si se tiene una estimación de la varianza, es posible calcular la probabilidad de la declinación de la población (Gerrodette, 1987, 1993; Taylor y Gerrodette, 1993).

La importancia de conocer la desviación depende de la pregunta bajo consideración. Por ejemplo, si se tiene interés en conocer las tendencias de la abundancia de hembras adultas, un índice de abundancia relativa puede ser suficiente (el sesgo es insignificante con tal de que sea constante). Por otro lado, si se quiere saber si un cierto nivel de mortalidad es demasiado alto (es decir, insostenible en el nivel de población) seguramente estaríamos buscando cómo eliminar el sesgo y realizar una estimación de la abundancia absoluta.

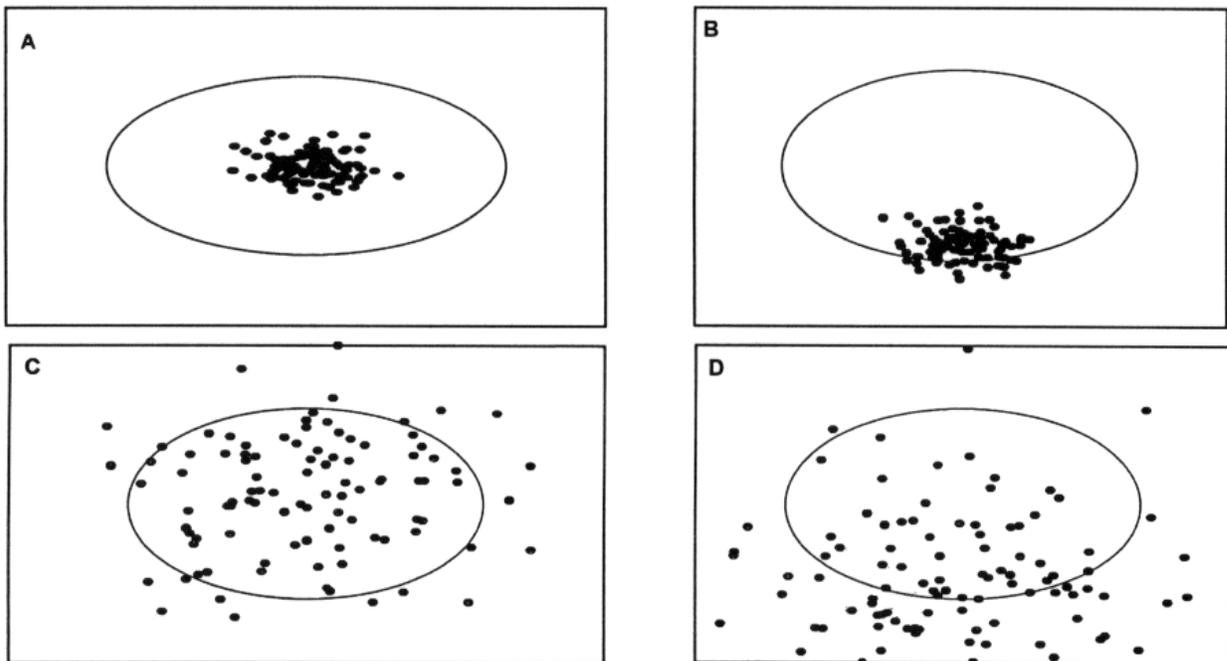


Figura 1. Patrón de tiros al blancos que demuestran (A) tiros precisos y exactos (no-sesgados), (B) tiros precisos pero inexactos, (C) los tiros imprecisos pero exactos, y (D) los tiros imprecisos e inexactos. (Fuente: White *et al.*, 1982).

Métodos para Estimar el Tamaño de la Población

Estimación de Tamaño Poblacional a Partir de Censos Realizados en Playa

Del número de nidos, el número de tortugas adultas (machos y hembras) puede ser estimado a partir de la siguiente ecuación:

$$\hat{N} = \left(\frac{\text{número de nidos}}{\text{de nidos}} \right) \div \left(\frac{\text{no. nidos por hembra}}{\text{por hembra}} \right) \div \left(\frac{\text{proporción de hembras anidando}}{\text{hembras anidando}} \right) \div \left(\frac{\text{proporción de hembras}}{\text{de hembras}} \right) \div \left(\frac{\text{proporción de playas cubiertas}}{\text{playas cubiertas}} \right)$$

Obviamente esta ecuación incluye la estimación de muchos componentes. La estimación de cada factor en la ecuación se cubre en otras secciones de este manual. La varianza de \hat{N} es una suma de la varianza de cada factor (suponiendo una independencia entre estos). El sesgo en \hat{N} , de manera similar, depende de los sesgos de cada uno de los factores en esta ecuación. Sin embargo, algunos componentes tienen una mayor probabilidad de contribuir al sesgo que otros. Por ejemplo, al intentar un censo completo de nidos, es probable que el censo sea ligeramente sesgado negativamente porque algunos nidos se pasan por alto. Por otro lado, una estimación incorrecta de la proporción de playas cubiertas podría contribuir grandes desviaciones positivas o negativas.

Estimación de Tamaño Poblacional por Medio de Muestras por Transecto

La estimación de tamaño de la población por medio de transectos es un método usado extensamente en los estudios de la fauna silvestre. Una referencia clásica es la monografía de Seber (1982). Pueden usarse avionetas para el censo de nidos sobre las playas (vea Schroeder y Murphy, este volumen). También, la estimación de la abundancia puede realizarse mediante avistamientos de tortugas en el mar, usando avionetas o embarcaciones. Debido a que las tortugas tienden a ocurrir en bajas densidades y es difícil observarlas, este tipo de estudios tienden a producir pocos avistamientos. Pero pueden conducirse en conjunto con otros estudios dirigidos a otras especies,

como aves marinas o mamíferos marinos. Para estimar la abundancia absoluta, tales estudios deben considerar la corrección de las tortugas sumergidas en el momento de los avistamientos

Hay dos tipos básicos de estudios en los métodos de transectos. Los transectos de franja, en los que se supone que una área de cierta anchura ha sido inspeccionada y no se ha pasado por alto ninguna tortuga dentro de una cierta distancia de la línea de rastreo. Esto no será cierto a menos que el ancho de la franja sea muy estrecho, en cuyo caso el estudio cubriría solamente una área pequeña y no sería muy eficiente. Transecto en línea (Buckland et al. 1993), este método que es nuevo y superior, ha reemplazado al método de transectos en franja. Los transectos lineales usan eficientemente todos los avistamientos, los modelos estadísticos para su aplicación están bien desarrollados y el software está disponible (ver nota al pie de página). Sin embargo, los transectos en línea requieren un mínimo de aproximadamente 30 avistamientos, y preferentemente más de 50, para estimar el tamaño de una población. También, mientras los transectos de franja simplemente requieren del número de avistamientos de las tortugas que ocurren a lo largo del transecto, en los transectos lineales también se requiere medir la distancia entre cada avistamiento y la línea de rastreo. Es decir, los transectos lineales requieren de información adicional y, si ésta es disponible, será posible mejorar la estimación.

Para los estudios de transectos, el número de tortugas es estimado por la siguiente ecuación:

$$\hat{N} = \frac{n}{2wlg} A,$$

en donde n = el número de avistamientos de la tortuga, l = la longitud del transecto, w = ancho del transecto al lado de la línea de rastreo, g = la porción de tortugas visibles, y A = el tamaño del área de estudio. La diferencia fundamental entre transectos en línea y transectos de franja es que en este último la anchura w es escogido de manera simple, mientras en un transecto lineal w es estimado de los datos y se llama "ancho de banda efectivo". La varianza de \hat{N} se estima de la varianza de las réplicas del transecto lineal,

Nota del autor: El software al que se hace referencia podrá ser obtenido bajo ningún costo, escribiendo a la Colorado Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Department of Fishery and Wildlife Biology, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA. El Software también se puede obtener a través de Internet en las direcciones electrónicas: <http://nmml.afsc.noaa.gov/distance/map.htm> (para análisis de transectos lineales); <http://www.cnr.colostate.edu/~gwhite/software.html> (para análisis de Marca-Recaptura)

suponiendo una distribución para n (generalmente la de Poisson), o por una técnica de muestreo iterativo computacional llamada "bootstrapping" (Efron y Tibshirani, 1993).

Estimación de Tamaño Poblacional por Marca-Recaptura

La técnica de marca-recaptura es un método común para estudios de estimación de abundancia de la fauna silvestre. Varios trabajos explican la teoría de marca-recaptura de una manera integral, discutiendo los supuestos y demuestran el proceso de la técnica (Cormack, 1979; Seber, 1982; Pollock et al., 1990). En este contexto, "marcaje" o "etiquetado" implica cualquier método para la identificación de tortugas de manera individual (vea Balazs, este volumen) y "recaptura" significa cualquier método de re-identificar en un tiempo posterior a un individuo ya marcado. Las tortugas podrían ser fotográficamente etiquetadas y recapturadas de manera individual, por ejemplo, por patrones únicos en los escudos, placas o manchas de sus caparazones o cabezas. El marcaje se usa ampliamente en los estudios de tortugas marinas, principalmente para obtener información sobre el crecimiento, migraciones y dinámica de la población (Chaloupka y Musick, 1997).

Los modelos de Marca-Recaptura existen en una gran variedad de formas. Los modelos "cerrados" suponen que ningún nacimiento, muertes, inmigración, o emigración ocurre durante el período de estudio así que sólo es aplicable para las poblaciones discretas de tortugas dentro de un periodo relativamente corto de tiempo (dentro de una temporada de anidación, por ejemplo). Los modelos "abiertos", por otro lado, permiten cambios en el tamaño de la población durante el período de estudio. Los modelos "abiertos", a menudo llamados modelos Jolly-Seber-Cormack para acreditar a sus diseñadores originales, estima la tasa de supervivencia así como la abundancia.

Puede haber sólo uno o múltiples períodos de marcaje, y sólo uno o múltiples períodos de recaptura. En general, el tamaño de la población es estimado suponiendo que la proporción de animales marcados en una muestra es igual a la proporción de animales marcados en la población. Un estimador simple, propuesto hace 100 años por Petersen para una población cerrada con un solo período de marcaje y un solo período de recaptura, es estimado en su versión original por la ecuación:

$$\hat{N} = \frac{nM}{m},$$

donde \hat{N} es el número de animales marcados en el primer período, y M es el número de animales capturados en el segundo período, de los cuales m , estaban marcados. Los modelos más complicados incluyen la estimación simultánea de tamaños de la población y tasas de supervivencia por cada año, y ninguna ecuación puede escribirse de manera simple para el estimador del tamaño de la población. Sin embargo, hay software disponible para llevar a cabo tales análisis, incluso la varianza de las estimación (ver nota al pie de página).

Las suposiciones generales para el análisis del método de Marca-Recaptura son: (1) no hay ningún nacimiento, muertes, inmigración, o emigración durante el período de estudio (aunque este supuesto puede descartarse para los modelos de la población abiertos, como se anotó anteriormente); (2) todos los animales tienen la misma probabilidad de ser marcados; (3) el marcaje no afecta la probabilidad de la recaptura; (4) las marcas no se pierden y mientras estén presente, siempre se detectan; y (5) los animales recapturados son una muestra aleatoria de la población.

Cuando se aplica el análisis marca-recaptura a las poblaciones de tortugas marinas hay varios problemas importantes. Uno es la pérdida de marcas (supuesto #4). Ya que cualquier tipo de "marca" puede perderse, la estimación de la proporción de pérdida de marcas es una parte importante de un análisis de Marca-Recaptura. Por supuesto, si la pérdida de marcas es baja, eso es bueno. Pero es más importante que la pérdida de las marcas sea consistente. La interpretación y el análisis de datos del método de Marca-Recaptura es más difícil si, durante los años, se han usado tipos diferentes de marcas, si las marcas se han aplicado en posiciones diferentes y si el marcaje lo han realizado personas diferentes con habilidad y experiencia variable. Con animales longevos, como las tortugas marinas, estos tipos de variación son inevitables, pero la importancia de mantener esta variación a un mínimo es incuestionable. Para interpretar los datos de marca-recaptura adecuadamente deben realizarse estudios específicos para estimar la pérdida de marcas (p. ej., McDonald y Dutton, 1996).

Otro punto importante es la aleatoriedad de las muestras (suposiciones #2 y #5). Al principio de un estudio es importante definir la población que será estimada, y tomar medidas para marcar y re-capturar la población al azar. ¿Si se marcan tortugas en una playa, por ejemplo, se estará estimando a una población

restringida a esa playa? Si las tortugas visitan otras playas, y las tortugas de otras playas están viniendo de vez en cuando a la playa estudiada, entonces la población que se está estimando no es solo para esa playa, sino también para una área más grande. También, ¿la playa estudiada es una muestra al azar de la población entera? Es importante considerar estas preguntas, y ponerlas a prueba si es posible. A diferencia de los estudios por medio de transectos, no es importante que el esfuerzo en estudios de Marca-Recaptura sea constante. El tamaño de las muestras del marcaje y de la recaptura pueden ser diferentes. Los métodos de captura de tortugas durante las fases de marcaje y de recaptura pueden ser diferentes. De hecho, puede haber alguna ventaja en utilizar diferentes métodos durante las dos fases porque pueden haber sesgos ligeramente diferentes. El elemento más importante es lograr una muestra al azar. El hecho de marcar y recapturar llanamente un número grande de tortugas arrojan datos sin sentido (por lo menos para la estimación de abundancia) a menos que se cumplan las suposiciones del análisis.

Literatura Citada

- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham y J. L. Laake. 1993. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman & Hall, London.
- Chaloupka, M. Y. y J. A. Musick. 1997. Age, growth, and population dynamics, p.233-276. *In*: P. L. Lutz y J. A. Musick (Editores), The Biology of Sea Turtles. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Cormack, R. M. 1979. Models for capture-recapture, p.217-255. *In*: R. M. Cormack, G. P. Patil y D. S. Robson (Editores), Sampling Biological Populations. International Cooperative Publishing House, Fairland, Maryland.
- Efron, B. y R. Tibshirani. 1993. An Introduction to the Bootstrap. Chapman & Hall, New York.
- Gerrodette, T. 1987. A power analysis for detecting trends. *Ecology* 68:1364-1372.
- Gerrodette, T. 1993. TRENDS: Software for a power analysis of linear regression. *Wildlife Society Bulletin* 21:515-516.
- Holt, S. J. y L. M. Talbot. 1978. New principles for the conservation of wild living resources. *Wildlife Monographs* 59:1-33.
- McDonald, D. L. y P. H. Dutton. 1996. Use of PIT tags and photoidentification to revise remigration estimates of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) nesting in St. Croix, U.S. Virgin Islands, 1979-1995. *Chelonian Conservation and Biology* 2:148-152.
- Pollock, K. H., J. D. Nichols, C. Brownie y J. E. Hines. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs* 107:1-97.
- Seber, G. A. F. 1982. The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters, Segunda Edición. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.
- Taylor, B. L. y T. Gerrodette. 1993. The uses of statistical power in conservation biology: the vaquita and northern spotted owl. *Conservation Biology* 7:489-500.
- White, G. C., D. R. Anderson, K. P. Burnham y D. L. Otis. 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. Los Alamos National Laboratory Report LA-8787-NERP. U.S. Department of Energy. 235 pp.

Identificación de Poblaciones

Nancy FitzSimmons

Applied Ecology Research Group, University of Canberra, ACT 2601 Australia;

Tel: +61 (26) 201 2237; Fax: +61 (26) 201 5305; email: fitzsimmm@aerg.canberra.edu.au

Craig Moritz

Department of Zoology, University of Queensland, Brisbane, Queensland 4072 Australia;

Tel: +61 (73) 365-3382; Fax: +61 (73) 365-1655; email: cmoritz@zoology.uq.edu.au

Brian W. Bowen

Department of Fisheries and Aquatic Sciences, University of Florida, 7922 NW 71st Street,

Gainesville, Florida 32653-3071 USA; Tel: +1 (352) 392-9617 (x280); Fax: +1 (352) 846-1088;

email: bowen@icbr.ifas.ufl.edu

En las última décadas las técnicas usadas en los análisis genéticos han esclarecido varios aspectos de la historia de vida de la tortuga marina. Por ejemplo: ¿las tortugas hembras regresan a anidar en su playa natal? ¿Los machos mantienen una ruta para el flujo de genes entre las colonias anidadoras? ¿Contribuye más de un macho en la fertilización de una nidada? ¿Cuáles son las relaciones evolutivas entre las distintas especies de tortugas marinas? ¿Las “huellas” o “marcas moleculares” del ADN pueden usarse para seguir la pista de las migraciones de las tortugas marinas? Todas estas preguntas han sido respondidas por los estudios de la genética molecular en los últimos años (revisión de Bowen y Avise, 1995; Bowen y Karl, 1996).

Aunque todos los aspectos de historia natural son aplicables a la conservación, quizás las herramientas genéticas más poderosas para el manejo de las tortugas marinas son aquellas que pueden identificar poblaciones reproductoras particulares, encontradas en una o en el conjunto de playas de anidación y sus hábitats de alimentación correspondientes. La resolución de poblaciones (o “stocks”) en tortugas marinas se ve entorpecida por las extensas migraciones que efectúan la mayoría de las especies tanto en sus etapas juveniles como en la de adultos reproductores. Estas migraciones son el punto crítico que resalta la necesidad de identificar la distribución geográfica de los hábitats de alimentación que sostienen a una población reproductora específica y, recíprocamente, evaluar proporciones de diferentes poblaciones

reproductoras presentes en un área de alimentación o sitio de captura particular.

Este capítulo es una revisión del marco de trabajo para usar la información genética en la identificación de poblaciones reproductoras de tortugas marinas. Dos son los temas considerados fundamentales para nuestra discusión: (i) el uso apropiado de información genética requiere que las metas del estudio sean claras e inequívocas y que el diseño de muestreo y los marcadores moleculares empleados sean los apropiados; y (ii) los datos moleculares son muy informativos cuando se integran con estudios de campo, en particular con los estudios de marca-recaptura.

Este capítulo proporciona una descripción breve de los enfoques moleculares y proporciona los protocolos para la recolección de muestras (Apéndice 1), pero no aborda métodos genéticos particulares. Estos últimos se encuentran detallados en Hillis *et al.* (1996) y sus aplicaciones a las tortugas marinas son revisados en Bowen y Witzell (1996) y Bowen y Karl (1996). Para una discusión sobre la identificación de poblaciones reproductoras y las unidades evolutivas ver a Moritz *et al.* (1995). Para una descripción de los procesos genéticos de la población, vea a Hartl y Clark (1997).

Elección de Marcadores Moleculares

El ADN mitocondrial (ADNmt) ha demostrado ser particularmente efectivo para detectar la estructura poblacional en las tortugas marinas. El poder de

Tabla 1. Marcadores moleculares usados para la identificación de tortugas marinas

Marcador	Herencia	Variación Poblacional ¹ dentro/entre
Genoma Nuclear		
electroforesis de proteínas	biparental	baja/baja
copia sencilla anónima	biparental	baja/baja
microsatélites	biparental	alta/baja-moderada
Genoma Mitocondrial		
fragmentos de restricción	materna	baja/baja-alta
secuencias de región control	materna	baja-alta/moderada-alta

¹ Variación relativa dentro y entre agrupaciones regionales de colonias anidadoras

Nota: Para una revisión más completa, ver Bowen y Karl (1996), Bowen y Witzell (1996).

resolución del ADNmt se encuentra condicionado a la metodología empleada; varios estudios han descrito una discriminación incrementada de poblaciones por el uso de la región control. Ésta evoluciona más rápidamente que el genoma completo del que se analiza por fragmentos de restricción (RFLP). Por esta razón, la región control se reconoce como el segmento de ADNmt de elección para los estudios en playas de anidación. La conclusión general de estos estudios es que típicamente las tortugas hembras retornan a su región de origen para reproducirse (conducta “de buscadoras de su origen natal”, o filopatría) pero esas poblaciones reproductoras pueden abarcar varios hábitats conectados a las playas de anidación, distanciados entre sí hasta 100-400 km (Norman, 1996; Bowen y Avise, 1995).

La molécula del ADNmt se transmite por vía materna, significando con esto que las crías del sexo masculino heredan el ADNmt de su madre pero no lo transfieren a las generaciones subsecuentes. En muchas circunstancias, los marcadores heredados por las hembras ofrecen una ventaja distinta porque proporcionan las perspectivas sobre las conductas reproductoras de las hembras que son de importancia suprema para la supervivencia de la especie (Bowen y Avise, 1995). Por otro lado, el ADNmt no produce el escenario completo, y puede puntualizar una interpretación engañosa de aislamiento entre las poblaciones si hay alguna forma de flujo genético a través de los machos, como es el caso probable para las tortugas verdes (Karl *et al.*, 1992; FitzSimmons *et al.*, 1997a,b). Por esta razón, los estudios de la variación de ADN nuclear son muy deseables para complementar los análisis del ADNmt y para proporcionar una explicación más completa de la estructura genética de la población.

Los estudios de poblaciones de ADN nuclear típicamente usan segmentos del genoma que no codifican para productos de proteínas específicas. Estas regiones no-codificadoras acumulan las mutaciones más rápidamente que las regiones que codifican para la producción de proteína, y por eso proporcionan una gran sensibilidad (Tabla 1). Los segmentos de ADN nuclear que son apropiado para los estudios de tortugas marinas incluyen copia anónima únicas de ADN nuclear (ascnDNA; Karl *et al.*, 1992), minisatélites (Peare y Parker, 1996), y microsatélites (FitzSimmons *et al.*, 1997a). Las técnicas para minisatélites y microsatélites, conocidas popularmente como huellas de identificación individual del ADN, también se han usado para evaluar la genealogía y la posibilidad de paternidad múltiple en las nidadas de las tortugas marinas (FitzSimmons, 1998). Esta última metodología está ganando la aceptación como una herramienta estándar en la genética de la conservación, y puede usarse ampliamente para los estudios de poblaciones de tortugas marinas en la próxima década. La serie de técnicas de ADN nuclear están desarrollándose rápidamente, por lo que es probable que análisis adicionales estarán disponibles en el futuro, incluyendo la secuenciación directa de segmentos de ADN nuclear (Karl, 1996).

Evaluación de Stocks en Poblaciones Anidadoras

En la interpretación de la distribución de la variación genética, los investigadores están usando esencialmente el análisis de una sola vía. Si se observa una divergencia significativa entre las poblaciones anidadoras, entonces podemos inferir que el flujo de

genes es bajo y que las cohortes de anidación constituyen poblaciones reproductoras aisladas. Sin embargo, la conclusión inversa no se sostiene invariablemente. Si las frecuencias de los genotipos no son significativamente diferentes entre dos áreas de anidación, entonces no podemos estar seguros que estos sitios de muestreo están unidos en una sola población reproductora distribuida al azar. Este podría ser el caso, sin embargo hay tres razones por qué no puede ser. Primero, podría ser que a la prueba le faltó poder estadístico debido al pequeño tamaño de la muestra (Baverstock y Moritz, 1996). Segundo, podría ser que las poblaciones sólo han divergido recientemente y las diferencias genéticas todavía no se han compilado. Tercero, relativamente pocos migrantes (p. ej., 10 por generación o menos) son suficientes para homogeneizar las frecuencias alélicas, todavía 10 migrantes por generación tendrían un impacto insignificante sobre los procesos demográficos en la mayoría de las poblaciones anidadoras. Consecuentemente, las colonias reproductoras que son genéticamente homogéneas, todavía podrían tener la capacidad de ser demográficamente independientes.

Evaluación de Stocks en Sitios de Alimentación y de Captura

El conocimiento de diferencias genéticas entre las poblaciones anidadoras hace posible determinar qué colonias reproductoras contribuyen a una área particular de alimentación o de captura. Por ejemplo, muestras de la tortuga caguama en las dos principales áreas de anidación en el océano Pacífico, en el sureste de Japón y en Queensland, Australia, se caracterizan

por una diferencia fijada en las secuencias de la región control. De aquí que cada caguama en la región del Pacífico lleva una marca natural de ADNmt que indica el país de origen, con un alto grado de confianza. Estos marcadores se han usado para determinar qué colonias anidadoras son impactadas por la mortalidad de tortuga caguama en las pesquerías que usan redes de deriva o redes palangreras (Bowen *et al.*, 1995). Este enfoque, conocido como el análisis de stocks mezclados, está usándose para evaluar la composición del stock en una variedad de sitios de alimentación y captura para varias especies de tortugas marinas (Broderick y Moritz, 1996; Bowen *et al.*, 1995). El poder de este análisis depende, sin embargo, de hasta qué punto se han caracterizado todas los stocks que potencialmente contribuyen. Esto requiere un muestreo integral de las poblaciones anidadoras en la región, un proceso que ahora está siendo desarrollado para la mayoría de las especies de tortugas marinas. Sin embargo, incluso sin la cobertura completa puede ser posible proporcionar una evaluación cualitativa sobre cuáles poblaciones reproductoras están presentes en las rutas migratorias y los hábitats de alimentación. Se espera que esta aplicación será una herramienta de manejo significativa.

Estrategias de Muestreo y Tamaño de Muestra

Los estudios genéticos moleculares han sido revolucionados por la tecnología de la PCR que permite amplificación de genes específicos a partir de pequeñas cantidades de ADN. Antes del advenimiento de

Glosario de Términos Genéticos

ADNmt- El ADN mitocondrial se transfiere de la madre a sus crías, y de sus crías hembras a la próxima generación. Las variantes son llamadas típicamente haplotipos, y cuando varios haplotipos están presentes entre las poblaciones, se revela la información sobre la estructura del linaje de las hembras.

ADNn-ADN nuclear se hereda de ambos padres. Así, los estudios que usan los marcadores nucleares, proporcionan la información sobre el flujo de genes entre las poblaciones influenciado por hembras y machos.

ascnDNA-copias nucleares únicas anónimas. Éstas son regiones de ADN nuclear únicas (es decir, transcripciones singulares) que pueden utilizarse como marcadores genéticos en las tortugas marinas debido a que los eventos de mutación han generado múltiples alelos (Karl *et al.*, 1992).

Microsatellite loci- regiones de ADN nuclear definidas por la presencia de un segmento o unidad repetitiva de ADN, cada unidad puede tener una longitud de 1-6 pares de base. Estas regiones tienen una tasa de mutación alta y generan alelos de longitudes diferentes. Pueden utilizarse como marcadores genéticos para una resolución de poblaciones a escala fina y en estudios de genealogía.

Polimorfismo en la Longitud de los Fragmentos de Restricción (RLFP, por sus siglas en inglés)- La digestión de un segmento de ADN (o el genoma completo del ADNmt) por enzimas de restricción producen fragmentos de una longitud particular dependiendo de la colocación del sitio de restricción (p. ej., la enzima *MseI* corta todos los sitios 'TTAA'). Una mutación a un sitio de restricción, impediría la digestión de la enzima y de esta manera se generarían fragmentos de longitud diferente.

Tabla 2. Cebadores usados para la amplificación de secuencias de ADN en tortugas marinas.

Cebador	Secuencia 5'-3'	Especies ¹							Longitud Aprox (bp)
		Cc	Cm	Dc	Ei	Lk	Lo	Nd	
región control ADNmit									
TCR5 ²	TTGTACATCTACTTATTTACCAC	++	++	++	++	+	+	++	380
TCR6 ²	CAAGTAAACTACCGTATGCC								
LTCM1 ³	CCCAAAACCGGAATCCTAT	-	++	-	-	-	-	-	510
HDCM1 ³	AGTGAAATGACATAGGACATA								
ADNcsn⁴									
Cm-12R	AGCTGAAGCCAATGAAGAAGAA	+-	++	—	+-	+-	+-	+-	1380
Cm-12L	GCTCAGGTTTAGCTCGAAGGT								
Cm-14R	TAAGCATTATACGTCACGGA	+-	++	—	+-	+-	+-	+	930
Cm-14L	AGTATTTGGGCAGAACAGAA								
Cm28R	TAAATGCCAGGTATGTAATC	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	1400
Cm28L	GATTGCTGGTCTCTGGAAGGCT								
Cm-39R	TGCTAGTTTTGTTAGTTCTGGT	+	++	—	+	+	+	+	1350
Cm-39L	ATAGTGGATTGGAGAAGTTGTT								
Cm-45R	CTGAAAGTGTGTTGAATCCAT	+-	++	+-	+-	+-	+-	+-	1000
Cm-45L	CCGCAAGCAAACATTCTCT								
Cm-67R	GAATATAAGATTTTCATACCCCA	-	++	-	-	-	-	-	1160
Cm-67L	TTTAATTCTGAAAACCTGCTCTT								
microsatélites									
Cc7-F ⁵	TGCATTGCTTGACCAATTAGTGAG	++	—	-	-	-	-	++	180-190
Cc7-R ⁵	ACATGTATAGTTGAGGAGCAAGTG								
Cc117-F ⁶	TCTTTAACGTATCTCCTGTAGCTC	++	++	++	++	-	++	++	210-270
Cc117-R ⁶	CAGTAGTGTCAGTTCATTGTTTCA								
Cc141-F ⁷	CAGCAGGCTGTGTCAGTTCTCCA	++	—	-	-	-	-	+-	180-210
Cc141-R ⁷	TAGTACGTCTGGCCTGACTTTC								
Cm3-F ⁶	AATACTACCATGAGATGGGATGTG	+-	++	++	++	-	+-	++	140-200
Cm3-R ⁶	ATTCTTTTCTCCATAAAACAAGGCC								
Cm58-F ⁶	GCCTGCAGTACACTCGGTATTTAT	+-	++	++	++	-	+-	++	120-150
Cm58-R ⁶	TCAATGAAAGTGACAGGATGTACC								
Cm72-F ⁶	CTATAAGGAGAAAGCGTTAAGACA	++	++	+-	++	-	++	++	230-300
Cm72-R ⁶	CCAAATTAGGATTACACAGCCAAC								
Cm84-F ⁶	TGTTTTGACATTAGTCCAGGATTG	++	++	++	++	-	++	++	310-370
Cm84-R ⁶	ATTGTTATAGCCTATTGTTTCAGGA								
Ei8-F ⁶	ATATGATTAGGCAAGGCTCTCAAC	++	+-	++	-	++	++	++	170-250
Ei8-R ⁶	AATCTTGAGATTGGCTTAGAAATC								
DC99 ⁸	CACCCATTTTTTCCCATTG	-	-	++	-	-	-	-	120-140
	ATTTGAGCATAAGTTTTCTGTGG								

¹+ amplifica, variabilidad desconocida, +- amplifica sin variabilidad, ++ amplifica y es variable, - desconocida, —no amplifica

²Norman *et al.* 1994

³Allard *et al.* 1994

⁴Karl *et al.* 1992, Karl 1996

⁵FitzSimmons 1998

⁶FitzSimmons *et al.* 1995

⁷FitzSimmons *et al.* 1996

⁸Dutton 1995

tecnología de la PCR, los análisis genéticos requirieron de tejido fresco o congelado, un impedimento logístico considerable, cuando el organismo del estudio ocupan hábitat tropicales aislados y lejos del laboratorio más cercano. Con la metodología de la PCR, los tejidos pueden guardarse sin refrigeración durante períodos extensos (Apéndice 1). Los tejidos parcialmente degradados, como podría obtenerse de las tortugas muertas, la carne cocinada, o productos procesados de la tortuga, a menudo pueden analizarse.

Los métodos basados en la PCR requieren cebadores específicos, segmentos cortos de ADN sintético, que dirigen la reacción mediada por la enzima. Ahora, se han desarrollado varios cebadores que trabajan sobre el ADN nuclear y ADNmt de la mayoría o todas las especies de tortugas marinas (Tabla 2). Uno de los rasgos más loables de los estudios genéticos en poblaciones de tortuga marina, ha sido que la mayoría de los laboratorios han usado los mismos juegos de cebadores, permitiendo comparaciones directas de la información genética en loci homólogos a través de todo el área de distribución global de las especies. Se espera que esta tendencia se continúe.

¿Qué constituye un tamaño adecuado de la muestra? La respuesta depende de la técnica, nivel de la diferencia genética, y la pregunta bajo consideración. Para definir las poblaciones reproductoras con el ADNmt, el tamaño de la muestra mínimo para las comparaciones estadísticas es de 6-8 *donde hay diferencias grandes*, aunque $N=20$ se recomienda para la mayoría de las evaluaciones de la población. Si se pretende emplear los datos del ADNmit de las colonias reproductora como una base para la evaluación en la áreas de alimentación, entonces el tamaño de muestra deseable es de $N > 30$ para obtener estimaciones más exactas de las frecuencias de los alelos. Para los estudios de ADN nuclear en poblaciones anidadoras, particularmente cuando se usan los microsátélites, es deseable tomar más muestras de la población ($N = 30-50$) debido a que el número de alelos detectados es mayor. Para establecer la escala geográfica de la distribución de una población reproductora, es apropiado diseñar un esquema de muestreo jerárquico, en donde las muestras abarquen varios de los hábitats de anidación dentro de una región (p. ej., primero entre playas de anidación distanciadas unos cuantos cientos de km), y después, varias regiones separadas entre sí por distancias que oscilen entre 100 a 1,000 km.

El tamaño de la muestra en la áreas de

alimentación o de captura (cuando se realiza una evaluación en stocks mezclados) depende del número de poblaciones fuente que se consideren como candidatas viables y el nivel de diferenciación entre las colonias reproductoras (Broderick y Moritz, 1996). En un sitio de alimentación típico, la muestra debe incluir por lo menos a 100 individuos (aunque una muestra más pequeña puede ser informativa en un sentido cualitativo) y puede ser apropiado estratificar las muestras según la edad, sexo, y año. Las muestras de una $N > 100$ están justificadas cuando existen varias colonias reproductoras candidatas que pueden contribuir a las cohortes o cuando hay un número grande de alelos, como puede ser el caso de los microsátélites (vea a Chapman, 1996). La combinación de estudios del piloto con simulaciones de estimaciones de máxima probabilidad (p. ej., Broderick y Moritz, 1996) son importantes para evaluar (i) si las preguntas propuestas pueden ser respondidas dentro de las limitaciones logísticas, y (ii) que tamaño de muestra será necesaria.

Sinergia entre los Estudios de Genética los de Marcaje

Hemos intentado sintetizar las mayores fortalezas y limitaciones de datos moleculares para la evaluación de los stocks. De lo anterior, debe ser obvio que nosotros no consideramos los estudios genéticos como una panacea para la identificación de poblaciones. Sin embargo con un muestreo apropiado y la integración de estudios ecológicos (vea debajo), estos métodos pueden proporcionar conocimientos valiosos.

Los datos genéticos y la información de la recaptura de marcas pueden actuar recíprocamente de tres maneras. Primero, los estudios de marcado generan hipótesis acerca de patrones de migración que son probadas con los datos genéticos.

En varias especies de tortugas marinas, las hipótesis sobre las migraciones con fines reproductivos de estas especies, formulados en base a los estudios de marca - recaptura, han sido evaluados con los estudios genéticos (Bowen *et al.*, 1992, 1994; Broderick y Moritz, 1996; FitzSimmons, 1997a). Segundo, los datos de marcaje pueden usarse para probar si las poblaciones anidadoras que parecen estar unidas por un extenso flujo de genes (basado en los datos genéticos) también muestre un intercambio frecuente de anidadoras dentro de una escala temporal contemporánea. Por ejemplo, los datos de recaptura

confirman un intercambio frecuente de tortugas hembras entre hábitats de anidación adyacentes que son genéticamente homogéneos (Limpus *et al.*, 1992; Norman, 1996). Tercero, los datos moleculares pueden proporcionar nuevas perspectivas que pueden probarse subsecuentemente a través de los programas de marcado. Por ejemplo, los datos genéticos pueden indicar que una población reproductora se extiende más allá de las fronteras de sitios donde se realizan estudios de marcaje intensivos -esta inferencia puede probarse extendiéndose los estudios de marca-recaptura en una escala geográfica más amplia. Finalmente, los datos genéticos pueden demostrar eventos raros de colonización desde una gran distancia, que son difíciles de documentar con estudios de marcaje exclusivamente (Bowen *et al.*, 1992, 1995; Dutton, 1995).

Literatura Citada

- Allard, M. W., M. M. Miyamoto, K. A. Bjorndal, A. B. Bolten y B. W. Bowen. 1994. Support for natal homing in green turtles from mitochondrial DNA sequences. *Copeia* 1994:34-41.
- Baverstock, P. R. y C. Moritz. 1996. Project design, p.17-27. *In:* D. M. Hillis, C. Moritz, y B. K. Mable (Editores), *Molecular Systematics*, Segunda Edición. Sinauer Assoc., Sunderland, Massachusetts.
- Bowen, B. W. y J. C. Avise. 1995. Conservation genetics of marine turtles, p.190-237. *In:* J. C. Avise y J. L. Hamrick (Editores), *Conservation Genetics: Case Histories from Nature*. Chapman and Hall, New York.
- Bowen, B. W. y S. A. Karl. 1996. Populations genetics, phylogeography, and molecular evolution, p.29-50. *In:* P. L. Lutz y J. Musick (Editores), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Bowen, B. W. y W. N. Witzell (Editores). 1996. Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U.S. Department of Commerce.
- Bowen, B. W., A. B. Meylan, J. P. Ross, C. J. Limpus, G. H. Balazs y J. C. Avise. 1992. Global population structure and natural history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny. *Evolution* 46:865-881.
- Bowen, B. W., N. Kamezaki, C. J. Limpus, G. R. Hughes, A. B. Meylan y J. C. Avise. 1994. Global phylogeography of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) as indicated by mitochondrial DNA haplotypes. *Evolution* 48:1820-1828.
- Bowen, B. W., F. A. Abreu-Grobois, G. H. Balazs, N. Kamezaki, C. J. Limpus y R. J. Ferl. 1995. Trans-Pacific migrations of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) demonstrated with mitochondrial DNA markers. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 92:3731-3734.
- Broderick, D. y C. Moritz. 1996. Hawksbill breeding and foraging populations in the Indo-Pacific region, p.119-128. *In:* B. W. Bowen y W. N. Witzell (Editores), *Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U.S. Department of Commerce.
- Chapman, R. W. 1996. A mixed stock analysis of the green sea turtle: the need for null hypotheses, p.137-146. *In:* B. W. Bowen y W. N. Witzell (Editores), *Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U.S. Department of Commerce.
- Dutton, P. H. 1995. Molecular evolution of sea turtles with special reference to the leatherback, *Dermochelys coriacea*. Ph.D. dissertation. Texas A&M University, College Station.
- Dutton, P. 1996. Methods for collection and preservation of samples for sea turtle genetic studies, p.17-24. *In:* B. W. Bowen y W. N. Witzell (Editores), *Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U.S. Dept. Commerce
- FitzSimmons, N. N. 1998. Single paternity of clutches and sperm storage in the promiscuous green turtle (*Chelonia mydas*). *Molecular Ecology* 7:575-584.
- FitzSimmons, N. N., C. Moritz y S. S. Moore. 1995. Conservation and dynamics of microsatellite loci over 300 million years of marine turtle evolution. *Molecular Biology and Evolution* 2:432-440.
- FitzSimmons, N. N., C. Moritz, C. J. Limpus, J. D. Miller, C. J. Parmenter y R. Prince. 1996. Comparative genetic structure of green, loggerhead and flatback populations in Australia based on variable mt DNA and nDNA regions, p.25-32. *In:* B. Bowen y W. Witzell (Editores.), *Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U. S. Department of Commerce.

- FitzSimmons, N. N., C. Moritz, C. J. Limpus, L. Pope y R. Prince. 1997a. Geographic structure of mitochondrial and nuclear gene polymorphisms in Australian green turtle populations and male-biased gene flow. *Genetics* 147:1843-1854.
- FitzSimmons, N. N., A. R. Goldizen, J. A. Norman, C. Moritz, J. D. Miller y C. J. Limpus. 1997b. Philopatry of male marine turtles inferred from mitochondrial markers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: 94:8912-8917.
- Hartl, D. L. y A. G. Clark. 1997. *Principles of Population Genetics*, Tercera Edición. Sinauer Assoc., Sunderland, Massachusetts.
- Hillis, D. M., C. Moritz y B. K. Mable (Editores). 1996. *Molecular Systematics*, Segunda Edición. Sinauer Assoc., Sunderland, Massachusetts.
- Karl, S. A. 1996. Hybridization and taxonomy of marine turtles: anonymous nuclear DNA sequence analyses, p.99-108. *In*: B. W. Bowen y W. N. Witzell (Editores), *Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U.S. Dept. Commerce.
- Karl, S. A., B. W. Bowen y J. C. Avise. 1992. Global population structure and male-mediated gene flow in the green turtle (*Chelonia mydas*): RFLP analyses of anonymous nuclear loci. *Genetics* 131:163-173.
- Limpus, C. J., J. D. Miller, C. J. Parmenter, D. Reimer, N. McLachlan y R. Webb. 1992. Migration of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtles to and from eastern Australian rookeries. *Wildlife Research* 19:347-58.
- Moritz, C., S. Lavery y R. Slade. 1995. Using allele frequency and phylogeny to define units for conservation and management. *American Fisheries Society Symposium* 17:249-262.
- Norman, J. A., C. Moritz y C. J. Limpus. 1994. Mitochondrial DNA control region polymorphisms: genetic markers for ecological studies of marine turtles. *Molecular Ecology* 3:363-373.
- Norman, J. A. 1996. Conservation genetics of the green turtle *Chelonia mydas*. Ph.D. Thesis, University of Queensland, Brisbane.
- Peare, T. y P. G. Parker. 1996. The use of multilocus DNA fingerprinting to examine local genetic structure within green turtle rookeries, p.87-94. *In*: B. W. Bowen y W. N. Witzell (Editores), *Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U.S. Department of Commerce.

Apéndice

Protocolos de Muestreo para el Análisis Genético vía PCR

El muestreo de hembras anidadoras, crías, y tortugas capturadas en el mar puede realizarse sin problema, obteniendo sangre o tejido, teniendo el cuidado necesario para evitar infección de individuos o contaminación cruzada de muestras. En animales vivos, la superficie dónde la sangre o tejido será extraído deberá limpiarse con una solución de detergente, 70% etanol, o isopropanol. También deben limpiarse los instrumentos completamente entre los muestreos sucesivos (o desecharlos), y los tubos de la muestra deben ser nuevos (no de re-uso), limpios y apropiadamente etiquetados.

Colecta de Sangre

Normalmente, la sangre se extrae de los senos cervicales dorsales del cuello y en cualquier de los lados de la columna vertebral, siguiendo el protocolo de Dutton (1996). En las tortugas adultas este seno puede encontrarse entre 1-3 cm debajo de la superficie de la piel. El muestreo es más fácil si el animal se coloca en un ángulo ligero para aumentar el flujo de sangre a la región de la cabeza, y a la vez se tira de la cabeza para estirar y relajar los músculos del cuello. Aunque el muestreo de sangre es una técnica simple y robusta, se recomienda tener cautela en lo siguiente. Primero, esta técnica no debe intentarla personal sin experiencia, ya que los errores pudieran ocasionar dañar en los vasos sanguíneos o al tejido del nervio protegido por la columna vertebral, sobre todo en las crías. Segundo, la obtención de sangre en hembras anidadoras se limita al intervalo de la puesta de la nidada (o cuando ella retorna al mar) y puede ser difícil si su cabeza se encuentra en posición ascendente y con flujo sanguíneo reducido. Para las tortugas laúd, la alternativa es obtener la sangre de las aletas traseras (Dutton, 1996).

Materiales

- Buffer lítico: 100 mM Tris-HCl, pH 8; 100 mM EDTA, pH 8, 10 mM NaCl; 1.0% (w/v) SDS (dodecil sulfato de sodio)
- Jeringa y aguja (o tubos al vacío equipados con agujas “vacutainers”) sin el tratamiento anticoagulante.
- Tubos con tapa de rosca, u otros recipientes para almacenamiento de la muestra perfectamente sellada.

Métodos

1. Colecte la sangre con una jeringa nueva, de acuerdo a Dutton (1996), usando una aguja nueva para cada muestra. La cantidad de sangre extraída y el tamaño de la aguja debe ser proporcional al tamaño de la tortuga: es decir, para adultos tome una muestra de 0.5-1.0 ml de sangre, usando una aguja calibre 20-22 x 38mm, y para las crías, tome una muestra de 0.02-0.1 ml de sangre usando una aguja calibre 28-30 x12.7mm. Para las tortugas laúd se recomienda una aguja de 18 x 76mm (Dutton, 1996).
2. Agregue la sangre inmediatamente al tubo etiquetado con el buffer lítico en una proporción aproximada sangre-buffer de 1:10.
3. Invierta suavemente el tubo varias veces para mezclar los ingredientes.
4. Las muestras, pueden guardarse a la temperatura ambiente durante un año por lo menos. Evite la exposición al calor o la luz del sol.

Nota: el buffer lítico no es tóxico y puede guardarse por largos períodos a la temperatura del ambiente.

Colecta a Partir de Otros Tejidos

Muestras de tejido de 0.1-0.2 gramos puede removerse sin riesgo de un animal adulto, siempre y cuando se acaten los procedimientos de técnicas estériles. Dutton (1996) recomienda remover tejido con un sacabocados de la superficie dorsal de las patas traseras, y otros investigadores han obtenido buenos resultados con muestras de la piel de la región del cuello/hombros (< 1cm²) tomado con un escalpelo u otra herramienta para biopsias. Si la muestra es en crías, también es posible conseguir una buena muestra de ADN, haciendo una muesca pequeña (2mm) removida del borde posterior del carapacho con una hoja del escalpelo (FitzSimmons, datos sin publicar). En la colecta de muestras de animales muertos, recomendamos tomar el tejido del músculo debajo de la piel. Tejidos que se han mantenido congelados previamente son aceptables. Los tejidos secos e incluso el hueso también puede trabajar.

Si los huevos son la fuente de tejido a obtener, o el embrión entero o una muestra de tejido suave de los embriones en estado avanzado de desarrollo, pueden utilizarse para muestra. Para embriones muy jóvenes, la blastula o embrión en desarrollo puede usarse. Si se colectan huevos puestos por las tortugas

recientemente, recomendamos dejar que el embrión se desarrolle durante unos días hasta que pueda identificarse la blastula. Si esto no es posible, entonces una porción de la membrana de la yema puede proporcionar ADN suficiente.

Materiales

- Solución DMSO de preservación: DMSO al 20% (dimetil sulfoxido) en agua saturada con la sal (NaCl).
- Tubos con tapón de rosca u otros recipientes para almacenar la muestra perfectamente sellada.
- Hoja de navaja de afeitar, escalpelo, o sacabocados para la biopsia.
- Guantes desechables (recomendado).

Métodos

1. Colecte el tejido apropiado a sus condiciones de trabajo. Limpie completamente todos los instrumentos entre cada colecta para evitar contaminación cruzada entre muestras.
2. Corte el tejido varias veces con una hoja de la navaja de afeitar o el bisturí para incrementar la penetración de buffer.
3. Agregue el tejido al tubo que contiene la solución de DMSO. La proporción de tejido/buffer debe mantenerse entre 1:5 y 1:10. Asegúrese que la etiqueta del tubo o frasco conteniendo la muestra se mantenga firmemente adherida.
4. Las muestras pueden guardarse a la temperatura del ambiente durante por lo menos un año. Evite la exposición al calor o la luz del sol.

Para hacer un litro de solución salina/DMSO saturada:

1. Agregue NaCl (aproximadamente 200 g) a 750 ml de agua destilada, hasta que la sal ya no se disuelve.
2. Agregue 200 ml DMSO.
3. Agregue el agua destilada necesaria para completar un volumen de 1 litro volumen. La presencia de sal precipitada indica que la solución esta saturada.

Nota: Debe tenerse cuidado con el manejo del DMSO ya que se impregna rápidamente en la piel y puede

ser irritante a la piel, ojos, y el sistema respiratorio. La solución salina saturada/DMSO no es inflamable, y puede guardarse indefinidamente a la temperatura del ambiente. Durante el almacenamiento, puede salirse una poca de sal. Esto no indica que el preservativo ha expirado.

Alternativas

Los tejidos pueden guardarse convenientemente en etanol al 70-95%, o en una concentración similar de isopropanol, en lugar del DMSO. En la ausencia de otros conservadores, las muestras pueden cortarse en pedazos pequeños (< 0.5 cm) y empaquetar en sal. El material secado al sol también puede ser útil.

Diseño del Muestreo y del Proyecto

Colonias Anidadoras

Para colonias anidadoras, debe tenerse cuidado en coleccionar sólo una muestra por cada hembra. La muestra puede ser de sangre de la hembra reproductora, o de un huevo o cría del nido. Tomando en cuenta que las hembras típicamente ponen más de un nido por temporada, todas las muestras deben colectarse dentro del mismo intervalo anidación; es decir, en un periodo máximo de dos semanas, o en su caso, las hembras deber marcarse para prevenir un muestreo de la misma tortuga o su progenie.

Genealogía y Paternidad Múltiple

Para los análisis de genealogía o paternidad múltiple, se recomienda un proyecto piloto que incluiría el muestreo de 10-20 a crías por nidada de 5-10 hembras. Un muestreo más extenso podría incluir 10-20 hembras y un 50% de las crías de cada nidada, incluso de embriones sin eclosionar, y de nidadas múltiples depositadas por hembras individuales (FitzSimmons, 1998).

Muestras de Sitios de Alimentación

El muestreo para las tortugas capturadas en el mar, debe seguirse de acuerdo a los protocolos para sangre o tejido, registrar el tamaño y sexo, y marcarlas antes de regresarlas al mar. Esto disminuirá la posibilidad de un re-muestreo al mismo animal, y la recuperación de la marca puede proporcionar datos importantes para corroborar los resultados basados en los marcadores genéticos.

Definición del Inicio: La Importancia del Diseño Experimental

Justin D. Congdon

Savannah River Ecology Lab, P. O. Drawer E, Aiken, South Carolina 29802 USA; Tel: +1 (803) 725-5341; Fax: +1 (803) 725-3309; email: congdon@srel.edu

Arthur E. Dunham

Department of Biology, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104 USA; Tel: +1 (215) 898-4117; Fax: +1 (215) 898-8780; email: adunham@sas.upenn.edu

**Proverbio: "El éxito es como una tortuga escalando una montaña
El fracaso es como agua fluyendo colina abajo."**

Introducción

La probabilidad de éxito de un proyecto de investigación aumenta significativamente cuando el "inicio" está correctamente definido como una enunciación precisa de las metas y la justificación. Habiendo logrado esto, los pasos secuenciales necesarios para escribir el plan de investigación y luego ejecutar exitosamente el proyecto son más fáciles de identificar y organizar. Por lo tanto, el mensaje de este capítulo es: para cuando el trabajo de laboratorio esté preparado o el primer dato sea colectado en el campo, ya se debe haber invertido un esfuerzo sustancial en la estructura conceptual y logística del proyecto. Este capítulo discute los pasos que deben dar por resultado un plan de investigación bien diseñado e integrado.

Un diseño de investigación consiste de dos áreas generales: conceptos y contexto de la investigación (Tabla 1) y la logística de la investigación (Tabla 2). Qué tan bien está planeado un proyecto y cómo se integran los pasos en el diseño puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso. El proceso de escribir un plan de investigación debe iniciar tan pronto como sea posible dentro del desarrollo de las ideas de la investigación. Para ayuda sobre el proceso de escribir el plan y propuesta de la investigación, ver Reis-Lehrer (1995).

Tabla 1. Bosquejo para las secciones de "conceptos" y "contexto" de un plan de investigación.

1. Búsqueda de literatura
 - a. Familiarizarse con la literatura para identificar un problema de investigación y para explorar las áreas de la biología que puedan impactar el diseño de la investigación.
 - b. Explorar vías que promuevan la integración del estudio dentro de disciplinas biológicas más amplias y formas de coleccionar, analizar y presentar sus datos de tal forma que sean útiles a otros (p. ej., para comparaciones entre poblaciones, o para utilizarse en modelos).
2. Presentar el problema cuidadosa y claramente en forma de preguntas concisas o como hipótesis nulas o de trabajo.
3. Realizar una lista de escenarios posibles relacionados con las preguntas de su investigación y entonces jerarquizar los más probables.
4. Discutir todos los aspectos de la propuesta de la investigación conforme se van desarrollando con colegas. Los investigadores que trabajan en el mismo campo o en áreas relacionadas son fuentes importantes de información.
5. Escribir una propuesta de investigación detallada.

Tabla 2. Bosquejo para la sección sobre "logística" en un proyecto de investigación.

1. Identificar la información que debe ser recabada y como debe ser colectada.
 - a. Desarrollar un diseño logístico y de control de calidad para la colecta, procesamiento y almacenaje de los datos, incluyendo quien podría ser el responsable para cada procedimiento.
 - b. Diseñar hojas de datos que guíen a los colaboradores en la toma de datos para cada parámetro. Las hojas de datos deben de diseñarse manteniendo en mente el registro de datos, la captura o transferencia a archivos computarizados, así como la edición y análisis a partir de los datos.
 - c. Antes de la toma de datos, repase cuidadosamente el mayor número de técnicas y procedimientos como sea posible para detectar problemas con los protocolos y el equipo.
 - d. Revisar los datos recientes para localizar errores recurrentes; una revisión frecuente puede revelar patrones insospechados que, si se identifican y se actúa rápidamente da oportunidad de mejorar el protocolo o dirección de la investigación.
2. Hablar con otros investigadores que trabajen actualmente con estudios similares acerca de la logística del protocolo de investigación, control de calidad y tipos de análisis de datos.
3. Tan pronto como sea posible después de la colecta de datos, los datos deben capturarse en archivos de computadora y ser revisados para detectar problemas asociados con las hojas de datos, registro y captura de los datos, y con los archivos de cómputo.
4. Adquirir los suministros necesarios con suficiente anticipación de manera razonable y conforme los fondos estén disponibles.
5. Prever lo inesperado (fallas de equipo, accidentes, enfermedades, cambios climáticos inusuales).

Marco Teórico y Contexto

La Literatura

La calidad final y éxito de la investigación son frecuentemente un reflejo del tiempo y esfuerzo invertido en desarrollar las ideas y conceptos de la investigación, una etapa de planeación que incluye familiarizarse con la literatura. Debido a que la probabilidad de que una idea a investigar pueda surgir sin ningún antecedente es pequeña, la probabilidad de generar una buena idea a investigar es más alta para un investigador con experiencia y conocimiento de la literatura que para un novato.

La meta inmediata de una revisión bibliográfica es determinar si la idea a investigar vale la pena (la investigación podría estar ya realizada, o publicaciones nuevas pueden haber revelado problemas con la investigación). Una segunda meta es maximizar la utilidad de los resultados de la investigación integrándolos dentro de tópicos específicos de investigación (p. ej., los resultados de otros que trabajen en la misma área) y dentro de tópicos y disciplinas más generales de la biología (p. ej., historia de vida, esfuerzo reproductivo, inversión parental, selección por parentesco, conservación).

Establecer un proyecto de investigación específico en un contexto amplio requiere cierta familiaridad con (1) literatura externa de un tópico de investigación específico, (2) conocimiento de proyectos actuales de otros investigadores y (3) una perspectiva histórica de la problemática siendo abordada por la investigación y así como tópicos generales. Las bibliotecas científicas de las universidades y bibliotecas personales son fuentes para la revisión de artículos, capítulos de libros sobre los tópicos y técnicas de investigación, así como artículos relacionados con los temas de interés. Para iniciar con una investigación sobre tortugas marinas, consulte la sección de *Publicaciones Recientes* del Noticiero de Tortugas Marinas.

Preguntas de la Investigación

Si la idea de investigación todavía parece viable después de la revisión bibliográfica, es tiempo para desarrollar las preguntas de la investigación o hipótesis a ser probadas. El proceso de desarrollo para estos detalles incrementan la probabilidad de hacer las preguntas correctas y, por lo tanto, coleccionar los datos apropiados. Ninguna cantidad de tiempo invertido, trabajo concentrado, o métodos estadísticos sofisticados pueden superar el daño causado por una pregunta estructurada pobremente. Debido a que las preguntas de investigación determinan el ¿qué?, ¿dónde?, ¿cuándo? y ¿cómo? son colectados los datos, estas preguntas representan un vínculo importante ente los aspectos conceptuales y logísticos de la planeación de un proyecto de investigación.

Un ejercicio *a priori* muy ilustrativo es hacer una lista de todas las posibles respuestas a preguntas específicas sobre la investigación (esta lista no debe estar influenciada por tendencias de ningún tipo que puedan ser esperadas por el investigador). De la lista de repuestas posibles, jerarquizar aquellas que parezcan ser las respuestas o resultados más

probables. Por definición, la lista de respuestas jerarquizadas debe ser más corta que la lista de respuestas posibles. La lista y la jerarquización deben mantenerse junto con el plan de investigación y entonces debería ser examinado para posibles sorpresas cuando el proyecto esté terminado.

Hipótesis

Las hipótesis específicas o preguntas de la investigación dependen del contexto del estudio. La evaluación de una hipótesis científica (una afirmación que pretende predecir como funciona algún fenómeno particular de la naturaleza), o el dar respuestas a alguna pregunta científica, casi siempre involucra evaluar por lo menos una, y frecuentemente varias, hipótesis estadísticas. Una hipótesis estadística es una afirmación que pretende predecir los parámetros de una (o más de una) distribución de probabilidad- por ejemplo, que las medias de dos distribuciones no son diferentes. Tanto el estudio experimental como el de observación deben ser diseñados con la prueba estadística definitiva en mente.

Las premisas claras sobre las preguntas estadísticas o hipótesis se deben hacer desde el principio en el proceso de planeación de la investigación y deben ser formuladas de manera que estén relacionadas con parámetros de poblaciones estadísticas bien definidas. Las poblaciones estadísticas deben ser la población muestreada ya que, de lo contrario, los métodos de inferencia estadística podrían no ser aplicables. Las consultas con los estadistas sobre el diseño experimental, colecta de datos y análisis estadísticos deben hacerse en el proceso de desarrollar el diseño de investigación. La consulta a estadísticos puede ser más provechosa si las preguntas de la investigación o hipótesis están claramente planteadas y si se hacen algunos esfuerzos previos para comprender el diseño experimental.

Tamaño de la Muestra

Un área que frecuentemente se descuida en el diseño de estudios ecológicos se refiere a la cantidad de datos por coleccionar. La colecta de datos frecuentemente es difícil, costosa, y puede involucrar inevitablemente muestreos destructivos de animales. La obtención de datos suficientes para aplicar pruebas de hipótesis estadísticas robustas frecuentemente puede estar en contraposición con consideraciones logísticas y éticas sobre la obtención de datos. En estos casos, es necesario que el tamaño de la muestra sea

suficientemente grande para poder obtener pruebas adecuadas de los efectos experimentales importantes, pero ellos no deben ser innecesariamente grandes. Fuentes excelentes para los detalles del diseño y protocolo del muestreo se pueden encontrar en Manly (1992), Sokal y Rohlf (1995), Winer (1971).

Poder Estadístico

La probabilidad de rechazar una hipótesis nula cuando ésta es falsa se denomina el “poder” de una prueba estadística, y el cálculo del tamaño de la muestra necesario para detectar efectos de una magnitud particular se llama análisis del poder. Si un descuido sobre el poder estadísticos resulta en un tamaño de muestra inadecuado, los intervalos de confianza de las estimaciones de los parámetros pueden ser demasiado amplios para proporcionar sustento a una conclusión que una hipótesis nula no fue rechazada.

Todos los programas de investigación deben incluir cálculos del poder de la prueba estadística o amplitud de los intervalos de confianza (o ambos) que resultarían del tamaño de muestra planeado. Los datos necesarios para estos cálculos (la variación esperada para un parámetro determinado) pueden no estar disponibles para el sistema que el investigador quiere estudiar. Estudios prospectivos o estimaciones basadas en estudios previos de sistemas similares pueden generar datos para un análisis de poder. Los detalles de cómo realizar un análisis de poder para varias pruebas estadísticas y diseños de muestreo son complejos y rebasan el alcance de este capítulo. Sin embargo, se pueden encontrar tratamientos detallados en muchos textos sobre diseño experimental (Winer, 1971; Montgomery, 1974; Manly, 1992; Sokal y Rohlf, 1995).

Desarrollo del Plan de Investigación

Dos pasos se deben llevar al cabo en el desarrollo tanto del área conceptual como de logística en el plan de investigación. Primero, se deben realizar conversaciones informales con colegas. Cada colega podría dar puntos de vista diferentes sobre los propósitos de la investigación que mejoren las preguntas de la investigación y generen nuevas. Además, muchos problemas logísticos que pueden obstaculizar un nuevo programa de investigación ya han sido experimentados y solucionados por otros. Debido a que las revisiones formales consumen tiempo y son por cortesía, las peticiones de éstas no deberán ser hechas hasta que todos los pasos conceptuales y

logísticos del diseño de investigación sean cubiertos.

Segundo, el desarrollo inicial del plan de investigación debe incluir el inicio de una propuesta de investigación detallada. A través de la redacción de la propuesta detallada se puede ayudar a identificar problemas emanados de los conceptos de la investigación, preguntas y con la logística, y también puede aumentar la integración de varios aspectos de la investigación propuesta. Para el diseño y manejo del proyecto están disponibles programas para computadoras personales que ayudan en la organización del proyecto y planeación del tiempo; estos programas pueden ser de valor para la organización de la investigación y escritura del plan de investigación.

Logística de la Investigación

Calidad de la Investigación

Una vez que las preguntas o hipótesis están planteadas y se identifica la información que es necesaria, se debe desarrollar un plan para la colecta de los datos (Tabla 2). Aunque la manifestación precisa sobre las metas de la investigación haya identificado los datos correctos y necesarios para responder las preguntas de la investigación, la calidad de la colecta de datos depende de la consistencia de los procedimientos de la misma, y lo completo y exacto de las mediciones. Por lo tanto cada paso de la parte de la logística del plan de investigación debe incluir el cómo asegurar la calidad de los datos colectados (Tabla 3). Mientras que el objetivo siempre debe ser obtener los mejores datos posibles, cada paso en un diseño de investigación debe también considerar la seguridad del investigador y el bienestar de los organismos en estudio.

Hojas de Datos

Las hojas de datos deben ser diseñadas para complementar el proceso de la colecta de datos y minimizar errores y omisiones. Si los datos se colectan en una secuencia dada (fecha, hora, localización, identificación del animal, sexo, longitud, peso), las columnas para los datos deben organizarse en el mismo orden para minimizar los errores cuando los datos se registren. Además, los errores que se cometen cuando los datos se transfieren a archivos de cómputo pueden minimizarse si la estructura de los archivos de datos está en el mismo orden que la hoja de datos.

Tabla 3. Tópicos para la adquisición de datos y sección de control de calidad de un diseño de investigación.

-
1. Colecta de datos.
 2. Registro de datos.
 3. El número de personas que toman medidas y registran datos.
 4. El número y tipos de medidas de control de calidad para verificar la exactitud y consistencia de los datos colectados.
 5. Captura de datos en archivos de computadora.
 6. Almacenaje de originales y copias de las hojas de datos y archivos de computadora.
 7. Asignación de tareas y responsabilidades.
 8. Análisis de datos.
-

Control de Calidad

Muchos esfuerzos de investigación van más allá del alcance de un investigador y algunos requieren muchos asistentes de campo y laboratorio. Si más de una persona está involucrada en realizar mediciones y observaciones, así como en el registro de datos, es importante que los resultados sean consistentes y repetibles entre el personal. La exactitud (qué tan cercanas están las medidas de las dimensiones reales de un objeto) y la precisión (qué tan cercana es una medida de otra si es tomada por más de una persona) requeridos para un parámetro particular de medición van a determinar que tanto entrenamiento necesita el personal y la frecuencia necesaria de la calibración de los instrumentos.

La consistencia de las medidas entre el personal es crítica para la confiabilidad de la colecta de datos ya que detectar diferencias estadísticas depende del grado de mayor variación de un parámetro cuando es comparado con tratamientos, años, o sitios. Por ejemplo, la validez de las comparaciones entre número de poblaciones y años o entre dos áreas depende de: 1) si el nivel del esfuerzo y consistencia en la colecta de datos fue similar para cada período o área, 2) si las técnicas empleadas para obtener los datos y el análisis de datos fueron similares, y 3) si el mismo investigador o investigadores con entrenamiento similar colectan los datos cada año. Además, la confiabilidad de la detección estadística de diferencias depende del grado de variabilidad de los parámetros que se comparan entre años o entre sitios.

Manejo de Datos

De ser posible, se debe usar una computadora personal para el almacenamiento, edición y manejo de los datos. Se debe usar un programa de hojas de cálculo o un programa de manejo de bases de datos relacionales (hay muchas versiones de ambos en el mercado). Algunos programas permiten al usuario desarrollar una estructura de pantalla que se asemeja a una hoja de datos, característica que puede ayudar a reducir errores en la captura de los datos. Los programas de manejo de datos también ofrecen procedimientos para detectar errores y funciones para la manipulación de los datos, tales como ordenar o indexar los datos (arreglando los datos de forma específica), consulta sobre los datos (conteo o presentación de categorías de los datos), y la habilidad de construir programas personalizados que resuman los datos automáticamente (medias, mínimos, máximos, y desviaciones estándar). Muchos de estos programas también contienen algunas opciones para graficar que permiten realizar una inspección visual de los datos. Las características de estos programas son de gran ayuda en el manejo de datos, y dan opciones para transferir datos a otros formatos para usarlos en paquetes estadísticos y sofisticados graficadores científicos.

El archivo maestro de datos debe estar etiquetado y debe contener los últimos datos, y representa los cambios más recientes. La captura de los datos, así como el análisis, nunca deben hacerse directamente en el archivo maestro. Los datos deben capturarse y editarse en archivos independientes, y después agregarse en el archivo maestro. Los respaldos del archivo maestro deben hacerse y guardarse en lugares separados. Además, la persona responsable de la edición y manejo de los datos, y el almacenamiento de los respaldos debe estar claramente identificada.

Personal

El personal representa una de las partes más costosas de muchos proyectos de investigación. Contratar gente con motivación y objetivos encauzados hacia el proyecto, darles entrenamiento adecuado y orientación, tiene obvios beneficios para el esfuerzo de investigación. Sin embargo, reconocer estas características en los asistentes de campo potenciales puede ser difícil. Un ejercicio que la gente consciente practica, o puede ser entrenada para realizar, es hacerse a si mismos las siguientes preguntas antes de

iniciar un trabajo: (1) ¿Entiendo claramente las metas inmediatas y a largo plazo del trabajo? (2) ¿Sé cómo lograr las metas? (3) ¿Tengo los suministros necesarios y equipo completo para el trabajo?

Si cada persona (incluyendo al investigador principal) involucrada en un proyecto de investigación se pregunta estas cuestiones todos los días, el tiempo invertido puede ser ampliamente reducido. Después de que el trabajo ha finalizado, siempre se debe hacer otra pregunta: (4) ¿Estoy comunicándome apropiada y adecuadamente con los demás involucrados con el proyecto sobre los problemas, resultados y decisiones que hice mientras se completaba la tarea? La falta de comunicación entre los investigadores es uno de los problemas más frecuentes en una investigación conducida por un equipo.

Resumen

El valor de un proyecto de investigación está determinado no sólo por los nuevos datos obtenidos, sino cómo esta investigación complementa investigaciones previas y contribuye a nuestro entendimiento de tópicos biológicos amplios o prueba teorías, conceptos ecológicos amplios o problemas generales de conservación y manejo de la biodiversidad. Así como preguntas de investigación individuales influyen la calidad de los datos colectados, grupos de preguntas relacionadas dentro del proyecto de investigación influyen la calidad de metas trascendentes de investigación tales como la síntesis de tópicos generales (p. ej., causas de la regulación y dinámica poblacional; fuentes de variación en intervalos de crecimiento entre individuos o poblaciones) y el desarrollo de nuevas preguntas e hipótesis que guiarán las investigaciones futuras.

Agradecimientos

Las versiones previas a este capítulo mejoraron por comentarios de Kurt Buhlmann, Nat Frazer, J. Whifield Gibbons, Nancy Dickson, Mark Komoroski, y Roy Nagle. El escrito fue apoyado por Financial Assistance Award Number DE-FC09-96SR18546 del U.S. Department of Energy to the University of Georgia Research Foundation.

Literatura Citada

Manly, B. F. 1992. *The Design and Analysis of Research Studies*. Cambridge University Press. Cambridge, England. 353 pp.

Montgomery, D. C. 1984. Design and Analysis of Experiments. Segunda Edición. Wiley, New York.

Reis-Lehrer, L. 1995. Grant Application Writers Handbook. Jones and Barlett, Boston. 472 pp.

Sokal, R. R. y J. F. Rohlf. 1995. Biometry: the Prin-

ciples and Practice of Statistics in Biological Research. Tercera Edición. W. H. Freeman, New York. 867 pp.

Winer, B. J. 1971. Statistical principles in experimental design. Segunda Edición. New York, McGraw-Hill. xv + 907 p.

Sistemas de Adquisición de Datos para el Seguimiento del Comportamiento y la Fisiología de las Tortugas Marinas

Scott A. Eckert

Hubbs-Sea World Research Institute, 2595 Ingraham Street, San Diego, California 92109 USA;

Tel: +1 (619) 226-3872; Fax: +1 (619) 226-3944; email: seckert@hswri.org

El desarrollo de tecnologías de microchips y microprocesadores, junto con el mejoramiento en diseños de batería, ha permitido a los investigadores expandir el estudio de la biología de las tortugas marinas de formas que sólo pudieron ser imaginadas hace pocos años. Nuevas tecnologías permiten la adquisición de datos sobre comportamiento, fisiología, uso del hábitat y movimientos migratorios a un costo razonable y sin requerimientos logísticos que una vez fueron formidables. Este capítulo describe algunos de estos métodos, cómo y cuándo usarlos y cómo evitar abusar de ellos.

Telemetría de Muy Alta Frecuencia (VHF, por sus siglas en inglés)

La telemetría VHF es probablemente la más vieja y simple tecnología electrónica que ha sido aplicada a tortugas marinas. Generalmente el objetivo es determinar la ubicación de la tortuga a distancias demasiado lejanas para detección visual, o como guía para la verificación visual de la posición de una tortuga. En su forma más básica, el sistema consiste de un radio transmisor de frecuencia estable, un receptor capaz de detectar la frecuencia del transmisor y una antena capaz de detectar a la dirección. Usualmente una brújula o una rosa de los vientos (donde el perímetro del disco está dividido en grados representando la dirección de la brújula) se asocia con la antena para indicar dónde se localiza el transmisor en relación con el receptor. El técnico de rastreo simplemente gira la antena y registra la lectura que da la señal más fuerte. Cada transmisor es ajustado a una frecuencia específica y los individuos son identificados por estas frecuencias únicas; o, alternativamente, por la tasa de repetición de la señal (este último método es poco común). Se registran dos

lecturas simultáneamente (o más o menos cercanas) desde dos receptores en ubicaciones separadas, la intersección de estas lecturas estima la ubicación de la tortuga. Un número de estudios publicados informa de los resultados del rastreo de tortugas por VHF (p. ej., Dizon y Balazs, 1982; Mendonça y Ehrhart, 1982; Mendonça, 1983; Keinath, 1986; Chan *et al.*, 1991), y de éstos, así como de estudios de otros taxa, puede encontrarse información sobre proveedores comerciales de equipo.

Las ventajas de la técnica VHF incluyen su simplicidad, un número relativamente grande de materiales de referencia y costos comparativamente menores. La desventaja más grande (y el problema que se pasa por alto más frecuentemente) es su precisión relativamente pobre. Pocos técnicos calificados logran una precisión de menos de $\pm 5^\circ$. Por consiguiente, la "ubicación" resultante no es exacta, sino que cae dentro un polígono cuyos márgenes son determinados por el ángulo de la lectura de la brújula y la precisión del técnico en particular. Por ejemplo, la ubicación precisa de una tortuga a 15-20 Km de una estación receptora con 5° de error de medición cae dentro de un polígono cuya área es de 16 Km² (Figura 1). Los técnicos deben estar profundamente versados en métodos para corregir errores inherentes (ver White y Garrot, 1986, 1990; Zimmerman y Powell, 1995). Una segunda desventaja es que los transmisores deben estar en la superficie para ser detectados. Para algunas especies de tortuga, la salida a la superficie puede ocurrir sólo unos pocos segundos una vez cada hora, reduciendo mucho alguna oportunidad para triangulación. Cuando éste es el caso, se recomienda una tasa de repetición rápida (p. ej., 0.25-0.5 pulsos por segundo). La vida de la batería es reducida más rápidamente en este caso, pero el técnico

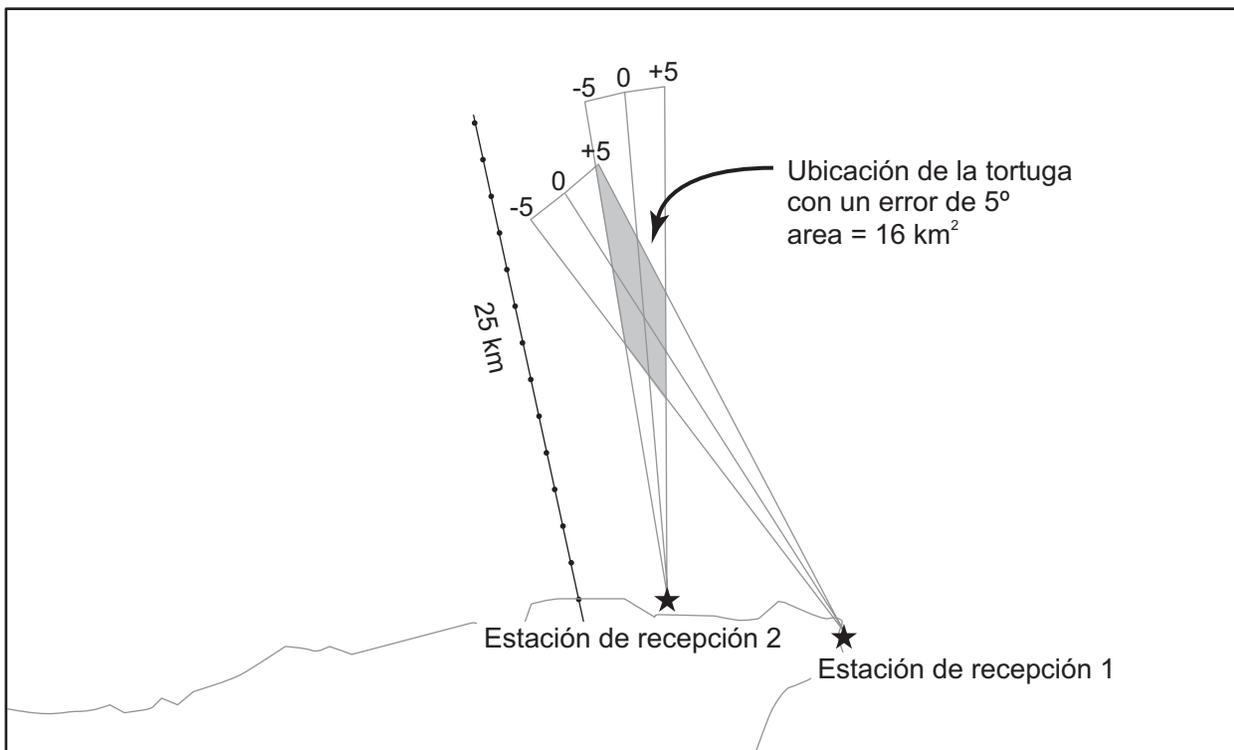


Figura 1. Ubicación del polígono establecido usando telemetría VHF con un error de medición de 5 grados.

recibe más pulsos por unidad de tiempo, aumentando su habilidad para localizar la señal. Finalmente, la variación diaria en factores abióticos (p. ej., lluvia, humedad, interferencia de radio) puede degradar la calidad de la señal.

Telemetría Sónica

En muchas formas (p. ej., la percepción y triangulación de una señal), el rastreo sónico es similar al rastreo VHF. En contraste a la telemetría VHF, que se basa en ondas de radio transportadas por el aire, las señales sónicas son transmitidas bajo el agua, y en lugar de una antena direccional, se utiliza un hidrófono direccional para rastrear las tortugas debajo de la superficie. La técnica está bien desarrollada, es absolutamente segura y, aunque generalmente más costosa que la telemetría VHF, es disponible a un precio razonable. Los transmisores sónicos pueden codificar datos, tales como temperatura o profundidad, dentro de la señal. Finalmente, la telemetría sónica es con frecuencia más precisa en relación al grado de error asociado con la lectura de la brújula, sin embargo, aún hay un gran número de errores potenciales que deben ser señalados (ver Collazo y Epperly, 1995). La principal desventaja es que el alcance es limitado y la investigación debe realizarse desde un bote. Por otra parte, las señales sónicas son más susceptibles a interferencia y rebote que las ondas de radio VHF

por lo que las condiciones ambientales pueden afectar notablemente los resultados. Ya que inherentemente existe más interferencia por ruido (biótico y abiótico) bajo el agua, los receptores deben incorporar filtros eficaces. Las señales sónicas pueden ser degradadas por la alta carga de partículas que existe en el agua y bloqueadas completamente por estructuras submarinas. Es aconsejable comprar el mejor receptor posible para asegurar la incorporación de las ventajas de tecnologías superiores en la reducción de ruido.

Transmisores de Satélite y Enlace Satelital para el Registro de Datos

La telemetría por satélite proporciona un medio superior para el seguimiento de movimientos a larga distancia, así como varios parámetros de la conducta, y ha sido usada exitosamente por un número de investigadores (p. ej., Hays, 1993; Plotkin *et al.*, 1995; Morreale *et al.*, 1996; Beavers y Cassano, 1996; Eckert y Sarti, 1997; Eckert, en prensa)

Actualmente, ARGOS CLS proporciona el único sistema satelital orbitando la Tierra capaz de establecer ubicaciones diarias globales de los transmisores colocados en animales silvestres. El sistema consiste en dos satélites TIROS-N en órbitas bajas circumpolares, con receptores de radio a bordo y unidades transmisoras, una serie de estaciones receptoras con base en la Tierra, y varios Centros de

Procesamiento Global (GPCs, por sus siglas en inglés). [N.B. Al momento de escribir este texto, un tercer satélite ha sido puesto en línea pero su futuro es todavía incierto]. Cada satélite completa una órbita en 101 minutos, cruzando el ecuador a una hora fija cada día. La franja de terreno cubierto durante cada pasada tiene aproximadamente 5,000 Km. de ancho y se traslapa en el ecuador 2,100 Km. con la que la antecede. La cantidad de traslape se incrementa con la latitud, de manera que la cobertura satelital (de dos satélites) en una ubicación específica aumenta desde seis pasadas del satélite por día en el ecuador a 28 pasadas por día en los polos. El satélite está dentro del rango de recepción de radio en cualquier punto de la Tierra por unos 10 minutos. Todos los transmisores utilizan la misma frecuencia, 401.65 MHz, con poder efectivo de rendimiento de transmisión entre 0.25-1.0 watts. La tasa de repetición es limitada por ARGOS a 40 segundos. Codificada en cada transmisión se encuentra una señal de identificación, así como datos de los sensores en cada transmisor.

Las ubicaciones de los transmisores, las cuales son reportadas como latitud y longitud, son calculadas por ARGOS usando el efecto Doppler. A medida que el satélite se acerca al transmisor, la frecuencia de la señal transmitida aumenta; a medida que el satélite se aleja, la frecuencia baja. Por comparación de estos valores a la frecuencia conocida del transmisor, se puede calcular la distancia (y subsecuentemente el ángulo del transmisor relativo al satélite). Dado que la zona de recepción de cada satélite es cónica, el cono intersecta cualquier elevación particular en la Tierra en dos puntos. Estos dos puntos son reportados como las dos posibles ubicaciones del transmisor. Las ubicaciones presentadas por ARGOS son de exactitud variable y son clasificadas por ARGOS como 3, 2, 1, 0, A, B o Z con “3” el más exacto y “0” el menos exacto. Un número de factores afecta la calidad de la ubicación, incluyendo número de enlaces con el satélite, el tiempo transcurrido entre enlaces, y la calidad de señal. Las clases de ubicación (LC, por sus siglas en inglés) A, B y Z pocas veces tienen ubicaciones asignadas a ellas. LC 3, LC 2 y LC 1 son reportadas por ARGOS con precisiones de <150m, <350 m y <1000 m, respectivamente, mientras LC 0 es >1000m.

Las precisiones reportadas por ARGOS representan probabilidades y pueden variar. Por esto, es prudente que los investigadores realicen pruebas en campo de cada transmisor antes de su colocación. Es esencial realizar rutinariamente un análisis poste-

rior de las ubicaciones reportadas; cualquier ubicación poco realista deberá ser descartada. El criterio usado en la edición de la base de datos debe ser reportado en cualquier resultado publicado. Para una discusión más amplia sobre la precisión de la ubicación del satélite, se remite al lector a Keating *et al.* (1991) y Stewart (1997). Ya que ARGOS está continuamente mejorando la exactitud de sus ubicaciones reportadas, las críticas anteriores pueden resultar obsoletas.

La mayor ventaja de esta técnica es la habilidad de transmitir otros datos además del de la ubicación. Algunos fabricantes de transmisores de satélite los equipan con sensores capaces de reportar datos sobre la temperatura del agua, profundidad y tiempo de la inmersión, así como otra información. Con un microprocesador a bordo para controlar la adquisición de datos y recopilar los datos para transmisión, la única limitación es que la adquisición de datos es restringida a la capacidad de la plataforma de ARGOS para manejar el flujo de información. La mayor desventaja es el costo. Los transmisores cuestan US\$ 1,800-4,200 cada uno y el tiempo de uso del satélite se aproxima a US\$ 4,000 por año por transmisor (aunque también existen tarifas con descuento). Por otra parte, el análisis de datos requiere un técnico calificado. No obstante, el potencial para vigilar los movimientos y patrones de comportamiento de múltiples tortugas por un año o más, a grandes distancias, supera las desventajas ya que, por ejemplo, intentar reunir datos equivalentes por otros medios (p. ej., rastreo por bote) sería mucho más costoso y probablemente produciría datos de mala calidad.

Sistemas Híbridos y Avanzados de Telemetría

El desarrollo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), el cual utiliza un sistema de satélites geosincrónicos y un receptor en tierra, tiene gran potencial para el rastreo de fauna. Los receptores comerciales son relativamente económicos (<US\$ 100 para diseños simples) y tienen una exactitud típica de 100 m (la precisión puede ser mejorada a unos pocos metros en áreas donde se dispone de recepción diferencial). Existe un interés general para adaptar el GPS al rastreo de fauna por lo que varias compañías y laboratorios están actualmente desarrollando instrumentos, se están probando varias configuraciones y ya se han activado algunos prototipos en especies terrestres. Un modelo de receptor GPS simplemente almacena ubicaciones a

intervalos predeterminados para su posterior recuperación, un segundo modelo retransmite la información sobre frecuencias de radio VHF (u otro de corto alcance), y un tercer modelo transmite datos de ubicación por medio del sistema de satélites ARGOS. La ventaja del último modelo es que permite una referencia de ubicación precisa en una sola transmisión, en contraste con las 3 a 5 transmisiones (enviadas cada 40 segundos por lo menos) que se requiere actualmente por ARGOS para establecer una posición. Al momento de escribir este capítulo, ninguno de estos sistemas estaba disponible comercialmente para telemetría de fauna marina.

Dispositivos para la Geolocalización

Originalmente desarrolladas para mamíferos marinos (DeLong, 1992), estos instrumentos colectores de datos utilizan la duración del día y el tiempo de la salida del sol y la puesta del sol para estimar su latitud y longitud. El instrumento consiste en un reloj exacto y un microprocesador con sensores para medir presión, temperatura y nivel de luz. La precisión es usualmente de 1°, excepto durante periodos de equinoccio cuando puede ser más variable. Dos configuraciones están disponibles. La primera sólo almacena una ubicación en un intervalo preprogramado (usualmente diario) hasta que el dispositivo es recuperado, y el segundo (que pronto debe estar disponible comercialmente) es acoplado a un transmisor satelital y a un mecanismo de tiempo. En el último caso, el dispositivo se separa por sí sola y flota hacia la superficie para transmitir sus datos de ubicación almacenados utilizando las plataformas satelitales ARGOS. Actualmente estos dispositivos se usan para estudios de mamíferos marinos y peces migratorios. Las ventajas incluyen un costo razonable (aprox. US\$ 1,300 por dispositivo básico; US\$ 3,000-4,000 por la etiqueta de autoliberación) y capacidad de autolocalización independiente del tiempo en superficie. La principal desventaja es una resolución relativamente gruesa (1°) y la necesidad de recuperar el dispositivo.

Grabadoras Tiempo-Profundidad (TDR)

Los TDRs, por sus siglas en inglés, son instrumentos electrónicos para el registro de datos, a menudo controlados por microprocesadores, que utilizan transductores para monitorear presión (profundidad) y almacenan datos en intervalos

predeterminados. Los resultados pueden ser integrados a lo largo del tiempo para determinar profundidad y tiempo de las inmersiones, tasas de ascenso y descenso, tiempo de fondo y otras variables de comportamiento. El TDR ha sido utilizado con éxito en el buceo de mamíferos marinos, aves y tortugas marinas (p. ej., Kooyman *et al.*, 1983, 1992; Eckert *et al.*, 1996). El precio es relativamente bajo considerando la resolución de los datos aunque también se requiere la recuperación de los instrumentos. La precisión es típicamente buena pero varía entre fabricantes. Deben incorporarse dentro del TDR algunas formas de rectificación del error del transductor (o dentro del software para el procesamiento de datos) para corregir los cambios en la calibración que puedan ocurrir durante la instalación del instrumento. Además, la mayoría de TDRs tiene resoluciones relativas a su intervalo máximo (aunque han habido mejoras significativas recientes por parte de algunos fabricantes). Por ejemplo, un fabricante informa una resolución de 0.25 m para un TDR con un intervalo de 0-500 m, 0.5 m para un intervalo de 0-1,000 m, y 1.0 para un TDR con un intervalo máximo de 2,000 m. Es importante elegir un TDR con la configuración más conveniente para especies objetivo y los intereses del investigador. Para análisis de intervalos en superficie y tiempos de inmersión se deberá tomar en cuenta la resolución del instrumento.

Otros Instrumentos Registradores de Datos

El diseño básico de colector de datos utilizado con el TDR puede ser adaptado para registrar otra información tal como la temperatura, velocidad de nado, distancia recorrida o inclusive orientación sobre la brújula. Muchas de las desventajas relativas al entendimiento de las limitaciones en las medidas y su exactitud aplican como se describió para TDRs (arriba). Como es siempre el caso, se requiere de un entendimiento de la biología básica de la especie objeto. Por ejemplo, si un registrador de velocidad de nado tiene una velocidad mínima para iniciar el funcionamiento (la velocidad mínima a la cual el impulsor comienza a girar) de 1m/seg, entonces no sería útil para tortugas con velocidad de nado promedio por debajo de 1m/seg. Además, se debe tener cuidado en el análisis de datos, tomando en consideración que los registros de velocidad "0" pueden realmente representar periodos cuando la velocidad de la tortuga estaba por debajo de la velocidad mínima

del contador- la tortuga podría realmente no haber estado inmóvil.

Contador de Tasa Cardíaca (HRC)

Los HRCs son un tipo especial de registrador de datos. Hay dos variedades disponibles: la grabadora analógica y el contador digital. La grabadora analógica es esencialmente una grabadora de electrocardiogramas (ECG) que, en la mayoría de los casos, usa una cinta magnética para registrar la información. La tasa de muestreo es usualmente alta (mayor a 60 muestras por segundo) y la unidad tiene todas las ventajas y desventajas de una señal de ECG estándar, incluyendo la incapacidad para evitar interferencia por fuentes miogénicas. Probablemente las desventajas más significativas son su tamaño (cuando es diseñado para su activación bajo el agua) y el hecho de que la mayoría solamente son capaces de grabar a lo largo de unos cuantos días. Los contadores digitales solamente registran la porción de la onda R de la señal ECG para integrarla sobre el tiempo. La ventaja es que sólo almacena información sobre la tasa cardíaca (y no la señal ECG completa) por que puede ser almacenada en un paquete pequeño y totalmente electrónico. La desventaja es la dificultad que estas unidades tienen en distinguir señales que interfieren con la onda R. Como resultado son altamente propensos a proporcionar datos falsos que a menudo no pueden ser detectados durante el análisis. En su configuración actual (como contadores), su uso no es recomendado. Sin embargo, conforme la tecnología avanza, los registradores digitales de ECG (en vez de contadores) se harán disponibles y la nueva tecnología seguramente resolverá muchos de los problemas de precisión inherentes a los contadores digitales.

Empaque del Instrumento y su Fijación

Lo más esencial para el éxito de cualquier experimento de telemetría es el empaque y fijación del instrumento de adquisición de datos. Se debe de considerar un número de parámetros en el diseño. Primero y ante todo, el instrumento no debe interferir con el comportamiento o bienestar de la tortuga. Esta regla es inviolable, ya que esto es importante tanto desde el punto de vista ético como científico. Si el animal estudiado es perturbado por un instrumento fijado a él (limitado por arrastre excesivo o impedido

por dolor causado por el sistema de fijación del instrumento), no se comportará “normalmente” y los datos resultantes serán erróneos. Los fabricantes de los instrumentos a menudo dudan en fabricar paquetes de instrumentos siguiendo el diseño del investigador, debido a los factores de costo y la preocupación de que un nuevo empaque puede reducir el desempeño de un instrumento. Por lo tanto, resulta de la responsabilidad del investigador proponer nuevos empaques de instrumentos y realizar las pruebas de campo adecuadas.

Para minimizar las perturbaciones potenciales sobre el comportamiento, los empaques de los instrumentos deben tener un diseño lo más hidrodinámico posible. El perfil debe ser lo más bajo y liso posible, y debe contar con una forma de cuña tanto al frente como atrás (el diseño del extremo posterior del dispositivo es casi más importante que el frente, debido al efecto de turbulencia en el desempeño hidrodinámico). La forma apropiada se aproxima a una lágrima, o media lágrima (ahusada hacia la parte trasera). El tamaño y peso del paquete del transmisor son también importantes, pero menos que la forma hidrodinámica. En algunos casos hay ventajas en escoger un empaque comparativamente más grande si tiene un peso neutral en el agua, con un diseño eficiente. Se debe considerar también la velocidad de nado; el diseño hidrodinámico es mucho más crítico para el estudio de nadadores rápidos que para nadadores más lentos. La colocación del empaque en la tortuga es también importante. Se prefiere el tercio posterior del caparazón como punto de fijación, pero esto a menudo no es práctico para los transmisores que requieren maximizar la exposición de la antena.

La hidrodinámica del paquete también debe ser considerada con atención cuando se diseñen paquetes de instrumentos flotables. Demasiado a menudo los flotadores son diseñados y probados en un tanque, con poca consideración a su desempeño cuando es remolcado detrás de una tortuga. El resultado puede ser un dispositivo con resistencia al avance inaceptablemente elevado y/o un comportamiento inaceptable en el agua. Un error común es usar flotadores esféricos o con forma de bala. Cuando es jalado, un flotador esférico a menudo gira en espiral y crea gran resistencia; un flotador con forma de bala tiende a sumergirse debajo de la tortuga donde puede propiciar que se enrede en el fondo. Finalmente un problema hidrodinámico que frecuentemente se pasa por alto es la adhesión de epibiontes. La adhesión de

epibiontes incrementa la resistencia y reduce el desempeño del instrumento. Para uso a largo plazo (> 3 semanas), el paquete del instrumento (incluyendo la fijación) debe estar cubierto con una pintura de buena calidad que evite la adhesión de los epibiontes. El potencial para incrementar la resistencia al avance del instrumento causado por los epibiontes es alto.

Para la mayoría de las especies, la fijación de los instrumentos usando resina de poliéster o adhesivos epóxicos es adecuada. Beavers *et al.* (1992) proporciona una guía para trabajar con tortugas de carapacho duro. Hay una gran variedad de adhesivos que pueden asegurar un instrumento sobre las tortugas. Se deben de tomar cuidados con epóxicos de secado rápido. El calor generado por un epóxico de secado rápido puede quemar el tejido que se encuentra debajo del escudo afectado, causando un descascamiento en pocos días. Para uso a corto plazo con instrumentos pequeños, se pueden perforar pequeños hoyos a través del borde exterior de los escudos marginales a través de los cuales el instrumento se fija con alambres y se pega en su lugar. Si la abrasión del escudo marginal es una preocupación, es prudente montar el instrumento bajo el margen del caparazón en vez de arriba. El uso de tornillos para anclar el instrumento al caparazón no es recomendado debido a la posibilidad de penetrar los pulmones. Los pulmones de una tortuga marina están sujetos directamente bajo el caparazón y pueden ocupar un área sorprendentemente grande. En el caso de tortugas laúd, se recomienda pegar el paquete del instrumento a un arnés flexible. En este caso es particularmente importante considerar la adhesión de los epibiontes. El arnés debe ser construido para permitir separarse si la tortuga llega a enredarse, y debe tener algún sistema para su autoliberación por si nunca se vuelve a recuperar la tortuga (ver Eckert y Eckert, 1986).

Literatura Citada

Beavers, S. C., E. R. Cassano y R. A. Byles. 1992. Stuck on turtles: preliminary results from adhesive studies with satellite transmitters, p.135-138. *In:* M. Salmon y J. Wyneken (Compiladores), Proceedings of the Eleventh Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-302. U. S. Department of Commerce.

Beavers, S. C. y E. R. Cassano. 1996. Movements and dive behavior of a male sea turtle (*Lepidochelys*

olivacea) in the Eastern Tropical Pacific. *Journal of Herpetology* 30:97-104.

Chan, E. H., S. A. Eckert, H. C. Liew y K. L. Eckert. 1991. Locating the interesting habitats of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in Malaysian waters using radio telemetry, p.133-138. *In:* A. Uchiyama y C. J. Amlaner (Editores), Biotelemetry XI. Proceedings of the Eleventh International Symposium on Biotelemetry, Waseda University Press.

Collazo, J. A. y S. P. Epperly. 1995. Accuracy tests for sonic telemetry studies in an estuarine environment. *Journal of Wildlife Management* 59:181-188.

Delong, R. L. 1992. Documenting migrations of northern elephant seals using day length. *Marine Mammal Science* 8:155-159.

Dizon, A. E. y G. H. Balazs. 1982. Radio telemetry of Hawaiian green turtles at their breeding colony. *Marine Fisheries Review* 44:13-20.

Eckert, S. A. en prensa. Perspectives on the use of satellite telemetry and other electronic technologies for the study of marine turtles, with reference to the first year long tracking of leatherback sea turtles. *In:* S. P. Epperly y J. Braun (Compiladores), Proceedings of the Eighteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum U.S. Department of Commerce.

Eckert, S. A. y K. L. Eckert. 1986. Harnessing leatherbacks. *Marine Turtle Newsletter* 37:1-3.

Eckert, S. A., E. H. Chan, H. C. Liew y K. L. Eckert. 1996. Shallow water diving by leatherback turtles in the South China Sea. *Chelonian Conservation Biology* 2:237-243.

Eckert, S. A. y L. Sarti. 1997. Distant fisheries implicated in the loss of the world's largest leatherback nesting population. *Marine Turtle Newsletter* 78:2-7.

Hays, G. C. 1993. Assessing the nesting beach fidelity and clutch frequency of sea turtles by satellite tracking, p.203-213. *In:* I. G. Priede y S. M. Swift (Editores), *Wildlife Telemetry, Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York.

Keating, K. A., W. G. Brewster y C. H. Key. 1991. Satellite telemetry: performance of animal tracking systems. *Journal of Wildlife Management* 55:160-171.

Keinath, J. A. 1986. A telemetric study of the surface and submersion activities of *Dermochelys coriacea*

- and *Caretta caretta*. Tesis de Maestría en Ciencias, University of Rhode Island.
- Kooyman, G. L., J. O. Billups y W. D. Farwell. 1983. Two recently developed recorders for monitoring diving activity of marine birds and mammals, p.4. *In*: A. G. Macdonald y I. G. Priede (Editores), *Experimental Biology at Sea*. Academic Press, New York.
- Kooyman, G. L., Y. Cherel, Y. Le Maho, J. P. Croxall, P. H. Thorson, V. Ridoux y C. A. Kooyman. 1992. Diving behavior and energetics during foraging cycles in king penguins. *Ecological Monographs* 62:143-163.
- Mendonça, M. A. y L. M. Ehrhart. 1982. Activity, population size and structure of immature *Chelonia mydas* and *Caretta caretta* in Mosquito Lagoon, Florida. *Copeia* 1982:161-167.
- Mendonça, M. T. 1983. Movements and feeding ecology of immature green turtles (*Chelonia mydas*) in a Florida Lagoon. *Copeia* 1983:1013-1023.
- Morreale, S. J., E. A. Standora, J. R. Spotila y F. V. Paladino. 1996. Migration corridor for sea turtles. *Nature* 384:319-320.
- Plotkin, P. T., R. A. Byles, D. C. Rostal y D. Wm. Owens. 1995. Independent vs. socially facilitated oceanic migrations of the olive ridley, *Lepidochelys olivacea*. *Marine Biology* 122:137-143.
- Stewart, B. S. 1997. Ontogeny of differential migration and sexual segregation in Northern elephant seals. *Journal of Mammalogy* 78:1101-1116.
- White G. C. y R. A. Garrott. 1986. Effects of biotelemetry triangulation error on detecting habitat selection. *Journal of Wildlife Management* 50:509-513.
- White, G. C. y R. A. Garrott. 1990. *Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data*. Academic Press, Inc. Boston. 383 pp.
- Zimmerman, J. W. y R. A. Powell. 1995. Radiotelemetry error: Location error method compared with error polygons and confidence ellipses. *Canadian Journal of Zoology* 73:1123-1133.

Bases de Datos

Raquel Briseño-Dueñas y F. Alberto Abreu-Grobois

Banco de Información sobre Tortugas Marinas (BITMAR), Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, Apdo. Postal 811, Mazatlán, Sinaloa México 82000; Tel: +52 (69) 852848; Fax: +52 (69) 826133; email: raquel@servidor.unam.mx, abreu@ola.icmyl.unam.mx

Debido a las características del ciclo de vida de las tortugas marinas, las tendencias de su dinámica poblacional se analizan a partir de datos esenciales acumulados para muchos años, típicamente por más de una década e, idealmente, deberían estar basados en información para todos los estadios del ciclo vital. Aún así, la mayoría de las bases de datos están conformadas por datos colectados sobre hembras anidadoras; es decir por programas de monitoreo en playas. Cuando se recopilan apropiadamente, estos datos también pueden proporcionar una evaluación significativa y representativa de la dinámica poblacional. No obstante, el escenario comienza a complicarse progresivamente cuando los individuos que comprenden una unidad de manejo específica anidan en varias playas, necesitando el seguimiento en más de un sitio. Para obtener una representación correcta de la dinámica poblacional en este caso, los datos necesitan ser compartidos e integrados rápida y eficientemente entre localidades y algunas veces a través de fronteras nacionales. Los datos crudos por sí mismos tienen poco valor. Solamente a través de una compilación, organización, procesamiento y presentación apropiada comienzan a adquirir significancia. Las bases de datos estructuradas y propiamente manejadas aumentan la eficiencia de la información archivada y transferida.

Este capítulo describe un sistema de bases de datos modelo para información compatible con un Sistema de Información Geográfica (GIS). El modelo es aplicable para el manejo de datos a largo plazo de un solo proyecto de tortugas marinas y, si es adoptado por un programa que abarca varias playas de anidación, con intercambio de información entre los programas que colectan datos y las agencias que realizan el manejo, el modelo puede apoyar la colaboración

integradora dentro o entre naciones. En la aplicación que integre varios programas de monitoreo, se necesita un alto grado de estandarización en la metodología, terminología, etc. para permitir el intercambio y comparación de datos a través del espacio y el tiempo. El diseño presentado aquí incorpora extensamente de un sistema empleado para el manejo de información en el Indo-Pacífico (Limpus, 1995), así como de una base de datos nacionales sobre tortugas marinas en México (Briseño-Dueñas y Abreu-Grobois, 1994).

En general, el manejo de información de tortugas marinas a través de las bases de datos debe permitir: (1) tener información actualizada y suficiente, con el propósito de dar seguimiento al estado de conservación de las unidades de manejo individuales (unidades reproductivas) y la evaluación de programas de manejo y conservación; (2) almacenamiento y recuperación a largo plazo de datos sobre la biología de las tortugas marinas; (3) transferencia e intercambio rápido de información estandarizada entre programas de monitoreo y/o investigación; y (4) la acumulación de datos sobre parámetros poblacionales en periodos de tiempo largos, esenciales para realizar análisis robustos de dinámica poblacional. Se consideran dos niveles de organización: la organización de los participantes (especialmente si la base de datos maneja información de más de un proyecto) y la organización de los datos, o la estructura de la base de datos.

Organización de una Base de Datos

Organizando a los Participantes

Para proyectos regionales o multinacionales, los participantes deben ser seleccionados a partir de una variedad de organizaciones y jurisdicciones. Tal heterogeneidad en la afiliación indudablemente deberá

requerir de delicados acuerdos previos sobre el papel que cada parte tendrá en el manejo de la base de datos. Debe lograrse un acuerdo sobre los derechos y obligaciones de cada participante, la custodia de la base de datos y los estándares apropiados para el ciclo completo de información. Lo más común es que agencias de gobierno, universidades, ONGs, y (a veces) empresas privadas se encuentren involucradas en la toma de datos. A pesar de los asuntos de interés general (p. ej., la recuperación de poblaciones de tortugas marinas, el mantener la calidad en los datos), los compromisos y requerimientos a corto plazo pueden variar ampliamente entre los participantes del programa. Las autoridades, por ejemplo, necesitarán oportunamente reportes periódicos para evaluar el éxito de sus programas; los científicos requerirán de altos estándares en la calidad de los datos y la protección de su propiedad intelectual. La mayoría querrá garantizar un apropiado reconocimiento para los autores de los datos.

Principios a Considerar

Es necesario conciliar los requerimientos legales individuales y colectivos, particularmente cuando el proyecto incluye un conjunto complejo de participantes. En tal caso, es de utilidad establecer un grupo coordinador (algunas veces referido como “grupo central”), que deberá estar conformado por representantes a los que se les confíe las decisiones relacionadas con los procesos de manejo. El grupo central puede también realizar búsquedas, archivar documentos clave y publicaciones para distribución y mantener copias de respaldo de grupos de datos seleccionados para extremar las medidas de seguridad. Otras consideraciones adicionales incluyen: (1) derecho de acceso a los datos, tanto por usuarios que participan en el proyecto de desarrollo de las bases de datos como por personas ajenas al mismo; (2) protección de derechos intelectuales y reconocimientos correspondientes aceptables; (3) usos apropiados de los datos; (4) custodia; y (5) estándares de validación para los datos. El control sobre el acceso a los datos es relativamente fácil de lograr con los modernos programas de computación. En contextos multi-usuario se puede diseñar un arreglo de nombres de usuarios y palabras clave para dar acceso solamente a participantes acreditados. Si se desea, cada usuario puede ser controlado mediante diferentes grados de “privilegios” en el acceso a los datos. Por ejemplo, pueden implementarse restricciones de acceso (designadas como completas, limitadas o ninguna),

dependiendo del usuario, aplicadas a todo el conjunto de datos o inclusive a registros individuales.

Derechos de Autor

Quizá el punto más delicado en una base de datos que involucra muchas organizaciones, particularmente en el caso de instituciones académicas, es asegurar un respeto adecuado de los derechos de autor. Es esencial tener pautas claras para el uso apropiado de la información, particularmente cuando los datos colectados por una de las partes son requeridos por otra. En el caso de datos puestos a disposición para la consulta general por usuarios acreditados, puede ser suficiente con garantizar que la fuente sea acreditada siempre que los datos sean usados. Pero en casos donde los participantes proveen datos que se consideran delicados, es prudente tomar precauciones; en particular debido a las consideraciones que deben concederse a los privilegios de los investigadores para publicar descubrimientos originales. Una solución consiste en especificar ciertas restricciones de acceso por un periodo dado, dictaminado por el proveedor de los datos para registros específicos o conjuntos de datos. Las restricciones (datos existentes pero no disponibles para consulta) podrían ser mantenidas por un tiempo (p. ej., 1-2 años) considerado como razonable por los participantes en el programa.

Custodia

La ejecución de custodias disminuye varios problemas potenciales y ayuda a asegurar la estabilidad y calidad en la base de datos. En la ausencia de un custodio designado, algunas tareas importantes de manejo pueden duplicarse, descuidarse u omitirse. La custodia conlleva un fuerte compromiso para garantizar varios aspectos, incluyendo (tomado de WCMC; 1996) (1) Aconsejar a los usuarios sobre el uso de la base de datos, incluyendo los accesos permitidos y prohibidos (las incertidumbres o ambigüedades pueden señalarse para conjuntos de datos específicos); (2) Asegurar que las publicaciones, productos de información y todos los resultados derivados de la base de datos, reconozcan las fuentes originales y protejan los derechos de autor; (3) Coordinar la codificación estandarizada de parámetros aplicados a las principales variables de referencia (p. ej., localidades, organizaciones, personal, referencia geográfica); (4) asegurar que la base de datos esté actualizada, adecuadamente documentada y mantenida de tal manera que sea accesible a los usuarios; (5) Encargarse de una actualización periódica, guardar

respaldos y proteger adecuadamente contra virus; y (6) Proponer cambios ocasionales a la estructura y contenidos según sea necesario. El monitoreo de tortugas marcadas produce información que necesita consideraciones especiales, ya que los datos son de utilidad tanto para la parte que marca como la parte que recupera las tortugas marcadas. Las responsabilidades del custodio deben incluir la facilitación a este acceso, de nuevo con respeto a los derechos de autor.

La designación de la custodia puede no ser fácil. Las consideraciones legales pueden dictar que la custodia sea asignada a una agencia de gobierno, no obstante algunas veces puede alcanzarse mayor continuidad y calidad si la tarea es encomendada a una organización académica respetable. En general, la custodia debe ser conferida a la organización más familiarizada con la historia, características de manejo y usos potenciales de la base de datos. Puede ser necesario un amplio consenso cuando varios grupos concursan por el título. Principalmente, el grupo custodio debe ser técnicamente competente, inspirar confianza a los usuarios y tener una estabilidad aceptable a largo plazo. Organizaciones con fuentes financieras estables y un historial previo de trabajo de campo son buenos prospectos, siempre y cuando sean consideradas imparciales (sin conflictos de intereses).

Organizando la Información

La organización o estructura de la base de datos a adoptarse deberá contener suficientes campos para mantener la información sobre parámetros clave de

la dinámica poblacional de las tortugas marinas y estar distribuida de tal manera que se evite la redundancia de uso de espacio, mientras se facilita la búsqueda (o consulta) y recuperación de datos. Asimismo, dos niveles de capacidad de monitoreo en tortugas marinas deben ser reconocidos y soportados en una base de datos de amplia aplicación. Programas con suficiente experiencia y recursos generan datos de alta resolución, donde la información sobre tortugas individuales está disponible a través del monitoreo de la anidación o de marcado/recaptura. Programas caracterizados por recursos más limitados, con frecuencia no tienen seguimiento de tortugas individuales; sin embargo, los datos básicos son colectados en parámetros claves a partir de censos globales de toda la playa de anidación. La mayoría de los programas de monitoreo de tortugas marinas se encuentran de alguna manera entre estos dos tipos ya que frecuentemente es imposible en la práctica localizar, marcar, y monitorear incluso la mayoría de las tortugas que anidan en una playa, particularmente donde la población es abundante.

Validación

Validar la información contenida en las hojas de campo es esencial para la calidad en la base de datos. Desgraciadamente, en muchas aplicaciones de bases de datos, este aspecto es poco observado. Para el análisis eficiente de los datos, cada atributo y entrada de datos debe adherirse estrictamente y con total consistencia a los formatos establecidos. El uso de códigos numéricos para datos repetitivos ayuda a evitar

Tabla 1. Estructura del CATALOGO DE PLAYAS DE ANIDACIÓN (esencial)

elementos de la tabla	campos	notas
	— cada registro contiene datos descriptivos para una sola playa de anidación —	
· <i>fecha</i>	- fecha de ingreso del dato	
· <i>descriptores del sitio</i>	- <i>código de la playa</i> - nombre de playa, abreviación - otros nombres locales - tamaño total - del total, extensión protegida	preferiblemente definido por sistema de códigos nacional o internacional
· <i>localización</i>	- latitud, longitud - país, estado, municipio - punto de referencia (natural o población)	
· <i>f fuente del dato</i>	- nombre de la persona, afiliación, <i>código personal, código institucional</i>	sistema de códigos podría ligarse con bases de datos nacionales/internacionales de personas e instituciones
· <i>otros</i>	- otros parámetros significativos	ecosistemas, uso/tenencia del suelo, autoridad de manejo, desarrollos importantes, factores de impacto
· <i>notas</i>	- observaciones complementarias	

Tabla 2. Estructura para CENSO ANUAL EN PLAYAS DE ANIDACION (esencial)

elementos de la tabla	campos	notas
		— cada registro contiene datos de un solo sitio de anidación en un año dado —
· <i>fecha</i>	- fecha del ingreso de los datos	
· <i>descriptores del sitio</i>	- <i>código de la playa</i>	liga con CATALOGO DE PLAYAS DE ANIDACION
· <i>año/temporada</i>	- <i>temporada de anidación</i>	podría preferirse usar formato como 95/95 o 95/96 para acomodar temporadas que abarcan más de un año de calendario
· <i>localidad/temporada</i>	- <i>código de playa-temporada</i> (concatenado)	liga con Tabla ANUAL DE ANIDACIONES POR ESPECIE
· <i>cobertura del censo</i>	- extensión de la playa protegida durante la temporada indicada	permite la estimación de variaciones en el área censada
· <i>responsabilidad</i>	- autoridad u organización de manejo (gubernamental, internacional, universidad, etc.)	
· <i>f fuente del dato</i>	- nombre de la persona, afiliación, <i>código personal, código institucional</i>	sistema de códigos podría ligarse con bases de datos nacionales/internacionales de personas e instituciones
· <i>notas</i>	- observaciones complementarias	

Tabla 3. Estructura para Tabla de ANIDACIONES (alta resolución)

elementos de la tabla	campos	notas
		— cada registro contiene observaciones para un solo nido —
· <i>fecha</i>	- fecha de la puesta del nido	
· <i>número de registro del evento</i>	- <i>número de registro</i>	identificador para la observación, corresponde al núm de registro en hojas de campo, usar números ascendentes reiniciando cada año
· <i>código del evento</i>	- <i>código de evento</i> compuesto (formado al concatenar sitio+temporada+código de registro)	identificador único de registro, liga con TABLA CAPTURAS si se observó a la hembra, facilita el ordenamiento y señalamiento de registros por sitio de origen
· <i>datos de la nidada</i>	- número de nido - número total de huevos puestos - nidada completa o parcial - cuál nidada de la temporada - número de huevos incubados - huevos sin llema - huevos multiyema - cuantificación de otros descriptores de desarrollo embrionario (p. ej., desarrollo parcial)	
· <i>datos de los huevos</i>	- diámetro, peso	es mejor si se resume como media, desv. std., gama y tamaño de muestra; se puede usar medidas individuales pero se requerirían Tablas separadas
· <i>datos de la eclosión</i>	- número huevos eclosionados - número de crías muertas - número de crías deformes - número de crías liberadas - número de hembras	se pueden derivar estimados del porcentaje de eclosión a partir de estos datos se puede estimar la proporción sexual
· <i>datos del nido</i>	- profundidad hasta la parte superior/inferior de la nidada; - ubicación del nido en la playa	
· <i>destino de la nidada</i>	- código de reubicación	sitio final de la incubación (p. ej., <i>in situ</i> , vivero en playa, casa de incubación)
· <i>restricciones aplicables</i>	- aplican las restricciones? si/no - especificaciones de las restricciones - tiempo en que los datos deben permanecer restringidos	
· <i>f fuente del dato</i>	- nombre de la persona, afiliación, <i>código personal, institucional, o de cita bibliográfica</i>	sistema de códigos podría ligarse con bases de datos nacionales/internacionales de personas e instituciones, o bibliografía si el datos se obtiene de publicaciones
· <i>notas</i>	- observaciones complementarias	

errores tipográficos. La validación deber ser hecha en el punto de origen, antes de transferir la información a la base de datos global. Aunque algunos programas proporcionan una revisión automática de los errores más simples (por ej. verificar que todos los campos requeridos estén completos, cotejar las localidades referidas contra un catálogo maestro, asegurar que los datos constantes y repetitivos estén en los campos correspondientes), sólo una revisión directa de copias impresas de los datos incluidos en la base puede considerarse confiable para la detección de errores. Pueden implementarse archivos temporales para almacenar datos que serán transferidos a archivos maestros después de realizar una validación completa.

Compatibilidad, Equipo y Programas de Cómputo

De forma prioritaria, se necesita asegurar la compatibilidad en el proceso de intercambio de datos para que todos los participantes tengan acceso a la información. Mientras los métodos estandarizados son

básicos para reunir los datos, la compatibilidad en el equipo y programas de cómputo es también importante. No obstante que los programas modernos han facilitado la conversión de datos de un formato a otro, la compatibilidad está lejos de ser perfecta entre productos de diferentes compañías. Por esta razón la elección del software es crítica y, particularmente para aplicaciones multi-usuarios, es altamente recomendable seleccionar un solo producto, especialmente cuando se busque realizar análisis adicionales usando aplicaciones hermanas.

Existe una amplia selección de software para el manejo de bases de datos. Debe considerarse lo siguiente: (1) capacidad de volumen (¿es capaz de manejar el volumen de datos y el número de usuarios?); (2) expansión (¿puede hacer frente a futuros incrementos en el número de usuarios?, ¿contiene opciones fáciles de aprender para desarrollar las aplicaciones; por ej. pantallas de entrada, herramientas de consulta, opciones para escribir informes?); (3) ¿Es probable que el producto continúe

Tabla 4. Estructura para Tabla ANIDACIONES ANUALES POR ESPECIE (esencial)

elementos de la tabla	campos	notas
— cada registro contiene datos de una sola especie anidando en un sitio durante un año dado —		
	· <i>fecha</i> - fecha de ingreso de datos	
· <i>localidad/temporada</i>	- <i>código de playa-temporada</i> (concatenado)	liga con Tabla CENSO ANUAL DE PLAYAS DE ANIDACION
· <i>especie</i>	- especie, <i>código de especie</i> - management unit nesting here, <i>MU code</i>	especie y las unidades de manejo (MU) podrían ser identificadas con códigos numéricos para facilitar búsquedas; liga con Tabla de especies y MU (opcional)
· <i>datos de temporada y censo</i>	- período del censo, fechas - período estimado de las actividades de anidación, fechas - total de hembras contadas - total de tortugas muertas - total de nidos contados - conteo de nidos destruidos - conteo de huevos protegidos - estimado de huevos perdidos - conteo de crías liberadas - estimado de total de hembras, nidos, huevos - código de la metodología	permite estimación de variaciones en la cobertura de los censos entre temporadas especificar si es por conteo directo o estimado especificar si es crudo o procesado especificar si es crudo o procesado nidos saqueados, destruidos por eventos naturales
· <i>tamaño anual de la colonia</i>	- tamaño estimado (hembras, nidos) - metodología de la derivación	el valor debería incluir límites de confianza y fundamentación estadística
· <i>significancia para la conservación</i>	- <i>significancia</i> para <i>significancia</i> - código de significancia por especie	valoración por especie: p. ej., tamaño de colonia con relación al tamaño global de la MU
· <i>fuentes del dato</i>	- nombre de la persona, afiliación, <i>código personal, institucional</i> , o de <i>cita bibliográfica</i>	sistema de códigos podría ligarse con bases de datos nacionales/internacionales de personas e instituciones, o bibliografía si el datos se obtiene de publicaciones
· <i>notas</i>	- observaciones complementarias	

siendo soportado y renovado?; (4) ¿tiene el programa de investigación suficiente experiencia para el desarrollo de aplicaciones y mantenimiento del software? Frecuentemente, la elección del software estará balanceada entre seleccionar un paquete popular que sea de uso fácil, con una curva de rápido aprendizaje y suficiente poder para las aplicaciones de un proyecto modesto (las opciones más simples

tienen un costo de US \$100-1500; p. ej., Access, Paradox, dBase) y seleccionar un sofisticado sistema con máquinas especializadas en bases de datos diseñadas para un acceso eficiente de varios usuarios simultáneamente, varias plataformas y rápido acceso a distancia por 50 usuarios o más. En este último extremo, las bases de datos pueden contener más de 10⁶ registros y son recomendados los programas con

Tabla 5. Estructura para Tabla CAPTURAS (alta-resolución)

elementos de la tabla	campos	notas
—cada registro contiene observaciones de una sola tortuga —		
· <i>marca primaria</i>	- <i>número de la marca primaria</i>	liga con CATALOGO DE MARCAS; si es una tortuga recapturada, el número de la marca primaria debe ser confirmado del catálogo de marcas; si se trata de una marca secundaria, el registro debe ser reemplazado por el número <u>primario</u>
· <i>marca</i>	- presencia/ausencia de marcas - status (aplicación por primera vez de marca, recaptura, reemplazo de marca vieja) - posición de la marca - presencia/ausencia de cicatriz o cicatrices de marca	el status debería ser codificado para permitir señalamiento
· <i>fecha</i>	- fecha de la observación	
· <i>número de registro del evento</i>	- <i>número de registro</i>	identificador de la observación, de la hoja de campo. Si anidó, será el mismo número que el registro en Tabla de ANIDACIONES (liga)
· <i>descriptores de la tortuga</i>	- <i>código de evento</i> compuesto (formado al concatenar sitio+temporada+código - grado de madurez - sexo - especie	igual que en Tabla ANIDACION (liga) si la captura es en playa de anidación, de otra manera codificación independiente para captura en otros hábitats
· <i>medidas de la tortuga</i>	- largo de caparazón (curvo o recto) - carapace width (curved or straight) - peso de la tortuga - largo de la cola (desde el caparazón, plastrón, cloaca) - longitud de cabeza (largo, ancho)	el tipo de medida debe ser estandarizado (puede usarse mas de uno pero en campos separados)
· <i>actividad primaria</i>	- actividad observada de la tortuga	dentro del contexto del ciclo de vida
· <i>método de captura</i>	- método de captura	
· <i>salud y condición de la tortuga</i>	- salud, condición, varamiento	pueden ser necesarios varios campos y podrían incluir información sobre tortugas varadas
· <i>acciones experimentales adicionales</i>	-	opcional, relacionado con proyectos específicos
· <i>localidad</i>	- latitud, longitud si la tortuga fue capturada en alta mar, o, sector en un sistema de red national/regional - <i>código de playa</i> si encontrada en playa	liga con CATALOGO DE PLAYAS DE ANIDACION
· <i>historia reproductiva de la tortuga</i>	- intervalo de remigración - número total de nidadas en la temporada	
· <i>restricciones aplicables</i>	- aplican las restricciones? si/no - especificaciones de las restricciones - tiempo en que los datos deben permanecer restringidos	
· <i>f fuente del dato</i>	- nombre de la persona, afiliación, <i>código personal, institucional, o de cita bibliográfica</i>	sistema de códigos podría ligarse con bases de datos nacionales/internacionales de personas e instituciones, o bibliografía si el dato se obtiene de publicaciones
· <i>notas</i>	- observaciones complementarias	

Tabla 6. Estructura del CATALOGO DE MARCAS (alta resolución)

elementos de la tabla	campos	notas
— cada registro contiene datos para una sola marca —		
· <i>marca primaria</i>	- número de la <i>marca primaria</i> - información del remitente (institución/dirección de contacto) - tipo de marca y/o material - posición de la marca en el cuerpo de la tortuga	éste es el primer número de marca aplicado y debe ser usado para identificar a la tortuga a través de su vida; cuando se aplican marcas adicionales, este número se repite para facilitar su referencia cruzada; puede ser conveniente separar el prefijo alfa-numérico y las porciones numéricas del número en campos separados.
· <i>marca secundaria</i>	- número de la marca aplicada - información del remitente (institución/dirección de contacto) - tipo de marca y/o material - posición de la marca en el cuerpo de la tortuga	marca de reemplazo o marcas <u>adicionales</u> múltiples
· <i>fecha</i>	- fecha de ingreso de la información	
· <i>marcas especiales</i>	- número de marca, posición	descripción del tipo
· <i>fuentes del dato</i>	- nombre de la persona, afiliación, <i>código personal, código institucional</i>	sistema de códigos podría ligarse con bases de datos nacionales/internacionales de personas e instituciones.
· <i>código de la observación</i>	- <i>código del evento</i>	liga con Tabla CAPTURA
· <i>notas</i>	- observaciones complementarias	

base Unix (el software más caro puede costar más de US \$10 000; p. ej., el SQL Server y Oracle).

La selección del tipo de computadora (p. ej., PC-IBM, Macintosh, UNIX) casi se ha convertido en una cuestión de menor importancia, conforme los fabricantes se dirigen hacia mayores capacidades de integración, particularmente entre y dentro de redes conectadas local o a distancia. Cuando se concibe un proyecto grande de base de datos, solamente se deben considerar servidores especializados. La conexión para permitir un rápido intercambio de los datos entre individuos y organizaciones es ahora posible y económica gracias a la actual comunicación electrónica entre redes de área local (LAN) o entre estaciones remotas empleando el Internet (ya sea para búsquedas por lotes en correo electrónico o consultas interactivas a través de una interface en el World Wide Web). Todo el software moderno tiene capacidad para la búsqueda remota de datos por cualquiera de estas vías. En todos los casos se recomienda buscar asesoría experta, particularmente debido a que la integración de software, el desarrollo de requerimientos y el análisis adicional de datos requerirá de cierto grado de programación.

Documentación de una Base de Datos

Frecuentemente existe información que es subutilizada debido principalmente a que su localización, contenido y aplicaciones son desconocidas. Para evitar esto, las bases de datos deberán incluir una documentación adecuada, proveyendo descripciones de la estructura, nombre, formato y campos (diccionarios de datos) junto con información de la localidad y normas respecto al acceso a los datos. Como un todo, estos metadatos (“datos sobre datos”) pueden aclarar a los usuarios el contenido, funciones y manejo de una base de datos. Esto fomenta el trabajo en colaboración y la consulta adicional para las prácticas de manejo; asimismo se facilita el compartir, unir y mejorar las bases de datos existentes.

Aplicación de una Base de Datos

El modelo de base de datos presentado aquí emplea un diseño relacional, con entidades básicas (tablas) que mantienen los datos en un grupo de filas (los registros) y columnas (los campos). Como su nombre lo indica, las tablas están “relacionadas” o “vinculadas” operacionalmente a través de campos comunes. Por simplicidad, los formatos de campo

(nombre, tipo, tamaño) no son especificados y las descripciones del contenido aparecen de manera genérica por lo que se requerirá la asignación final por alguien con experiencia en la construcción de bases de datos (las asignaciones deberán convenir a las necesidades individuales). Pueden solicitarse a los autores copias de una base de datos documentada en operación, que adopta el mismo diseño básico, para ejemplificar una aplicación de trabajo.

Los parámetros considerados esenciales para los objetivos de conservación de las tortugas marinas se distribuyen en tablas separadas siguiendo una organización lógica y temática. Este diseño modular evita la redundancia mientras facilita el uso de algunas de las tablas dependiendo de las necesidades inmediatas (o limitaciones) del proyecto y extendiéndose a otros parámetros conforme se incrementan las capacidades. Los parámetros considerados como esenciales están contenidos en campos en las tablas CATALOGO DE PLAYAS DE ANIDACION; CENSO ANUAL DE PLAYA y ANIDACIONES ANUALES POR ESPECIE. Como mínimo, un programa de monitoreo puede generar datos para estas tablas, que pueden estar complementados por datos encontrados en publicaciones históricas o actuales. Conforme las capacidades se extiendan, datos de alta resolución, rigurosamente colectados (p. ej., basados en el monitoreo de tortugas marcadas individualmente) pueden agregarse a la base de datos implementando las tablas restantes de ANIDACIONES, CATALOGO

DE MARCAS y CAPTURAS.

Los registros anuales pueden ser vistos como importantes medios con los cuales se sintetizan los principales parámetros que facilitan la evaluación de los resultados de conservación playa por playa, incorporando importantes piezas de información acerca de factores tales como áreas censadas de playa y mortalidad (saqueo, varamientos, desastres naturales, etc.) que normalmente son evaluados sobre una base global. Por ejemplo, la recopilación de datos a través del uso de las tablas ANUALES puede ser usada para valorar el estado de conservación en conexión con los objetivos de recuperación o puntos de referencia (p. ej., número de anidaciones por temporada).

Literatura Citada

Briseño-Dueñas, R. y F. A. Abreu-Grobois. 1994. Las Tortugas Marinas y sus Playas de Anidación. Informe Final del Proyecto UNAM-CONABIO PO66. Octubre de 1994. 57 pp.

Limpus, C. 1995. Conservation of Marine Turtles in the Indo-Pacific Region. 6. Indo-Pacific Marine Turtle Database. Informe Final. Conservation Strategy Branch, Queensland Department of Environment and Heritage. August 1995. 26 pp.

World Conservation Monitoring Centre. 1996. Guide to Information Management in the Context of the Convention on Biological Diversity. U.N. Environment Programme, Nairobi, Kenya. (disponible en http://www.wcmc.org.uk/capacity_building/docs.html)

Factores a Considerar en el Mercado de Tortugas Marinas

George H. Balazs

*National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center, Honolulu Laboratory,
2570 Dole Street, Honolulu, Hawaii 96822-2396 USA; Tel: +1 (808) 983-5733;*

Fax: +1 (808) 983-2902; email: gbalazs@honlab.nmfs.hawaii.edu

Introducción

Se marca a las tortugas marinas para lograr el reconocimiento de individuos o cohortes con fines de investigación. El marcado se realiza en la mayoría de los casos para obtener información sobre la biología reproductiva, movimientos, varamientos, distribución y tasas de crecimiento. Este capítulo cubre el uso de marcas externas e internas, excluyendo las técnicas de seguimiento remoto (transmisores sónicos y de radio, ver S. Eckert, este volumen), marcadores genéticos que ocurren de manera natural (ver FitzSimmons *et al.*, este volumen) registradores automático de datos que requieren recuperación electrónica de la información almacenada (ver S. Eckert, este volumen) y la inyección de tetraciclina u otras sustancias para marcar componentes esqueléticos.

El marcado de tortugas marinas, tal y como se define en este capítulo, incluye la aplicación externa, usualmente en las aletas, de una marca de metal o plástico inscrita con números y letras, la inserción en el cuerpo de una marca de alambre o un microprocesador que puede ser detectado con un instrumento electrónico, el marcado del caparazón u otra parte del cuerpo con pintura, o el grabado o cirugía menor para remover o alterar el tejido con el propósito de crear una marca externa reconocible.

Históricamente, el marcado ha sido la actividad más valiosa en el avance de nuestro conocimiento sobre las tortugas marinas y sus necesidades de conservación en relación con su complejo ciclo de vida, migraciones reproductivas, lentas tasas de crecimiento (para algunas especies) y madurez sexual tardía. En muchos casos, un compromiso para llevar a cabo el marcado sistemáticamente durante varios años puede ser necesario para lograr ciertos objetivos. Sin em-

bargo, en algunas instancias aún el marcado de unas pocas tortugas, particularmente en playas de anidación donde nunca se ha realizado marcado, puede proporcionar conocimiento valioso sobre las migraciones y localización de zonas de alimentación.

Desafortunadamente, la tecnología actual y técnicas para marcar efectivamente a las tortugas marinas no son perfectas. El grado de éxito en el marcado, en términos de retención de la marca y reconocimiento de la tortuga, puede ser altamente variable debido a múltiples factores que pueden incluir los siguientes: tipo de marca usado y cuándo y cómo se aplica a la tortuga; la especie de la tortuga y su intervalo de talla; la localidad geográfica y las características del ambiente marino; la habilidad de la persona que realiza el marcado; la condición del equipo de marcado; y el número de marcas aplicadas a cada tortuga.

Sólo algunos de estos elementos han sido estudiados y cuantificados cuidadosamente. En consecuencia, el investigador que inicia un programa de marcado debe tomar decisiones basadas en información incierta y frecuentemente confusa, tomando en cuenta que podrá tardar años o aún décadas en obtener resultados robustos. Un objetivo importante de este capítulo es proveer al lector con conocimiento básico de los factores que deben ser considerados, y las opciones disponibles para optimizar el éxito de un programa de marcado en términos de los objetivos requeridos.

El tiempo que se espera que la marca permanezca en la tortuga de manera que se cumplan los objetivos del programa es una consideración fundamental. Mientras más largo sea el tiempo deseado, más incierto será el resultado. Por tanto, la primer meta de un programa de marcado debe ser minimizar la pérdida

de marcas para asegurar el reconocimiento de los individuos, sin causar ningún daño permanente a la tortuga debido al proceso de marcado. La segunda meta crítica es medir la tasa de pérdida de marcas de manera que se interpreten correctamente los datos obtenidos y, con base en éstos, ajustar las técnicas de marcado de modo correspondiente.

La consideración de los factores y limitaciones mencionadas arriba, es esencial para un nuevo programa de marcado o el mejoramiento de uno existente. Los métodos que pueden ser exitosos en una localidad, bajo un cierto conjunto de circunstancias, pueden ser inadecuados en otros sitios. En resumen, en la actualidad el marcado de tortugas marinas puede considerarse parte ciencia, parte arte y parte adivinación. Con esta advertencia, existe sin embargo un conjunto de lineamientos y opciones que sirven de apoyo para conducir un programa de marcado eficiente y productivo.

Marcas Aplicadas Externamente

Las marcas más comúnmente usadas en tortugas marinas están hechas de metal o plástico, y se aplican en los bordes posteriores de las aletas. Algunos investigadores han desarrollado marcas que se aseguran al borde del caparazón, pero la información detallada sobre su nivel de éxito aun no está disponible.

Marcas Plásticas

Las marcas plásticas más frecuentemente usadas en tortugas marinas consisten en dos piezas que requieren un aplicador o pinza especial para embonar ambos lados. Una vez colocadas, no pueden separarse sin destruir la marca. Una herramienta adicional, como un punzón para cuero u otro objeto puntiagudo, es usualmente necesaria para perforar la aleta antes de usar la pinza. La marca cerrada consiste en dos placas paralelas giratorias, unidas por el extremo donde la marca pasa a través de la aleta.

Las marcas plásticas, tales como las “Jumbo Tags” (45 x 17 x 10 mm) elaboradas por Dalton Supplies Ltd., Inglaterra (fax 44-1491-641-310) pueden surtirse en diferentes colores, con letras y números grabados en las superficies interna y externa de las placas de la marca.

Como con todas las marcas aplicadas a tortugas marinas, los investigadores de diferentes áreas han reportado diferentes niveles de éxito con el uso de marcas plásticas. El plástico puede ser susceptible a un mayor o menor desgaste, fragilidad y quebradura

dependiendo del tipo de plástico, el comportamiento de la tortuga y las características del hábitat marino donde el marcado se llevará al cabo. Asimismo, a diferencia del diseño completamente cerrado de las marcas metálicas después de su aplicación, la forma abierta de la mayoría de las marcas plásticas las hace susceptibles de enredarse en redes agalleras. Esto, a su vez, puede resultar en un aumento en el riesgo de mortandad de las tortugas debido a la submersión forzada y/o en un aumento de la pérdida de marcas por desgarre.

Algunos fabricantes de marcas plásticas han hecho afirmaciones respecto a la naturaleza superior de su producto para el uso en tortugas marinas. Antes de adquirir cualquier marca, es recomendable que el investigador complemente la información proporcionada por la compañía con averiguaciones independientes, de manera que se obtenga un punto de vista balanceado.

Marcas Metálicas

Las marcas metálicas más comúnmente usadas en tortugas marinas están hechas de titanio puro (Stockbrands Company, Mt. Hawthorn, Australia, fax 619-444-0619) o mezclas de metales conocidas como aleaciones, que han mejorado sus características físicas. Monel 400 e Inconel 625, marcas registradas por la International Nickel Company, son dos aleaciones usadas para fabricar marcas para uso en tortugas marinas por la National Band and Tag Company (NBTC) de Newport, Kentucky, USA (fax 1-606-261-8247).

Las marcas metálicas requieren una pinza especial para su aplicación correcta. Sin embargo, excepto para las duras aletas delanteras de la tortuga laúd, la perforación previa no se requiere normalmente debido al diseño auto-perforante de la marca. Cuando se presiona la pinza, la punta afilada de la marca perfora a través de la aleta y pasa por un orificio en el extremo opuesto de la marca, donde se dobla y engancha. La forma de la marca cerrada es rectangular u oval sin partes que puedan quedar atrapadas en una red. Este mecanismo simplificado de cierre existe en el modelo de marcas de la NBTC número 681C (25 x 8 x 9 mm) y 1005-1 (8 x 2.5 x 2.5 mm). El modelo 1005-1 es suficientemente pequeño para ser usado en algunas crías pero solamente está disponible en Monel. Las marcas modelo 681C se producen en Inconel o (como modelo 1005-681) en Monel. La NBTC también ofrece el modelo 1005-49 (40 x 10 x 11 mm)

únicamente en Monel, pero el mecanismo de cierre es más complicado, involucrando un puente interno por el cual se dobla la punta. En algunos casos, este mecanismo sirve como sitio de corrosión acelerada cuando estas marcas se usan en tortugas marinas.

Las marcas de titanio de Stockbrand (40 x 11 x 10 mm y 17.5 x 6 x 4-6 mm rematadas en punta) también cuentan con el mecanismo simple de cierre con la punta cerrando en un orificio. [La última medida de cada tamaño de marca corresponde a la apertura dentro de la marca después de aplicada.]

Algunas veces se tienen dificultades en la aplicación de marcas metálicas, que pueden ser un cierre incompleto de la punta, o ésta doblándose prematuramente antes de pasar a través del orificio. Algunos investigadores que usan marcas de titanio han encontrado necesario el revisar y doblar ligeramente cada marca antes de su aplicación, para asegurarse que la punta se alinea con el orificio. Problemas similares con marcas Inconel y Monel se relacionan frecuentemente con el modo como la marca se coloca en la pinza. La NBTC ha actualizado recientemente sus instructivos en un esfuerzo para minimizar este problema.

Problemas en la aplicación de las marcas metálicas también pueden resultar por el uso de pinzas oxidadas, cubiertas de arena u otros desperdicios, o gastadas por el uso intensivo. Todas las pinzas deben inspeccionarse y limpiarse rutinariamente, y deben desecharse cuando dejan de funcionar apropiadamente. El reemplazo oportuno de pinzas gastadas es parte esencial de cualquier programa de marcado. Las pinzas de acero inoxidable proporcionadas por Stockbrand para marcas de titanio son más resistentes al desgaste que contribuye a la mala colocación de las marcas.

Algunos problemas en el funcionamiento de marcas Inconel y Monel pueden resultar también por pequeñas diferencias en el proceso de fabricación. Debe pedirse a cada compañía que pruebe cada pinza adquirida con cada orden de marcas para asegurar que cerrarán apropiadamente. De manera adicional, las pinzas que funcionan bien con un lote de marcas pueden no siempre hacerlo con marcas ordenadas posteriormente. La prueba repetida de pinzas y marcas previo a su uso en el campo es absolutamente necesaria.

Todos los metales se corroen en el agua salada, pero su tasa de corrosión es el factor que debe preocupar a los investigadores de tortugas marinas.

Desde el inicio de los 60's, previo a la disponibilidad de marcas de Inconel y titanio producidas a fines de los 70's, las marcas más comúnmente usadas en tortugas marinas fueron las Monel. Estas marcas exhiben tasas de corrosión altamente variables, tanto en diferentes localidades geográficas como en diferentes individuos marcados en la misma área de estudio. Por ejemplo, marcas Monel aplicadas a tortugas verdes en Hawaii, y recapturadas 2-4 años más tarde, se encontraron llenas de hoyos y deterioradas por la corrosión. Se estimó que la pérdida de marcas por este único factor fue de al menos 90%. En contraste, algunas de las marcas Monel han sido recapturadas en excelentes condiciones 20 o más años más tarde. Variaciones impredecibles en la calidad del Monel usado para producir diferentes lotes de marcas también puede ser un factor en la tasa diferencial de corrosión.

El titanio e Inconel son equivalentes en su resistencia superior a la corrosión en agua salada. Las marcas para tortugas marinas fabricadas con estos metales son recomendables, a menos que uno pueda estar absolutamente seguro de que el Monel no se corroerá a una tasa inaceptable para el propósito de investigación en el sitio donde el estudio se llevará al cabo. Por ejemplo, las marcas Inconel no han mostrado signos visibles de corrosión después de 21 años de aplicadas a tortugas verdes adultas en cautiverio en el Sea Life Park de Hawaii.

Tamaño de las Marcas

Tanto marcas plásticas como metálicas pueden adquirirse en diferentes tamaños. El tamaño de marca seleccionado para su uso en un intervalo de talla específico en tortugas marinas se deja a criterio del investigador. No existe información suficiente para ofrecer una guía clara al respecto.

El tamaño de marca usado debe parecer apropiado para el tamaño de la tortuga, teniendo en cuenta que las marcas colocadas a individuos juveniles debe tener suficiente espacio para permitir el crecimiento. Sin embargo, este asunto se complica por el hecho de que la posición de la marca en la aleta puede alterarse con el tiempo conforme crece la tortuga. Este cambio puede ocasionar que el sitio donde se coloca la marca acabe demasiado cerca del borde posterior de la aleta, haciéndola más susceptible a desgarre y pérdida. O, si el sitio de marcado termina en un punto más anterior (alejándose del borde poste-

rior), la marca puede encarnarse o el espacio dentro de la marca puede aglomerarse de tejido. Este último problema no se presenta con las marcas plásticas, que tienen extremos abiertos y dos placas que giran libremente.

Lo ideal, por supuesto, al marcar tortugas inmaduras es que el sitio de punción y la marca permanezcan en la misma posición relativa en la aleta conforme crece a tamaño adulto. Sin embargo, esto es difícil de lograr.

Número y Texto en las Marcas

Las marcas plásticas y metálicas aplicadas externamente pueden ser grabadas por el fabricante con una dirección u otro mensaje visible, así como con números y letras para la identificación. El tamaño de la marca usada dictará la longitud de estos dos componentes. Algunas compañías pueden imprimir caracteres muy pequeños que permiten incluir mayor información. Los manuales de los fabricantes no siempre indican esta opción, así que es una buena idea hacer contacto personalmente con un representante de la compañía para discutir necesidades específicas.

En las marcas metálicas, los números y letras se forman por un proceso de estampado de alta presión. Debe instruirse al fabricante sobre no estampar cerca o directamente sobre las partes de la marca donde el metal debe doblarse para ser aplicado en la tortuga. Estas áreas pueden debilitarse con el estampado y, para ciertas aleaciones como el Monel, pueden causar un incremento en la corrosión y pérdida de marca. En marcas de titanio, las fisuras y rupturas pueden ser atribuidas más probablemente a la naturaleza quebradiza de este metal.

Debe pensarse cuidadosamente sobre el texto que se usará en la marca. Es altamente recomendable usar una dirección postal concisa, u otra forma práctica y segura de notificación, que permanezca válida indefinidamente o al menos por el lapso de vida del proyecto. Para textos escritos en español, la inclusión de términos como “notificar” o “informar a” pueden ayudar a cualquier persona a decidir qué acción tomar cuando encuentra una tortuga marcada. En contraste, el uso de palabras como “devolver” o “enviar” puede causar que una marca sea removida de una tortuga para enviarse al domicilio especificado.

También debe tomarse la decisión sobre ofrecer o no una recompensa por informar acerca de la recuperación de una marca, y si ese mensaje debe aparecer en la marca como un incentivo para su

notificación. Si se ofrece una recompensa monetaria, la futura disponibilidad de fondos debe asegurarse o al menos considerarse. Algunos investigadores sienten que ofrecer o anunciar una recompensa motivaría a los pescadores a capturar tortugas que ya se encuentran amenazadas por sobreexplotación u otras razones. Otros investigadores opinan que este factor es de menor importancia y que los beneficios de la información obtenida valen el riesgo. Si se considera necesaria una recompensa, compensaciones como camisetas, gorras o carteles con diseños sobre tortugas marinas pueden ofrecerse como alternativa al dinero.

Debe ponerse especial atención a los números de identificación ordenados a los fabricantes de marcas externas. El uso del mismo número de serie por una compañía puede ocurrir cuando se surten pedidos de diferentes investigadores (o aún del mismo investigador). No debe esperarse que la compañía lleve registros y notifique al investigador sobre cuáles marcas se han ordenado con un número de serie que ya ha sido producido previamente. Un nuevo programa de marcado tiene la responsabilidad de averiguar cuáles números de serie se han usado y están siendo usados en la región de manera que se disminuyan las probabilidades de duplicación. La duplicación de números de serie no es problema cuando se usan transmisores integrados pasivos, también llamados “marcas PIT” (por sus siglas en inglés para “passive integrated transponder”). No es posible ordenar un número de serie específico para marcas PIT, ya que un número único de identificación con 10 elementos alfanuméricos es codificado en cada marca, sin duplicación entre fabricantes.

Los números se estampan normalmente en las marcas de metal o plástico de modo consecutivo. No se considera necesario o recomendable ordenar números duplicados de dos o más marcas, de manera que todas las marcas que se usen en una tortuga tengan el mismo número. Los números de marca duplicados incrementan la posibilidad de que diferentes tortugas sean marcadas accidentalmente con el mismo número de marca.

Puntos de Marcado

Las marcas externas usadas en aletas anteriores deben siempre colocarse en una posición proximal, donde los movimientos al nadar causen mínimo desplazamiento de la marca, pero evitando causar daño al cuerpo por fricción. La Figura 1 ilustra el punto proximal preferido y usado por muchos investigadores

para el marcado en aletas anteriores. Las marcas también se han aplicado con éxito en las aletas posteriores de tortugas inmaduras y hembras anidadoras (especialmente en tortuga laúd), en el sitio mostrado en la Figura 2.

Algunos investigadores usan sitios de marcado adicionales o alternativos que se encuentran entre las escamas grandes de los bordes posteriores de las aletas anteriores, o directamente sobre la escama. Debe tenerse siempre cuidado en asegurar que el espacio interno de la marca es más ancho que el grosor de la aleta donde se colocará la marca.

Las marcas metálicas, con su diseño cerrado, nunca deben colocarse muy adentro de la aleta, de manera que inhiba la gama completa de movimientos del tejido dentro de la aleta. Por ejemplo, el movimiento que tiene lugar cuando ambas aletas anteriores se estiran hacia adelante al excavar la cama y durante el proceso de cobertura del nido. Para reducir lesiones por abrasión, las marcas metálicas usadas en las aletas anteriores de la tortuga laúd deben aplicarse de manera que la punta que cierra la marca se encuentre en la superficie dorsal de la aleta (preferentemente en aletas posteriores en las tortugas laúd- N. del T.).

Deterioro de las Marcas

Percebes, algas y otros organismos pueden crecer en marcas metálicas o plásticas aplicadas a tortugas que viven en ciertos ambientes marinos. Las algas son inofensivas excepto por la necesidad de removerlas para leer la inscripción en la marca. Sin embargo, si los percebes crecen en exceso, producirán fricción y desgarramiento que contribuye a la pérdida de marcas. La cicatriz de marca que resulta de este tipo de pérdida frecuentemente tiene la forma de una hendidura o muesca en “v”. Sin embargo, no existe la certeza de que se formará una cicatriz de marca detectable después de la pérdida de la marca por cualquier causa.

Reducción de Problemas

Las siguientes sugerencias adicionales pueden ayudar a minimizar dificultades en el uso de marcas metálicas:

1. Marcar una de las quijadas de la pinza con pintura de color como recordatorio del modo correcto de inserción de la marca.
2. Usar cinta adhesiva durable para prevenir que las marcas se salgan de la tira de cartón o plástico en que se sujetan cuando son entregadas por la fábrica. También pueden mantenerse grupos de

marcas unidos de modo consecutivo con hilo de monofilamento para pescar, facilitando un uso conveniente en el campo y para prevenir pérdidas.

3. Adquirir experiencia en el marcado aplicando marcas a un pedazo de cartón. Se deben probar varias marcas de cada lote nuevo con cada pinza de esta manera. Debe notarse que las marcas metálicas están diseñadas para perforar algo para que cierren apropiadamente. No debe cerrarse una marca para probar su funcionamiento sin aplicarla a una pieza de cartón o material similar.
4. Las marcas que no cierran apropiadamente cuando se aplican a una tortuga son difíciles, frustrantes y frecuentemente imposibles de corregir, aún usando herramientas adicionales. Una marca que no cerró debe ser removida, registrada como destruida y reemplazada con una nueva marca.
5. La aplicación de marcas metálicas requiere la realización de dos movimientos. El primero es apretar la pinza de manera que la punta de la marca perfora la aleta. El segundo paso, un momento después, consiste en aplicar una fuerza substancialmente mayor para hacer pasar la punta a través del orificio y hacer que se doble completamente. Debe sostenerse siempre la pinza firmemente y lo más atrás posible para hacer palanca al máximo. Algunos marcadores encuentran útil usar ambas manos para completar el segundo paso.
6. Después de colocada, debe sentirse la marca con el dedo e inspeccionarse visualmente para asegurarse de que la punta ha cerrado completamente a través del orificio. Las marcas metálicas que no están completamente aseguradas pueden abrirse y perderse.

Transplante de Tejido y otras Marcas Externas

Pueden crearse marcas de pigmentación contrastante por medio del intercambio quirúrgico (o autotransplante) de pequeños fragmentos de tejido entre el caparazón y el plastrón. Estas marcas, llamadas a veces “marcas vivientes”, son retenidas e incrementan su tamaño conforme la cría o juvenil crece a tamaño adulto. Al realizar el transplante en varias escamas, las marcas pueden usarse para identificar cohortes de diferentes temporadas. Las marcas serán evidentes en tortugas adultas en forma de manchas o

estrías, dependiendo del sitio seleccionado para el trasplante. El entendimiento por parte del investigador y el público de que las tortugas se han marcado de esta manera es esencial para el reconocimiento y notificación en el futuro. El procedimiento de trasplante requiere algo de habilidad, paciencia y práctica. Pero una vez dominado, puede llevarse al cabo en crías con mucha rapidez.

La realización de muescas en un escudo marginal o combinación de ellos por medio de cirugía menor, puede usarse asimismo para identificar cohortes de crías. Sin embargo, estas marcas pueden confundirse con lesiones naturales conforme la tortuga crece. Pequeños orificios realizados en varias combinaciones a través de los escudos marginales de tortugas juveniles y adultas son aparentemente retenidos por muchos años y pueden ser usados también con fines de identificación.

Cualquier procedimiento de marcado que involucre cortar tejido, como se describe anteriormente, debe contemplar una consulta con veterinarios y el ejercicio de las precauciones necesarias para prevenir la transmisión de enfermedades.

Puede usarse pintura y otras sustancias, incluyendo resinas de dos partes, para formar caracteres de identificación sobre el caparazón. Estas marcas son frecuentemente de corta duración debido a la abrasión y al proceso natural de despojo y nuevo crecimiento celular. Números u otra clase de marcas que permanezcan legibles a lo largo de la temporada de anidación pueden emplearse en hembras adultas. Esto puede realizarse por medio del grabado ligero de una escama usando una herramienta portátil de grabado Dremel Mototool, con una fresa del número 131, y luego aplicando pintura a las ranuras.

Marcas Internas

Marcas de Alambre

Pequeñas marcas de alambre de 2 mm, fabricadas por Northwest Marine Technology (Shaw Island, Washington USA, fax 1-360-468-3844) pueden insertarse en las aletas

de crías o tortugas más grandes para identificar clases de edad. Estas marcas pueden magnetizarse pasando un imán sobre ellas antes o después de ser implantadas, si se usa un magnetómetro para su detección. Puede usarse un equipo de rayos X para detectar estas

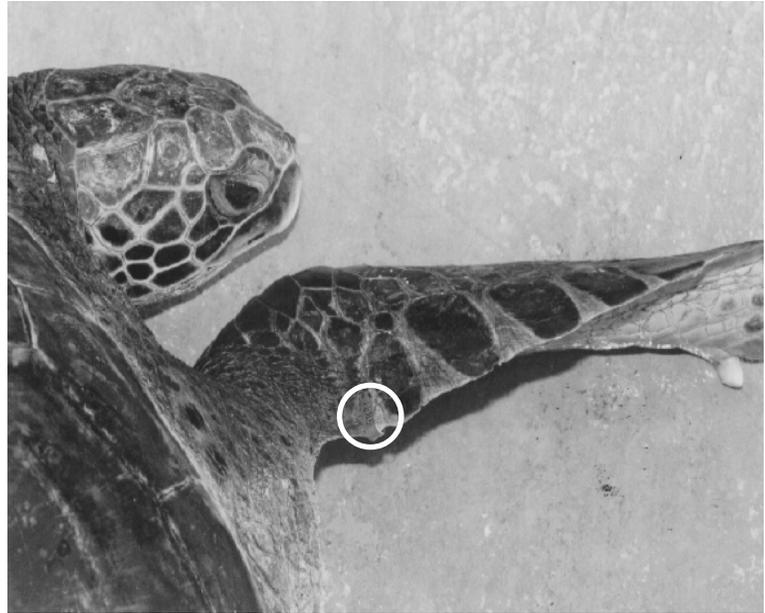


Figura 1. Marca Inconel Modelo 681C aplicada al sitio de marcado proximal en la aleta anterior, usado por muchos investigadores. El sitio de punción de la marca es proximal y adyacente a la primera escama grande del borde posterior de la aleta



Figura 2. Marca Inconel Modelo 681C aplicada a la aleta posterior de una tortuga verde juvenil. El sitio de punción de la marca es proximal y adyacente a la primera escama grande. Este sitio de marcado parece funcionar bien en hembras anidadoras. El malestar para la tortuga debido a la aplicación de la marca es mucho menor que cuando se aplica a la aleta anterior.

marcas, ya sea que estén magnetizadas o no. Magnetómetros portátiles se encuentran disponibles para su uso en campo. Sin embargo, algunos investigadores han señalado la posibilidad de perjudicar la habilidad de la tortuga para orientarse, si se usan marcas magnetizadas.

Las marcas de alambre se venden con un código de muescas que permite identificar numerosas clases de edad. Sin embargo, una marca codificada necesita ser removida de la tortuga para su decodificación.

Marcas PIT

Los transmisores pasivos integrados o PIT son pequeños microprocesadores inertes, sellados en un contenedor de vidrio que pueden transmitir un número de identificación único a un lector de mano al momento que éste activa brevemente la marca con una señal de radio de baja frecuencia a corta distancia (10-28 cm). Las marcas PIT usadas en tortugas marinas varían en tamaño de 11.5 x 2.1 mm a 20.0 x 3.2 mm. Se fabrican de tamaños aun mayores para usarse con ganado. Las marcas PIT más grandes pueden leerse a una distancia mayor que las pequeñas.

Las marcas PIT se han inyectado al músculo del hombro de las tortugas marinas, debajo de las escamas o entre los dígitos de las aletas anteriores o posteriores. Los PITs son una innovación relativamente reciente en el mundo de la investigación en tortugas marinas. Las desventajas de las marcas PIT incluyen su alto costo, el costo de los lectores, y la imposibilidad de reconocimiento de una tortuga marcada por alguien que no cuente con un lector. Asimismo, los PITs pueden, en ocasiones, migrar dentro del tejido corporal, haciendo necesaria la revisión de toda el área donde la marca fue implantada. Los PITs tienen la ventaja de estar encapsulados en vidrio y colocados en sitios dentro de la tortuga donde la pérdida o daño por abrasión, ruptura, corrosión o desgarre son virtualmente inexistentes. Por tanto, las marcas PIT ofrecen la promesa de retener confiablemente la identificación de individuos por décadas, algo que no se considera posible con marcas aplicadas externamente. Las marcas PIT pueden ser especialmente valiosas para marcar tortugas laúd, debido a la alta tasa de pérdida de marcas externas encontrada en esta especie.

En tanto la retención a largo plazo de las marcas PIT sea comprobada, es siempre aconsejable a medida de lo posible, aplicar una o más marcas externas a cada tortuga, así como uno o más PITs. El marcado múltiple de esta forma ayudará a reducir la posibilidad

de pérdida de identidad de una tortuga. El uso de dos o más marcas en cada tortuga también provee la base para calcular la probabilidad de pérdida de marcas en un programa de marcado.

Las marcas PIT se encuentran disponibles con varias compañías incluyendo Avid (Norco, California, USA, fax 1-909-737-8967), Destron-Fearing (South St. Paul, Minnesota, USA, fax 1-303-444-1460), y Trovan Ltd. (Koln, Alemania, fax 49-221-395-893).

Los PITs se fabrican con dos frecuencias de transmisión diferentes (125 y 400 khz), pero los lectores que pueden detectar fácilmente 400 khz están siendo retirados del mercado. Asimismo, los lectores fabricados por una compañía no siempre son capaces de detectar las marcas producidas por otra compañía. Los esfuerzos para una mejor estandarización y compatibilidad en la industria están en camino.

Otras Consideraciones Importantes

¿Cuándo Marcar?

La decisión de cuándo marcar se refiere principalmente a hembras anidadoras. En lo posible, debe permitirse a las tortugas anidadoras desovar antes de que el marcado tenga lugar. Algunos investigadores opinan que el mejor tiempo para el marcado es inmediatamente después de la oviposición, cuando la tortuga inicia el llenado de la cámara de incubación con las aletas posteriores. Si el marcado debe ocurrir antes de esta fase, algunas tortugas regresarán prematuramente al mar, pero usualmente saldrán de nuevo para desovar exitosamente en una noche subsecuente.

¿Costo de las Marcas?

El costo de adquisición de las marcas y pinzas y su envío a la zona de estudio es una consideración importante. De nuevo, los objetivos y presupuesto del programa de marcado deben ser factores guía para el investigador. Las marcas que bajo ciertas condiciones son más propensas a pérdida son más baratas que aquellas que pueden tener mayor tiempo de retención. Por ejemplo, las marcas Monel, que son conocidas por su rápida corrosión en algunos casos, cuestan unos US\$300 por millar, mientras que las marcas Inconel y de titanio cuestan US\$750 y US\$2,200 por millar, respectivamente. Las marcas plásticas cuestan US\$400 por millar. Las pinzas para marcas metálicas y plásticas van de US\$15 a \$70 la pieza. Las marcas PIT cuestan US\$4-10 cada una. Las más costosas se

surten esterilizadas en una aguja de inyección desechable. Pueden conseguirse menores precios por unidad al ordenar marcas metálicas, plásticas o PITs en grandes cantidades. Los lectores para PITs cuestan US\$300-1,250 cada uno. Los lectores más caros tienen mayor sensibilidad en la detección de marcas. Los lectores que usan baterías desechables, fáciles de conseguir, se recomiendan sobre los que tienen una batería recargable integrada.

Para muchos proyectos, el costo de las marcas, aún de las más caras, puede terminar siendo solamente un porcentaje pequeño del presupuesto global, tomando en cuenta salario del personal, gastos de transportación, alimentación en la zona de estudio, análisis de los datos, elaboración del informe y publicación. En vista de la gran importancia del marcado para la mayoría de los trabajos con tortugas marinas, es recomendable que el costo de las marcas sea presupuestado primero y con prioridad, en lugar de al último, de manera que se obtenga la “mejor” marca en cantidades suficientes para el proyecto que se lleva al cabo.

Almacenamiento de los Datos del Mercado

Inherente a la instrumentación de un programa de marcado en tortugas marinas, es la necesidad de registrar con precisión y almacenar para referencia futura los números de marca, domicilio de devolución, tipo y tamaño de marca, fecha y lugar de marcado y todos los datos colectados de relevancia para el objetivo del marcado. El valor principal del marcado resulta como consecuencia de una recaptura y reconocimiento de una tortuga en fechas posteriores. Debe archiversse toda la información del marcado, con respaldos almacenados en forma separada como protección contra pérdidas catastróficas.

En ocasiones se establecen bases de datos regionales para disponer de un sitio centralizado para el almacenamiento de datos de marcado y recaptura acumulados por múltiples investigadores. Las bases de datos regionales ofrecen numerosas ventajas si se manejan apropiadamente y con apoyo económico a largo plazo. Estas ventajas incluyen el archivamiento preciso de los datos, protección contra pérdidas, recuperación a tiempo de información de las marcas y la capacidad de analizar los datos de manera global en apoyo al manejo regional de poblaciones de tortugas marinas. Las bases de datos regionales proveen algunas veces de marcas con series estandarizadas y equipo para marcado sin costo alguno. Los proyectos de marcado individuales pueden ir y venir, pero el

depositario regional de la información debe tener permanencia a largo plazo.

Una base de datos regional nunca debe iniciarse sin la garantía de longevidad. Antes de contribuir con datos a una entidad regional, el investigador debe determinar y encontrar aceptables las condiciones para la propiedad intelectual de los datos, acuerdos de publicación y otros aspectos, incluyendo las restricciones y obligaciones que puedan existir ahora y posiblemente en el futuro. Todos los acuerdos y condiciones deben ponerse por escrito con la autoridad a cargo.

Recuperación de Marcas

A excepción de ciertos tipos de conteos a corto plazo, una tortuga que es marcada y nunca se vuelve a ver, no aportará todo su potencial para la investigación. Por tanto, las recapturas son un factor vital. Los tres medios para la recaptura de una tortuga marcada incluyen esfuerzos intencionales de captura por parte de los investigadores, captura accidental o intencional por pescadores, y encuentros casuales por el público en general, tales como el descubrimiento fortuito de una tortuga con marca varada en la playa. Los esfuerzos dirigidos pueden planearse cuidadosamente para incrementar la posibilidad de recaptura de las tortugas marcadas. Otros medios son principalmente cuestión de suerte y de voluntad de las personas para informar del hallazgo.

Marcas viejas encontradas en tortugas recapturadas, que sean ilegibles por corrosión o por encontrarse encarnadas, deben ser removidas y reemplazadas con una nueva marca. Si una tortuga con marca de un programa diferente es vuelta a marcar, el marcador original debe ser informado del cambio.

Precauciones contra Enfermedades

Deben tomarse precauciones para evitar la propagación de enfermedades infecciosas durante el proceso de marcado. Las pinzas y equipo de punción, tal como el que se usa con marcas plásticas, debe desinfectarse después de entrar en contacto con sangre u otros fluidos corporales. Se recomienda tener dos juegos completos de equipo de marcado, uno para tortugas evidentemente enfermas y otro para tortugas aparentemente sanas. Nunca debe transferirse equipo de marcado que tenga contacto directo con la tortuga (pinzas o aplicadores de PIT) entre proyectos en diferentes localidades. Deben usarse marcas PIT esterilizadas con inyectores desechables en áreas

donde la transmisión de enfermedades puede ser un problema. Las agujas de inyección de PITs usadas deben colocarse en contenedores de desecho apropiados.

Algunos investigadores aplican desinfectantes tópicos como yodo, alcohol al 70-90%, unguento antibiótico u otros agentes en la aleta donde la piel será perforada por la marca. Las marcas metálicas en particular deben limpiarse antes de su uso, para remover el aceite lubricante u otros residuos resultado del proceso de manufactura. El remojar las marcas en alcohol u otro agente desinfectante como último paso también es aconsejable.

Malestar en las Tortugas

La aplicación de marcas externas o internas producirá algún nivel de dolor a la tortuga. El malestar expresado es usualmente breve y altamente variable entre individuos. La mayoría de las tortugas apenas parece que se dan cuenta, mientras que otras exhiben una reacción fuerte. Antes del marcado, pueden aplicarse anestésicos tópicos, tales como los que se venden para quemaduras de sol en humanos. Esto puede ayudar a demostrar compasión por parte del investigador en sitios donde el público rutinariamente presencia las actividades de marcado.

En algunos casos los extremos de la pinza pueden pellizcar a la tortuga y esto causa tanto malestar como el mismo proceso de perforación. En tales casos, puede ser posible aliviar el problema rebajando ciertas porciones innecesarias de la pinza.

La pequeña herida resultado de una marca apropiadamente colocada en una aleta debe sanar completamente en corto tiempo, de manera similar a cuando se perfora la oreja de una persona para colocar un arete. Sin embargo, la herida puede no cicatrizar si la marca se coloca muy apretadamente, o si se corroe y emana óxidos de cobre y níquel, como ocurre en ocasiones con marcas Monel.

En el pasado, se ha llamado la atención sobre la posibilidad de efectos adversos debido al marcado, especialmente cuando se marcan hembras en playas de anidación, y esto debe tratarse brevemente aquí. No existe evidencia para creer que la experiencia del marcado o la presencia de marcas causará un daño perdurable o alterará la conducta a largo plazo de una tortuga. Cuando se marcaron las primeras hembras hace unas décadas, algunos investigadores se preocuparon de que esto causara que las tortugas anidaran en otras zonas, debido a que ninguna regresó a anidar al año siguiente de haber sido marcadas. Este

malentendido fue eventualmente aclarado con el conocimiento de que la mayoría de las tortugas marinas tienen ciclos de anidación con duración de varios años.

Riesgos para el Investigador

Existe un elemento de riesgo para el investigador cuando se marcan tortugas de gran tamaño en una playa de anidación. Aletazos poderosos, rápidos e inesperados, pueden asestar golpes dolorosos. Pinzas que no se sostienen firmemente pueden ser transformadas en proyectiles peligrosos como resultado de aletazos violentos. La arena de la playa puede ser arrojada con fuerza increíble, creando un peligro para los ojos del investigador que no toma precauciones al respecto. Se aconseja el uso de zapatos durables como protección contra heridas en los pies, resultado de una tortuga que súbitamente decide moverse cuando está siendo marcada. Algunas tortugas intentan morder cuando se les sujeta durante esfuerzos de captura bajo el agua y cuando se les saca del mar para ser marcadas.

La punta aguda de una marca metálica o la aguja de inyección de un PIT también pueden ser peligrosas y pueden perforar fácilmente un dedo u otra parte del cuerpo si no se tiene cuidado. La enfermedad del movimiento repetitivo pueden afectar la mano y antebrazo del investigador por apretar una pinza múltiples veces cuando se marcan a las tortugas por meses o años.

Agradecimientos

Deseo expresar mi gratitud a los siguientes individuos por sus útiles revisiones, comentarios y asistencia en la preparación de este capítulo: George Antonelis, Karen Bjordal, Alan Bolten, Charles Caillouet, Donna Dutton, Peter Dutton, Karen Eckert, Denise Ellis, Sheryan Epperly, Brendan Godley, Fred Haas, Kevin Haas, Colin Limpus, Joanne Braun McNeill, Jeanne Mortimer, Shawn Murakawa y Laura Sarti.

Lectura Recomendada

Alvarado, J., A. Figueroa, C. Delgado, M. T. Sanchez y E. Lopez. 1993. Differential retention of metal and plastic tags on the black sea turtle (*Chelonia agassizi*). *Herpetological Review* 24:23-24.

Balazs, G. H. 1982. Factors affecting the retention of metal tags on sea turtles. *Marine Turtle Newsletter* 20:11-14.

- Balazs, G. H. 1985. Retention of flipper tags on hatchling sea turtles. *Herpetological Review* 16:43-45.
- Bjorndal, K. A., A. B. Bolten, C. J. Lagueux y A. Chaves. 1996. Probability of tag loss in green turtles nesting at Tortuguero, Costa Rica. *Journal of Herpetology* 30:566-571.
- Eckert, K. L. y S. A. Eckert. 1989. The application of plastic tags to leatherback sea turtles, *Dermochelys coriacea*. *Herpetological Review* 20:89-90.
- Fontaine, C. T., D. B. Revera, T. D. Williams y C. W. Caillouet, Jr. 1993. Detection, verification and decoding of tags and marks in head started Kemp's ridley sea turtles, *Lepidochelys kempii*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-334. U.S. Department of Commerce. 40pp.
- Hendrickson, L. P. y J. R. Hendrickson. 1983. Experimental marking of sea turtles by tissue modification, p.30-31. *In*: D. Owens *et al.* (Editores). Western Gulf of Mexico Sea Turtle Workshop Proceedings. Sea Grant TAMU-SG-84-105.
- Henwood, T. A. 1986. Losses of Monel flipper tags from loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*. *Journal of Herpetology* 20:276-279.
- Higgins, B. M., B. A. Robertson y T. D. Williams. 1997. Manual for mass wire tagging of hatchling sea turtles and the detection of internal wire tags. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-402. U.S. Department of Commerce. 66 pp.
- Limpus, C. J. 1992. Estimating of tag loss in marine turtle research. *Wildlife Research* 19:457-469.
- McDonald, D. L. y P. H. Dutton. 1996. Use of PIT tags and photoidentification to revise remigration estimates of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) nesting in St. Croix, U.S. Virgin Islands, 1979-1995. *Chelonian Conservation and Biology* 2:148-152.
- Pritchard, P., P. Bacon, F. Berry, A. Carr, J. Fletemeyer, R. Gallagher, S. Hopkins, R. Lankford, R. Marques M., L. Ogren, W. Pringle, Jr., H. Reichart y R. Witham. 1983. *In*: K. A. Bjorndal y G. H. Balazs (Editores), *Manual of Sea Turtle Research and Conservation Techniques*, Segunda Edición. Center for Environmental Education, Washington D.C. 121 pp.

Técnicas para la Medición de Tortugas Marinas

Alan B. Bolten

Archie Carr Center for Sea Turtle Research, Department of Zoology, P. O. Box 118525, University of Florida, Gainesville, Florida 32611 USA; Tel: +1 (352) 392-5194; Fax: +1 (352) 392-9166; email: abb@zoo.ufl.edu

Las tortugas marinas se miden para lograr un determinado número de objetivos y existen varias opciones de técnicas y equipo. Los objetivos pueden determinar el empleo de diferentes niveles de exactitud y precisión (ver más adelante) así como los métodos apropiados y equipo que debe usarse. Las tortugas marinas se miden en la playa de anidación para relacionar el tamaño corporal con su potencial reproductivo, para determinar el tamaño mínimo al que alcanzan la madurez sexual y para dar seguimiento al tamaño de las hembras anidadoras en un área en particular. Las tortugas se miden en zonas de alimentación para determinar la frecuencia de las diferentes clases de talla que ocurren en las tortugas presentes, así como para un seguimiento de las tasas de crecimiento. La distribución de frecuencias de tamaños en una población es un parámetro importante de su estructura demográfica. El resultado del análisis de las tasas de crecimiento puede ser un indicador de la calidad del hábitat y de la situación fisiológica.

Exactitud y Precisión

Los objetivos de un proyecto podrían determinar los niveles de exactitud y precisión que se requieren para lograr el proyecto y también el equipo que debe ser usado. “La exactitud es la proximidad de una medida al valor real de una variable que se mide. Precisión no es un sinónimo de este parámetro; se refiere a la proximidad entre mediciones repetidas de la misma cantidad” (Zar, 1984).

Existen pocos estudios sobre la precisión en las mediciones de tortuga marinas (Bjorndal y Bolten, 1988, 1989; Frazier, *en prensa*; Shoop y Ruckdeschel, 1986; van Dam y Diez, 1994). En todos los informes y publicaciones, se debe incluir la precisión de las medidas. Una forma de reportar la precisión de las

medidas es presentar la media, la desviación estándar y/o el error estándar, así como el intervalo de la diferencia absoluta entre pares de medidas repetidas de una serie de tortugas (se debe reportar el tamaño de la muestra) dentro de la gama de tamaños de la población bajo estudio (Bjorndal y Bolten, 1988, 1989; van Dam y Diez, 1994). La precisión puede variar para cada tipo de medida (Bjorndal y Bolten, 1988, 1989; Shoop y Ruckdeschel, 1986). La precisión puede incrementarse cuando un solo individuo toma todas las medidas. Si esto no es práctico, la precisión de los miembros de un equipo de investigación se debe comparar a lo largo del tiempo (Bjorndal y Bolten, 1988, 1989; Shoop y Ruckdeschel, 1986).

Las medidas se deben hacer en unidades métricas; la conversión hacia unidades métricas (necesaria para publicaciones) a partir de otros sistemas puede afectar el grado de exactitud y precisión. Por ejemplo, el convertir medidas tomadas con una precisión de un octavo de pulgada a milímetros no representa correctamente el nivel de exactitud de esas mediciones. Los calibradores, cintas métricas y balanzas deben calibrarse frecuentemente.

Nomenclatura de los Escudos

Hay inconsistencia en la nomenclatura utilizada para describir los elementos de un caparazón (ver Pritchard y Trebbau, 1984 para una discusión). Se recomienda usar la nomenclatura sugerida por Pritchard y Trebbau (1984) la cual se resume a continuación (ver Pritchard y Mortimer, este volumen). Los escudos son placas córneas que conforman la superficie de la concha. Los escudos vertebrales son los escudos grandes que se encuentran en la parte media del caparazón. Los escudos costales son los escudos grandes que forman una serie longitudinal a

cada lado de las vertebrales. Los escudos marginales son los escudos numerosas y pequeños que se encuentran alrededor de la parte final del caparazón, excepto el escudo mediano en la línea media anterior a las vertebrales (el cual es el escudo nucal) y el par posterior a los marginales (los escudos supracaudales).

Procedimientos de Medición: Medidas Lineales

Las medidas lineales pueden tomarse con calibrador (medidas rectas) o con una cinta métrica flexible (medidas curvas). La decisión de cuál usar depende de la exactitud, precisión, costo y conveniencia se desea. Las medidas curvas tienden a ser menos exactas y precisas (Bjorndal Bolten, 1989; Frazier, *en prensa*; Pritchard *et al.*, 1983; Shoop y Ruckdeschel, 1986) debido a la presencia de irregularidades y de epibiontes sobre la superficie del caparazón de la tortuga. También, en los juveniles de algunas especies, los escudos vertebrales presentan quillas, y la parte posterior del caparazón en algunas especies tienen cambios en la inclinación de éste, que pueden hacer que longitud curva del caparazón sea difícil de medir con exactitud y precisión. Sin embargo, las cintas métricas flexibles son significativamente menos costosas que los calibradores y son mucho más fáciles de transportar y mantener.

Hay grandes diferencias en la calidad de los calibradores, no solamente en el mecanismo y ajuste de los brazos que se deslizan sobre el eje principal, sino también en la calibración y en la escala de medida (p. ej., centímetros contra milímetros). Los calibradores

de árboles que tienen brazos muy largos se deben modificar para que los brazos solamente tengan el largo necesario. Un exceso en la longitud de los brazos hace más incómodo su uso y reduce la exactitud y precisión. Ambos brazos del calibrador deben ser del mismo tamaño cuando se hacen las mediciones; los puntos finales de las medidas de una tortuga están a la misma distancia del eje principal del calibrador. El calibrador debe de ser seleccionado para tener una exactitud y precisión adecuadas y debe utilizar unidades métricas.

Las cintas métricas flexibles de fibra de vidrio son mejores que las cintas metálicas para tomar medidas curvas, debido a que éstas se ajustan más a la forma del caparazón y no se corroen. Se debe evitar usar cintas de algodón, debido a que se estiran fácilmente. La cinta de medición debe tener unidades métricas.

Para asegurar exactitud y precisión, el largo del calibrador o de la cinta métrica debe ser más grande que la longitud máxima esperada de las tortugas de la población en estudio, de manera que las longitudes reportadas sean el resultado de una sola medición y no de la suma de medidas parciales. Los epibiontes que interfieren en la medición se deben quitar cuando la exactitud de una medida es importante. Si las medidas son afectadas por la presencia de lesiones o deformidades por lo que estas irregularidades deben ser tomadas en cuenta y, dependiendo de los objetivos del proyecto, considerar no incluir la medida en el análisis.

Se plantean cinco medidas lineales estándares: longitud del caparazón (Figuras 1 y 3), ancho del caparazón, largo de la cola (Figura 2), ancho de la cabeza y longitud del plastrón. Para muchos estudios,

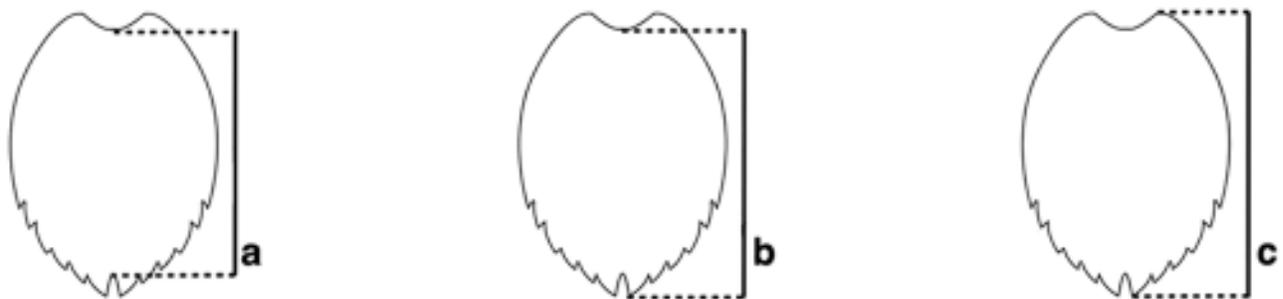


Figura 1. Puntos anatómicos anterior y posterior para tres medidas de la longitud del caparazón. (a) El largo recto mínimo del caparazón (LRCmin) y el largo curvo mínimo del caparazón (LCCmin) se miden desde el punto medio anterior (escudo nucal) hasta el punto medio de la muesca posterior entre los escudos supracaudales. (b) El largo recto del caparazón nucal-supracaudal (LRCn-s) y el largo curvo del caparazón nucal-supracaudal (LCCn-s) se miden desde el punto medio anterior (escudo nucal) al extremo de los escudos supracaudales. (c) El largo recto máximo del caparazón (LRCmax) se mide desde el borde anterior del caparazón al extremo posterior de los escudos supracaudales. Los puntos anterior y posterior se deben localizar del mismo lado del caparazón.

el largo del caparazón puede ser la única medida necesaria.

Medidas Lineales de Tortugas de Caparazón Duro

Largo Recto del Caparazón

Los investigadores de tortugas marinas, han usado por lo menos tres tipos diferentes de medidas rectas del caparazón (Pritchard *et al.*, 1983).

- Largo recto mínimo del caparazón (LRCmin; Figura 1a) se mide desde el punto medio anterior (escudo nugal) a la muesca posterior de la parte media entre los escudos supracaudales.
- Largo recto del caparazón nugal-supracaudal (LRCn-s; Figura 1b) se mide desde el punto medio anterior (escudo nugal) al extremo posterior de los escudos supracaudales. Frecuentemente los extremos de los escudos supracaudales no son simétricos; por consistencia, se deben de usar las supracaudales que dan el LRCn-s más largo.
- Largo recto máximo del caparazón (LRCmax; Figura 1c) se mide desde el borde anterior del caparazón al extremo de los escudos supracaudales. Los puntos anterior y posterior deben estar del mismo lado del caparazón. Por consistencia, se debe de usar el lado que da la longitud mayor del LRCmax.

La medida que se recomienda para el largo recto del caparazón es el LRCmin (Bjorndal y Bolten, 1989; Gerosa, 1995). El LRCmin es la mejor medida debido a que frecuentemente los extremos posteriores de los escudos supracaudales en juveniles están rotos o desgastados en adultos. Si el tiempo lo permite, se deben medir tanto el LRCmin como el LRCn-s para poder hacer comparaciones con otros conjuntos de datos. Para evitar confusiones, siempre se debe especificar claramente qué medidas fueron empleadas tanto en hojas de datos como en publicaciones.

Largo Curvo del Caparazón

El no tener claramente definidos los puntos donde inicia y termina el caparazón puede contribuir a la variación en la precisión de la medida del largo curvo de éste (Shoop y Ruckdeschel, 1986). Debido a la curvatura (y grosor) del escudo nugal, se debe considerar el punto anterior donde la piel se une al escudo. El punto posterior debe ser el extremo poste-

rior de la superficie dorsal. Se han usado dos tipos diferentes de longitudes curvas del caparazón.

- Largo curvo mínimo del caparazón (LCCmin; Figura 1a) se mide desde el punto medio anterior o muesca del escudo nugal a la mitad de la muesca posterior entre los escudos supracaudales (extremo posterior).
- Largo curvo del caparazón nugal-supracaudal (LCCn-s; Figura 1b) se mide desde el punto medio anterior (escudo nugal) al extremo posterior de los escudos supracaudales. Frecuentemente los extremos de los escudos supracaudales no son simétricos; por consistencia, se deben de usar las supracaudales que den la mayor longitud del LCCn-s.

La medida del largo curvo del caparazón que se recomienda es el LCCmin (Bjorndal y Bolten, 1989; Shoop y Ruckdeschel, 1986). La amplia variación del LCCn-s se debe al modo impredecible en que la cinta métrica se desvía de la línea media del caparazón.

Ancho de Caparazón

El ancho del caparazón se mide del punto más amplio; no hay un punto de referencia anatómico. El ancho recto del caparazón (ARC) se mide con calibrador; el ancho curvo del caparazón (ACC) se mide con una cinta métrica flexible. Para cada tortuga, la localización anatómica en el caparazón donde se mide el ARC y el ACC puede no ser la misma. Debe haber consistencia en la orientación de la tortuga cuando se mide el ARC, particularmente con tortugas juveniles, para evitar fuentes adicionales de variación. Si la tortuga está sobre su caparazón (plastrón arriba), la masa de la tortuga tiende a expandir el caparazón y entonces aumenta el ancho de éste. El ancho del caparazón también cambia, cuando la tortuga inhala y exhala. Por consistencia, debido a que el ACC debe medirse cuando la tortuga está sobre el plastrón, el ARC también debe medirse con la tortuga en esta orientación.

Largo de la Cola

La Figura 2 muestra dos medidas de la cola. El largo total de la cola (LTC) es la distancia desde la mitad del margen posterior del plastrón al final de la cola siguiendo la curvatura de ésta. El largo post-cloacal de la cola (LPC) es la distancia entre la mitad de la apertura cloacal al final de la cola, siguiendo su curvatura. Para tomar el LTC y el LPC, la tortuga

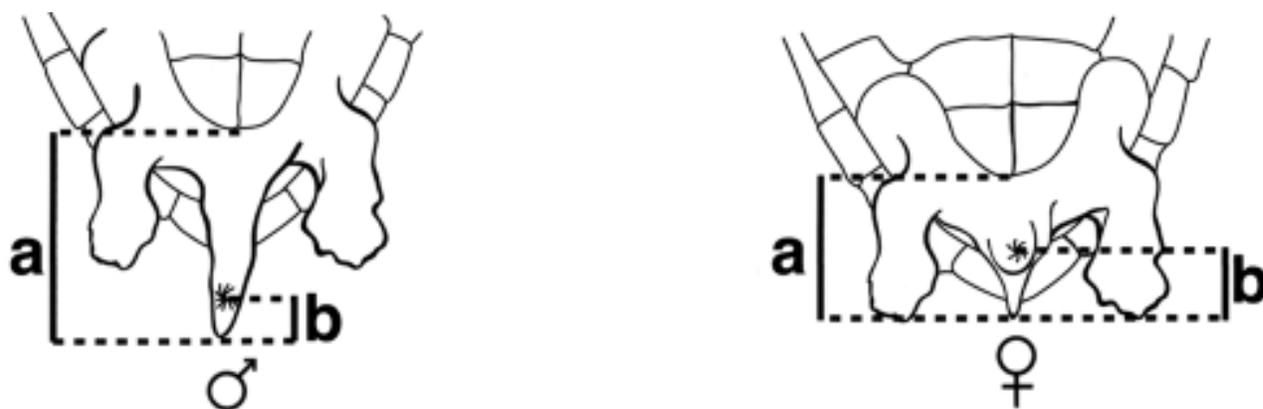


Figura 2. Dos tipos de medidas del largo de la cola: (a) El largo total de la cola (LTC) es la distancia desde la mitad del margen posterior del plastrón al final de la cola siguiendo la curvatura de ésta; (b) El largo post-cloacal de la cola (LPC) es la distancia entre el punto medio de la apertura cloacal al final de la cola siguiendo la curvatura de ésta.

debe estar colocada sobre su caparazón y se debe usar una cinta métrica flexible. En tortugas marinas, la longitud de la cola es un carácter sexual secundario, los machos maduros desarrollan una cola larga y las hembras tienen colas cortas. En juveniles de tortugas marinas, la longitud de la cola no es un indicador preciso del sexo del individuo.

Ancho de la Cabeza y Longitud del Plastrón

En tortugas marinas el ancho de la cabeza (AC) y la longitud del plastrón (LP) son medidas utilizadas menos frecuentemente que el largo y el ancho del caparazón. El AC se mide sobre la línea más larga del ancho de la cabeza con un calibrador. El LP se debe medir con un calibrador por la parte media del plastrón. Algunas fuentes de variación se deben a que frecuentemente los bordes anterior y/o posterior de los escudos del plastrón no están completamente extendidas hasta los bordes anterior y/o posterior del hueso que cubren. El LP se debe medir por la parte media del borde anterior al posterior del hueso subyacente cuando éste se extiende más allá de los escudos. La medida del LP es menos precisa que el LRCmin y LRCn-s (Bjorndal y Bolten, 1988).

Medidas Lineales de Tortugas Laúd

Largo del Caparazón

El largo (LRC) y el ancho (ARC) recto del caparazón son medidas que van desde la muesca nugal (borde anterior del caparazón en la parte media) al extremo posterior de la proyección caudal (Figura 3). Si la proyección caudal es asimétrica, por consistencia, las mediciones se deben hacer hasta el punto más largo. Las medidas rectas se registran usando un calibrador. Las medidas curvas se hacen por un lado de la quilla

central. El largo curvo no se mide sobre la cresta de la quilla debido a las irregularidades de ésta y a lo difícil que es mantener la cinta métrica sobre la quilla. El extremo de la cinta métrica se debe sujetar fuertemente en la unión de la piel y el caparazón a la altura de la quilla central, y la cinta se debe tensar hasta la proyección caudal, permitiendo que la cinta siga una posición “natural” a lo largo de la quilla.

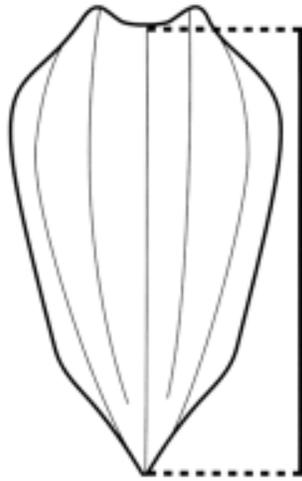
Ancho de Caparazón

El ancho del caparazón se mide por el punto más amplio; no hay puntos de referencia anatómica. El ancho recto del caparazón (ARC) se mide con un calibrador. El ancho curvo del caparazón (ACC) se mide con cinta métrica flexible; la cinta no sigue la curvatura de las quillas, mejor dicho atraviesa de la cresta de una quilla a la cresta de otra. Para cada tortuga, puede ser que la ubicación anatómica sobre el caparazón donde se mide el ARC y el ACC no sea la misma. En la laúd la referencia anatómica es el inicio de las quillas laterales (la 1^{ra} y la 7^a, respectivamente).

Largo de la Cola, Ancho de la Cabeza y Largo del Plastrón

El ancho de la cabeza se mide por el punto más amplio con un calibrador. No se recomienda voltear a una laúd adulta sobre su caparazón con el propósito de medir la longitud de la cola o plastrón. Si se encuentran juveniles, la longitud de la cola se debe medir como se describe para tortugas de caparazón duro y la longitud del plastrón se debe medir con un calibrador a lo largo de la línea media desde el borde anterior hasta el borde posterior.

Figura 3. Puntos anatómicos anterior y posterior para el largo recto del caparazón (LRC) y el largo curvo del caparazón (LCC) en tortugas laúd. En ambos casos, el largo se mide desde la muesca nual (borde anterior del caparazón por la línea media) hasta el extremo posterior de la proyección caudal.



Medidas Lineales de Crías de Tortugas

Las crías se deben medir con un calibrador pequeño siguiendo los procedimientos para medidas rectas descritos arriba. Debido a que el caparazón de las crías es muy flexible, se debe tener cuidado de no deformarlo cuando se esté midiendo.

Procedimientos de Medición:

Medidas de Masa

La masa corporal es una medida del tamaño del cuerpo biológicamente más significativa que las medidas lineales ya que los parámetros fisiológicos están a escala según la masa. Sin embargo, la masa corporal es más difícil de medir y tiene mayor variación debido al estado reproductivo y a la condición nutricional (p. ej., la extensión del intestino lleno). Después de que una serie de mediciones de la masa y lineales se han colectado para una población, se puede usar una ecuación de regresión lineal para estimar la masa corporal a partir de la longitud del caparazón (Bjorndal y Bolten, 1988; Boulon *et al.*, 1996). Sin embargo, a través del tiempo la relación de la masa con la longitud puede cambiar por la calidad del hábitat y por los efectos dependientes de la densidad (Bjorndal *et al.*, en prensa).

Las tortugas marinas se pueden pesar con una báscula de resorte. Se debe elegir la báscula apropiada para el intervalo de tamaño de las tortugas. En general, la exactitud absoluta de una báscula de resorte disminuye con el aumento de su capacidad total. Para reducir el traumatismo cuando se están pesando las tortugas, se debe usar una malla o red de soporte para sostener a la tortuga. Se puede construir un tripie portátil con un sistema de poleas para levantar a las tortugas. Las crías se pueden colocar en una bolsa

pequeña y limpia (obteniendo primero la tara de la misma) y pesarlas en una báscula de resorte. Se puede lograr una mayor exactitud pesando las crías en una balanza granataria de triple barra o en una balanza electrónica.

Proveedores de Materiales

El equipo para la colecta de mediciones de tortugas (p. ej., calibradores de árbol, cintas métricas, básculas de resorte, y cuadernos resistentes al agua) están disponibles en compañías abastecedoras de silvicultura. Los calibradores antropómetros (disponibles en suministros científicos o médicos) son muy exactos pero costosos.

Conclusiones

Existen varias formas de medir tortugas. Se deben seleccionar y usar consistentemente los métodos apropiados para un estudio. En este capítulo se han descrito los métodos recomendados para la medición de tortugas marinas. Sin embargo, se deben definir claramente las especificaciones para cualquier medida que se use. La precisión de las medidas debe estar determinada e incluida en el informe de cualquier proyecto y publicación.

Literatura Citada

- Bjorndal, K. A. y A. B. Bolten. 1988. Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. *Copeia* 1988:555-564.
- Bjorndal, K. A. y A. B. Bolten. 1989. Comparison of straight-line and over-the-curve measurements for growth rates of green turtles, *Chelonia mydas*. *Bulletin of Marine Science* 45:189-192.
- Bjorndal, K. A., A. B. Bolten, y M. Y. Chaloupka. En prensa. Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. *Ecological Applications*
- Boulon, R. H., Jr., P. H. Dutton y D. L. McDonald. 1997. Leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) on St. Croix, U.S. Virgin Islands: Fifteen years of conservation. *Chelonian Conservation and Biology* 2:141-147.
- Frazier, J. 1998. Measurement error: The great chelonian taboo, p. 47-49. *In*: R. Byles e Y. Fernandez (Compiladores). *Proceedings of the Sixteenth Annual Symposium on Sea Turtle Conservation and Biology*.

- NOAA Technical Memorandum, NMFS-SEFC-412. U.S. Department of Commerce.
- Gerosa, G. 1995. Sea Turtle Manual of Tagging Techniques. United Nations Environment Programme, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis.
- Pritchard, P., P. Bacon, F. Berry, A. Carr, J. Fletemeyer, R. Gallagher, S. Hopkins, R. Lankford, R. Márquez M., L. Ogren, W. Pringle, Jr., H. Reichart y R. Witham. 1983. Manual of Sea Turtle Research and Conservation Techniques, Segunda Edición. K. A. Bjorndal y G. H. Balazs (Editores). Center for Environmental Education, Washington, D.C. 125 pp.
- Pritchard, P. C. H. y P. Trebbau. 1984. The Turtles of Venezuela. SSAR Contribution to Herpetology No. 2:1-403.
- Shoop, C. R. y C. Ruckdeschel. 1986. Guest editorial: Measuring sea turtles. Marine Turtle Newsletter 36:10-12.
- van Dam, R. y C. E. Diez. 1994. Foraging ecology and population dynamics of the hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) at Mona Island, Puerto Rico: Research Report for 1993. Inédito. 26 pp.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Segunda Edición. Prentice-Hall, New Jersey. 718 pp.

Periodicidad en la Anidación y el Comportamiento entre Anidaciones

Javier Alvarado

Laboratorio de Tortugas Marinas, Facultad de Biología, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, A.P. 35A, Morelia, Michoacán 58000 México; email: jadiaz@zeus.ccu.umich.mx

Thomas M. Murphy

South Carolina Department of Natural Resources, 585 Donnelley Drive, Suite 2, Green Pond, South Carolina 29446 USA; Tel: +1 (843) 844-2473; Fax: +1 (843) 846-6929; email: murphyt@pop.scdnr.state.sc.us

Periodicidad de la Anidación

Las hembras de todas las especies de tortugas marinas depositan múltiples nidadas en el transcurso de su vida reproductiva (uno o más años reproductivos). Un “intervalo entre anidaciones” es el período, en días, entre una puesta exitosa y el primer intento de anidación subsecuente realizado por la hembra durante una sola temporada de anidación (=año reproductivo). “Intervalo de remigración” es el período, en años, entre temporadas de anidación consecutivas para una hembra en particular. Estimar el tamaño anual de una población anidadora (el número de tortugas reproductoras que anidan cada año) es crítico para cualquier estrategia de conservación o manejo. En ausencia de un proyecto de marcado de saturación (que revela con precisión cuántas tortugas anidan cada año), un elemento clave para obtener una estimación confiable es la información exacta sobre la periodicidad en la anidación de la población.

Los **intervalos entre anidaciones** fluctúan entre 12-15 días para *Caretta*, *Chelonia*, *Eretmochelys* y para anidaciones solitarias de *Lepidochelys*; 13-18 días para *Natator*; y 9-10 días para *Dermochelys*. En *Lepidochelys*, los intervalos para “arribadas” (anidaciones masivas) son más extendidos y más variables porque su ocurrencia parece ser influenciada por factores ambientales como viento y marea. Para calcular este intervalo se requiere un muestreo representativo de tortugas que hayan desovado por lo menos dos veces durante la temporada reproductiva (una N de 100 o más es recomendable). Mientras más cercano sea el tamaño de la muestra al número total

de nidadas puestas en la temporada, la estimación será más confiable. Deben marcarse las tortugas (es decir, poder identificar a cada individuo) y, para cada individuo, debe contarse el número de días entre una anidación exitosa y el intento de anidación subsecuente. (Se hace notar que el intervalo entre anidaciones *no* se define como el número de días entre anidaciones, sino entre una anidación exitosa -con ovoposición- y la primera arribada a la playa para el próximo ciclo de anidación). De este muestreo, puede calcularse un promedio para la población. Es útil informar el promedio, así como el intervalo (mínimo y máximo) y el error estándar.

Para facilitar la visualización del intervalo entre anidaciones, es útil representar los datos gráficamente en la forma de un histograma, dividiendo el eje de las abscisas (x) en intervalos de 2 días (5-7 días, 7-9 días, 9-11 días, y así sucesivamente). Los datos derivados del patrullaje nocturno en las playas de anidación y de un programa de marcado intensivo, ilustrarán un pico primario dentro de un promedio definido de manera aproximada para la especie. (e.g., 9-10 días para *Dermochelys*), con picos secundarios que representan múltiplos del intervalo promedio; en el caso de *Dermochelys*, 20 días, 30 días, 40 días, y así sucesivamente. En estudios de *Caretta*, *Chelonia* y *Eretmochelys*, deben desecharse de cualquier cálculo del intervalo de anidación promedio aquellos intervalos observados que excedan de 25 días, así como aquellos intervalos observados que excedan de 18 días para *Dermochelys*. En estos casos, es probable que las anidaciones intercaladas hayan ocurrido sin ser

observadas, y los datos deberán tratarse como se describe a continuación.

En un sitio de monitoreo donde las hembras anidadoras son marcadas y el intervalo entre anidación promedio es, digamos, 12 días, la **frecuencia de puesta** (el número promedio de nidadas puestas por cada individuo durante una sola temporada de anidación) no debe estimarse únicamente a partir de las anidaciones observadas, sino basado en el supuesto de que todas las anidaciones ocurran a intervalos regulares de 12 días. Una tabla de anidaciones con las fechas de anidación para las tortugas marcadas, le permite al investigador visualizar los “huecos” en los registros para la secuencia de anidaciones de cada individuo. Estos huecos se manifestarán como intervalos de anidación en múltiplos del período regular (24, 36, o más días), reflejando probablemente la ocurrencia de anidaciones inadvertidas por el personal de campo. Esto debe tenerse en cuenta al momento de hacer cálculos más precisos. Contabilizar anidaciones observadas y estimadas (no observadas, pero que probablemente ocurrieron) mediante este procedimiento, y dividir el total entre el número de tortugas marcadas proporciona una estimación más confiable de la frecuencia de puestas que aquella obtenida si el número de nidos observados se dividiera entre el número de tortugas marcadas. Sin embargo, el resultado debe considerarse una subestimación, ya que, por definición, los huecos en el registro de la anidación no aparecen cuando la anidación no observada fue la primera o la última de una hembra en particular.

Un método indirecto de estimación del número de hembras anidadoras por año se deriva del número total de nidadas (definidas como la puesta exitosa de huevos en un nido) registradas durante el mismo período de tiempo. El número total de nidadas se divide entre la frecuencia de puesta, definida como el número promedio de nidadas puestas por hembra por año (varía dentro de un intervalo de 2-3 para *Lepidochelys* hasta siete o más para *Dermochelys*). La frecuencia de puesta varía ligeramente entre temporadas, así como geográficamente. Una vez que se conoce este valor para una especie y un área en particular (con base en datos colectados en un sitio de estudio monitoreado, donde el patrullaje nocturno incluye un programa intensivo de marcado), entonces se pueden obtener estimaciones del tamaño de la población para zonas donde sólo se dispone de conteos de rastros. Para esto, debe tenerse conocimiento

adicional sobre el **éxito de puesta**. Por ejemplo, si se cuentan 200 rastros durante una temporada de anidación, pero se juzga que sólo 160 de ellos están asociados a nidadas (es decir, solo 160 fueron puestas exitosas), y se sabe que la frecuencia de puesta promedio es de cuatro, entonces puede estimarse que el número de hembras anidadoras es 40 (160/4) y no 50 (200/4).

El contar con una estimación de intervalos de anidación, frecuencia de puesta y éxito de puesta para un sitio del estudio con monitoreo, permite realizar cálculos del tamaño de la población para zonas sin patrullajes, donde sólo se dispone de conteos de rastros. En la ausencia de una cobertura de patrullaje para el 100% de una playa, que es difícil de lograr incluso en los programas de monitoreo de mayor alcance (el caso para la mayoría de las naciones que no pueden permitirse el lujo de supervisar completamente todas las playas de anidación de manera intensiva cada noche), esta información es fundamental para el manejo. Sin embargo, el tener por lo menos una playa con patrullajes nocturnos intensivos es un requisito para obtener la información básica.

Dado que sólo una proporción de la población adulta se reproduce cada año, es necesario desde un punto de vista de manejo considerar más allá de las estimaciones anuales de hembras anidadoras, para alcanzar estimaciones de la población adulta en su totalidad. La información sobre el **intervalo entre remigraciones** (la periodicidad de anidación entre temporadas) es esencial para estimar el número total de hembras maduras en toda la población. Suponiendo una fidelidad estricta al sitio de anidación a través de los años y que cada hembra en una población anida cada año, entonces el número total de hembras anidadoras observado por año sería equivalente al número total de hembras sexualmente maduras en la población. Sin embargo, con la posible excepción de *Lepidochelys*, ninguna población de tortuga marina estudiada hasta ahora se caracteriza por que todas, ni siquiera una mayoría, de sus hembras maduras anidan todos los años. Generalmente, cuando una tortuga completa una temporada reproductiva, pasarán dos, tres, cuatro o más años antes de que sea vista de nuevo en las playas de anidación.

Para convertir el número de hembras anidadoras por temporada anual al número total de hembras reproductivamente activas en la población total, debe conocerse el intervalo de remigración promedio. Con la excepción de *Lepidochelys*, no se conocen bien

los intervalos de remigración en poblaciones de tortugas marinas. Es posible que las tortugas dejen pasar muchos años (quizás una década o más en algunos casos) entre temporadas de actividad reproductora; por tanto, hay pocos bancos de datos con la longevidad suficiente para medir este parámetro con precisión. Los valores disponibles en la literatura para los intervalos de remigración fluctúan entre 2 a 3 años para la mayoría de las especies, pero éstos deben usarse con cautela, ya que en su mayor parte se calculan a partir de estudios de marcado aún de corto plazo (menos de una década), y la mayoría no ha tenido en cuenta la variable de pérdida de marcas.

Para determinar el intervalo de remigración, los patrullajes nocturnos en la playa deben incluir el marcado de hembras anidadoras por períodos que excedan una década, se debe mantener un registro preciso de las marcas colocadas, y deben tomar en cuenta los cálculos de pérdida de marcas. Cuando se encuentra una hembra marcada, su período de ausencia de la playa de anidación puede calcularse a partir de los registros de marcado que documenten su última anidación registrada. Al final de cada temporada, una gama de intervalos de remigración será evidente en el banco de datos. Estos intervalos estarán restringidos por el número de años en que se ha realizado el marcado; es decir, no es posible documentar un intervalo de remigración que exceda el número de años en que el marcado ha tenido lugar. Con el tiempo, pueden documentarse los intervalos primarios y secundarios para la población en estudio. Es esencial obtener los datos a lo largo de muchas estaciones reproductivas para obtener estimaciones robustas de la conducta de remigración.

Observación de Tortugas y Colecta de Datos

Los datos biológicos esenciales para las determinaciones de periodicidad reproductiva se obtienen de patrullajes nocturnos (o diurnos en algunas poblaciones de *Lepidochelys*) de las playas de anidación durante la estación reproductiva. El personal de campo inspecciona cada tortuga encontrada y, típicamente después de la oviposición, se procede con evaluaciones de lesiones, ectobiota y otros aspectos de interés, así como la medición (ver Bolten, este volumen) y marcado (ver Balazs, este volumen). Si la tortuga se marca, se registra el número de la marca. Debe anotarse la presencia de cicatrices potencial-

mente causadas por marca, no importando si la tortuga será marcada o no. Si no se encuentra una marca, una o múltiples marcas son aplicadas, dependiendo de la práctica normal. Debe anotarse si la tortuga construyó un nido o no, y si lo hizo, si se depositaron o no los huevos. Si la hembra oviposita, debe darse un número de referencia al nido y registrar su ubicación en la playa. La localización del nido puede estimarse a partir de puntos de referencia o estacas preparadas en puntos predeterminados a lo largo de la longitud de la playa, separados por distancias no mayores de 0.5 km.

Puede documentarse la conducta de la tortuga desde su emergencia a la playa hasta su retorno al mar en fases discretas, como: a) emergencia del mar, b) desplazamiento del punto de emergencia a la zona de anidación, c) selección de un sitio de anidación específico, d) remoción de arena para formar la “cama”, e) excavación de la cámara de incubación, f) oviposición, g) tapado de la nidada, h) camuflaje del nido, e i) regreso al mar.

Típicamente se observa un rastro antes de observar a la tortuga. La identificación de la especie debe realizarse a partir del rastro, y determinarse si el rastro es “fresco” o no. Los rastros frescos son perceptibles en la porción más húmeda de la playa, debajo de la línea de la marea o inmediatamente sobre ella. Son muy oscuros en la porción húmeda de la playa, y muy pálidos en la zona seca. Los rastros frescos están generalmente limpios; es decir, no estropeados por pisadas, huellas de cangrejo, etc. Por otro lado, los rastros más viejos se encuentran exclusivamente sobre la marca de marea alta, y generalmente están recubiertos por huellas de animales (por ejemplo, cangrejos, aves marinas, animales domésticos o ferales). Los rastros más viejos son comparativamente suaves y del color de la arena circundante.

Determinar si el rastro es de “subida” (ascendente) o “bajada” (descendente) facilitará la localización de la tortuga y/o nidada (también ver Schroeder y Murphy, este volumen). Una vez que se encuentra la tortuga, debe determinarse la fase de anidación en que se encuentra (ver arriba) y registrarse. Entretanto, deben tomarse precauciones al acercarse a una tortuga anidando, evitando el uso de cualquier luz artificial. Las hembras, sobre todo durante las fases tempranas de la anidación (previo a la oviposición), son típicamente cautas y pueden asustarse fácilmente por perturbaciones, particularmente luz artificial o ruidos extraños. Estos pueden causar el abandono del

proceso de la anidación. Uno debe aproximarse a las tortugas por detrás y sólo después de que el proceso de excavar la “cama” ha empezado. Esta fase puede descubrirse por la presencia de arena húmeda (más oscura) rodeando a la tortuga, y por el movimiento de todas aletas (en contraste con lo que ocurre cuando excava el nido, que involucra sólo las aletas traseras).

Inicialmente, el contacto con la tortuga sólo debe ocurrir después de que la hembra ha terminado de camuflar el nido. Una vez que el nivel general de tolerancia por parte de hembras que utilizan un sitio de estudio particular es bien conocido por los técnicos de campo, ciertos aspectos de la colecta de datos, como medidas y conteo de huevos, podrían llevarse al cabo con seguridad una vez la cámara de incubación está completa (es decir, previo a tapar la cámara del huevo y camuflar el nido). El consenso general es que el marcado no debe hacerse hasta que los huevos se han depositado (ver Balazs, este volumen). Antes del regreso, debe examinarse la tortuga con una luz suave para confirmar la especie (ver Pritchard, este volumen), identificar las marcas potencialmente ocultas (como aquellas colocadas en el área de la ingle), y documentar lesiones. Por último, se registra la información pertinente, como la ubicación del nido y distancia al mar, el número de huevos, fecha, hora y nombre de observador.

Es importante buscar las marcas y las cicatrices de marca potenciales, aun cuando el proyecto local no realiza un programa de marcado, debido a que las hembras anidadoras pueden haberse encontrado en otras regiones y se pueden haber marcado por otros investigadores. Si se encuentran marcas, deben enviarse la fecha y localidad donde la tortuga fue encontrada, junto con los nombres e instituciones participantes, a la dirección de retorno grabada en la marca o a un banco de datos de marcado, dependiendo del procedimiento que opera en la región.

Comportamiento entre Anidaciones

Mientras el enfoque de investigación y manejo de hembras grávidas ha estado dirigido a las actividades terrestres, también hay una necesidad de comprender las actividades en el ambiente marino de estas hembras en la medida que se relacionan con la interpretación de datos de playa y la protección de las tortugas en el ambiente marino durante la estación reproductiva. La documentación de los movimientos entre anidaciones (los movimientos de hembras en el mar entre eventos de anidación dentro de la misma temporada) ayuda

en la identificación de las áreas y hábitats más frecuentemente usados por las hembras grávidas. Éstas deben ser identificadas como áreas clave sobre las cuales concentrar protección contra amenazas como pesquerías de arrastre, redes agalleras, dragado, y exploración petrolera y de mineral durante la temporada de anidación.

Monitorear a las tortugas en el ambiente marino normalmente requiere del uso de técnicas de seguimiento a distancia. Esto puede involucrar el uso de globos o flotadores para monitoreo diurno, el uso de “luz química” o fuentes luminosas operadas por baterías para monitoreo nocturno, o el uso de técnicas electrónicas de telemetría (ver S. Eckert, este volumen). Las actividades de hembras grávidas que son rastreadas usando técnicas de sensoramiento remoto pueden ser utilizadas para 1) documentar la necesidad para proteger hábitats; 2) derivar un mejor conocimiento de los comportamientos asociados con la anidación; y 3) validar datos colectados en la playa de anidación. Las necesidades específicas de manejo para una colonia anidadora, combinadas con el personal y fondos disponibles y las características locales del área del estudio, definirán los métodos a seguir.

Con la excepción de las tortugas laúd, que en ocasiones se aventuran a aguas profundas entre anidaciones, el enfoque más directo para monitoreo *a corto plazo* de hembras grávidas es el uso de flotadores atados a la tortuga por medio de una línea o cabo. La longitud del cabo usado dependerá de las profundidades encontradas alrededor del área del estudio. En la mayoría de los casos el cabo debe ser más largo que la profundidad máxima normal. Además del flotador de rastreo en el extremo, debe haber también flotadores puestos a intervalos regulares (3 m) a lo largo del cabo para prevenir que se enrede cuando la tortuga está en aguas poco profundas. También puede montarse un segmento de tubo de PVC en el punto de atadura a la tortuga para desviar el cabo lejos de las aletas de la tortuga. La fuerza tensora del cabo o el punto de atadura debe ser tal que si el flotador o el cabo se enganchan, la tortuga pueda romper fácilmente la unión. Además, el punto de atadura debe tener un eslabón corrosible que soltará todo el equipo a través de la acción del agua salada.

El flotador debe ser lo bastante grande para ser visible a una distancia de por lo menos 1 km, bajo las condiciones de un área de estudio particular. El uso de un mástil para elevar una bandera sobre el flotador aumentará la visibilidad. Un mástil normalmente exigirá

a un contrapeso para mantenerlo vertical. El flotador puede atarse durante la oviposición o después de que la hembra haya completado el proceso de anidación. El uso de áreas de observación elevadas, como puntas rocosas o torres, puede mejorar el rastreo. La posición de la tortuga rastreada puede determinarse realizando una triangulación a partir de la lectura simultánea de la ubicación de los flotadores con brújulas desde dos puntos de observación. La limitación principal en la utilización de flotadores es que la distancia de rastreo se restringe a los límites del campo visual del observador. Además, el tamaño y colores del flotador pueden atraer a los depredadores y personas no involucradas en el proyecto.

El monitoreo de las actividades nocturnas de las tortugas generalmente requerirá la adición de luces al equipo del flotador. Estas luces deben facilitar el rastreo pero sin entorpecer las actividades de la tortuga. Mientras que las varas de luz química deben reemplazarse diario, proporcionan una fuente luminosa muy visible aunque difusa. Las luces con baterías deben sellarse contra el agua salada para evitar los efectos corrosivos del mar.

El uso de marcas electrónicas como los transmisores sónicos o de radio incrementan la distancia máxima a la que una tortuga puede localizarse. Esta ventaja conlleva costos adicionales para los transmisores y el equipo receptor. Las tortugas marinas de caparazón duro se prestan bien para el monitoreo electrónico porque pueden llevar transmisores relativamente grandes y tienen un punto conveniente de adhesión en el caparazón óseo. Típicamente, los transmisores sónicos tienen un campo de acción más limitado que los transmisores de radio, pero tienen la ventaja de transmitir señales precisas mientras la tortuga se encuentra sumergida. Los transmisores de radio y sónicos montados en el caparazón frecuentemente se usan en combinación, usando la radio para localizar el área general donde se encuentra la tortuga durante su breve actividad de superficie, y el sónico para adquirir datos continuos una vez que se establece el contacto.

Las radios se atan directamente al caparazón, o

se incorporan en un flotador al final de un cabo. Una atadura directa con pegamento o fibra de vidrio al domo del caparazón sólo proporciona señales cuando la tortuga está en la superficie. Para la mayoría de las especies esto es sólo una fracción pequeña de tiempo mientras están en el mar y durante las emergencias de anidación terrestres. El uso de un paquete flotador permite el contacto continuo en el agua poco profunda pero tiene la desventaja de desprenderse frecuentemente, sobre todo en los hábitat rocosos o coralinos. Pueden usarse los transmisores con flotador en combinación con los transmisores montados en el caparazón. Esta configuración doble permite el contacto continuo, mientras el flotador permanezca adherido, pero tiene la ventaja adicional de restablecer el contacto durante las emergencias terrestres si el flotador se suelta. El transmisor con flotador normalmente puede recuperarse y rehusarse si se suelta de la tortuga. La configuración flotador/cabo también puede usarse para recapturar a la tortuga “pescándola” por medio del cabo y trayéndola a la superficie.

Para determinar la posición de la tortuga, se requieren dos estaciones de rastreo para que se registren dos lecturas simultáneas. Las sesiones de rastreo pueden ser programadas a medianoche, al amanecer, mediodía y tarde. Cada sesión puede durar cuatro horas y puede llevarse al cabo cada cuatro o cinco días a lo largo del tiempo de estudio.

El uso de telemetría de satélite tiene la ventaja de un alcance casi ilimitado. Los transmisores de satélite (PTT's) también tienen el mayor costo inicial así como costos significativos asociados con el monitoreo y acceso. La exactitud y frecuencia de las localizaciones variarán con la latitud, ciclo de transmisión del aparato, tiempo de superficie de la tortuga, condición del mar, método de atadura, duración del paso y posición del satélite. A pesar de que es posible monitorearse los movimientos entre anidaciones vía satélite o por telemetría basada en VHF desde tierra, son los movimientos extensos post-anidación los que sólo pueden seguirse con la tecnología de satélite (ver S. Eckert, este volumen).

Ciclos Reproductivos y Endocrinología

David Wm. Owens

Department of Biology, Mail Stop 3258, Texas A&M University, College Station, Texas 77843-3258 USA; Tel: +1 (409) 845-0910; Fax: +1 (409) 845-2891; email: daveo@bio.tamu.edu Y Grice Marine Laboratory, University of Charleston, 205 Fort Johnson Road, Charleston, South Carolina 29412 USA

Introducción: ¿Por qué y Cuándo estudiar los sistemas reproductivos?

El estudio de los ciclos reproductivos en tortugas marinas y su control endócrino, cae principalmente en áreas a menudo consideradas como investigación básica. ¿Debería este tipo de investigación llevarse a cabo para todas las especies amenazadas o en peligro? Este es un asunto importante que debe ser considerado muy cuidadosamente antes de empezar un proyecto de esta índole. La respuesta debe ser “algunas veces sí y algunas veces no.” Antes de iniciar cualquier estudio de fisiología reproductiva en tortugas marinas se debe contar con una respuesta afirmativa a cuatro preguntas:

- (1) ¿Ha recibido el investigador aprobación científica de sus pares para el proyecto por medio de las agencias internacionales, nacionales, estatales e institucionales que otorgan dichos permisos para hacer su investigación? En otras palabras, científicamente hablando, ¿se considera que el proyecto es de alta prioridad?
- (2) ¿Cuenta el investigador con la destreza técnica para emprender de forma segura el proyecto desde un punto de vista de bienestar tanto para el animal como para el investigador?
- (3) ¿Está disponible y a la mano el equipo apropiado para asegurar el manejo de las tortugas y completar los protocolos y análisis?
- (4) Dado que es caro, ¿se cuenta con los recursos financieros para hacer este tipo de investigación?

Si el proyecto propuesto puede satisfacer estos estándares, entonces la investigación debería continuar. ¿Son estos estándares muy altos? No parecen serlo, ya que al menos cinco laboratorios en Australia y

Estados Unidos han satisfecho claramente estos estándares y han hecho contribuciones significativas al conocimiento sobre la endocrinología y reproducción de las tortugas marinas sin perjuicio a los animales estudiados.

El poder identificar proyectos que puedan ser apropiados para tortugas marinas es crítico ya que uno no quiere intentar un protocolo que podría someter a mayores peligro a una población ya mermada. Por esta razón es útil para el fisiólogo colaborar con un biólogo de la conservación (que pueden ser la misma persona) siempre que sea posible. Hace varios años se sugirieron diversas pautas, las cuales aún tienen algunas aplicaciones con respecto a la justificación de nuevos proyectos de investigación en esta área (Owens, 1995). Éstas son: (1) identificación de procesos reproductivos críticos y posiblemente singulares de especial interés para la supervivencia de las especies; (2) desarrollo de técnicas mejoradas para efectuar investigación básica y de alta prioridad; y (3) avanzar vigorosamente en la investigación básica de la biología reproductiva, especialmente donde han sido identificadas áreas críticas.

Potencial de la Investigación: ¿Qué usos hay para este tipo de estudios?

Las tortugas marinas han sido modelos sorprendentemente útiles para la biología reproductiva en reptiles, ya que, no obstante su inconveniente gran tamaño, la sangre se obtiene fácilmente para estudios hormonales y son buenas pacientes para intervenciones quirúrgicas. El primer ciclo hormonal reptiliano relativamente completo, fue documentado en las tortugas verdes de la Granja de Tortugas en Gran Cayman (revisado en Owens, 1977). En sitios donde

también se acumulan datos ecológicos sólidos sobre poblaciones de vida libre, se pueden obtener respuestas a preguntas importantes acerca de la historia de vida como, por ejemplo, la proporción sexual de las poblaciones inmaduras, cronología de la ovulación de las hembras, fecundidad dentro de una temporada, qué porcentaje de la población es reproductivamente activa en un momento dado, y tiempo y edad para alcanzar la madurez sexual. Debido a varios rasgos poco usuales del ciclo de vida encontrados en tortugas marinas (p. ej., madurez tardía, larga vida, ciclos reproductivos variables, determinación sexual dependiente de la temperatura), los modeladores de poblaciones necesitan la clase de información reproductiva precisa que puede obtenerse al combinar estudios ecológicos (de campo) detallados, con investigaciones fisiológicas cuidadosamente diseñadas. Importantes estudios en Isla Heron, Australia, muestran el gran potencial de tales estudios híbridos (p. ej., Limpus, 1985; Wibbels *et al.*, 1990).

Con el incremento en la capacidad para capturar y rastrear a los individuos (ver S. Eckert, este volumen), deberá ser posible en un futuro cercano mejorar inmensamente nuestro entendimiento de los factores que controlan la migración y sistemas de apareamiento, así como la dinámica nutricional y el estrés durante la reproducción. Mientras que una motivación inicial fue mejorar el conocimiento sobre el potencial reproductivo en condiciones de cautiverio, y se obtuvieron claros productos en este campo, el éxito de estos programas (Wood y Wood, 1980) ha reducido de hecho la necesidad de investigaciones intensivas en cautiverio, excepto en la medida en que pueden relacionarse con un mejor entendimiento de la fisiología básica

Técnicas Específicas

Existen cuatro técnicas que son frecuentemente usadas en estudios endócrinos: muestreo de sangre, radioinmunoensayos hormonales, cirugía laparoscópica y ultrasonografía. A continuación se discutirán las aplicaciones, validez, riesgos y análisis de cada una.

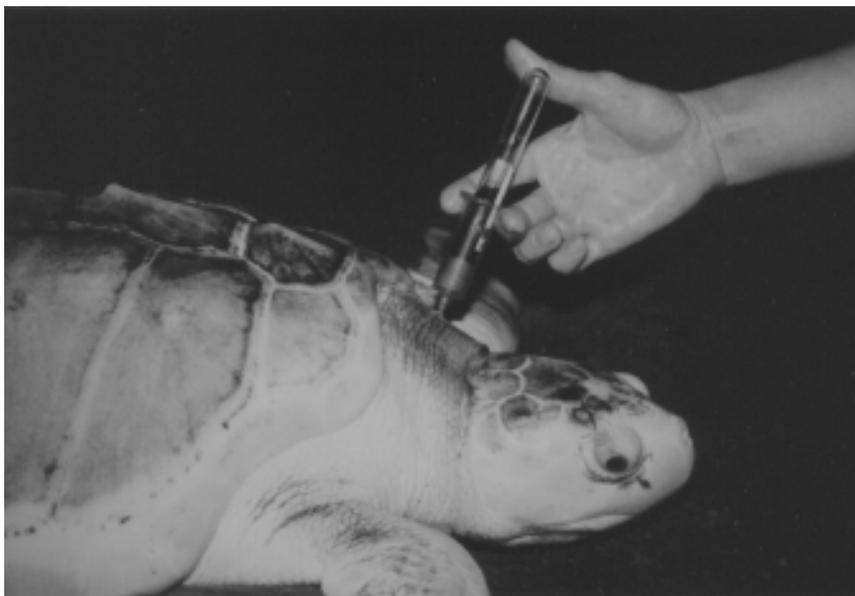


Figura 1. Muestreo de sangre del seno cervical dorsal en una tortuga kempí usando un sistema Vacutainer con tubo colector al vacío. Antes de tomar la muestra, se debe efectuar una limpieza cuidadosa de la región del cuello.

Muestreo de Sangre

La sangre es considerada un tejido del cuerpo, como lo son el músculo y hueso. La ventaja de la sangre es que una muestra es fácil de obtener y que puede proveer, a través de sus subcomponentes, excelentes indicadores de muchos aspectos de la salud de un individuo y su estado reproductivo. Tomar una muestra de sangre de los senos en el lado dorsal del cuello es ahora rutinario (Owens y Ruiz, 1980). Después de una modesta cantidad de práctica es posible obtener una muestra de sangre en el 95% de las veces (Figura 1).

Tanto jeringa y aguja como tubo de vacío (p. ej., vacutainers), aguja y sistema sujetador, funcionan bien para obtener la sangre. Con práctica, la muestra puede ser tomada en 30 segundos. Para tortugas menores a 0.5 kg, una aguja de calibre 23 de 1/2 pulgada proporciona los mejores resultados. Para tortugas de 0.5-5 kg, una aguja de calibre 21 de 1 pulgada es satisfactoria, mientras que agujas de calibre 21 y 1.5 pulgadas funcionan mejor en los animales más grandes, excepto en tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*; ver más adelante). El mejor anticoagulante es la heparina de litio o sodio. El EDTA (también anticoagulante) se deberá evitar ya que causa hemólisis en la sangre de las tortugas marinas. Es importante colocar a la tortuga de manera que el seno se llene con sangre. Por esta razón, se han obtenido resultados consistentes cuando



Figura 2. Después de la anestesia local, la tortuga se sujeta en posición invertida para la laparoscopia. Se requieren técnicas quirúrgicas estériles en este procedimiento para evitar infecciones. El laparoscopio está siendo insertado dentro de la manga, la cual ha sido introducida en el peritoneo.

la cabeza de la tortuga se encuentra más abajo que el cuerpo. Ya sea un bastidor en ángulo para sujetar a la tortuga, un banco o mesa inclinada o una playa de anidación inclinada (con asistentes sujetando al animal) funcionan bien. Siempre se debe de limpiar cuidadosamente el cuello con alcohol (conteniendo al menos 70% de etanol), u otro antiséptico antes de tomar la muestra.

El seno se localiza a ambos lados de la línea media del cuello entre $1/3$ y $1/2$ de la distancia entre la parte posterior de la cabeza y el borde anterior del caparazón. Dependiendo del tamaño de la tortuga, el seno está dentro de los 0.5 a 3 cm laterales a la línea media. Existen algunas variaciones entre individuos, por lo cual no es inusual tener que insertar la aguja de 3 a 5 veces para localizar el seno. Si de un lado del cuello no se obtiene sangre, se debe tratar del lado opuesto. Siempre inserte la aguja verticalmente (90 grados con respecto al plano del cuello) en el cuello y *no* mueva la aguja lateralmente para localizar el seno. Esto puede causar daño innecesario al tejido. Una vez insertada la aguja, aplique succión y mueva la aguja lentamente hacia arriba y hacia abajo hasta localizar el seno. *No* remueva la aguja del cuello mientras se esté aplicando succión ya que esto puede dañar su muestra.

Centrifugue la sangre inmediatamente o manténgala en hielo hasta centrifugar. Separe el plasma

de las células rojas y guarde ambas fracciones preferiblemente a temperaturas ultra frías para almacenamiento a largo plazo e investigaciones posteriores. Entre los proveedores de equipos biomédicos y científicos se pueden encontrar varias marcas de centrífugas eléctricas pequeñas y portátiles. Se prefieren las temperaturas ultra frías ($< -50^{\circ}\text{C}$) para almacenar productos de la sangre ya que estas bajas temperaturas reducen los cambios de las proteínas. A corto plazo, las temperaturas ultra frías pueden lograrse usando hielo seco o nitrógeno líquido. Para almacenaje por periodos largos se recomienda un ultra congelador eléctrico o un congelador de nitrógeno líquido.

Ya que los senos del cuello de las tortugas del género *Lepidochelys* y las caguamas (*Caretta caretta*) son más grandes (particularmente en individuos inmaduros), se localizan más fácilmente que los de las tortugas verdes (*Chelonia mydas*) y careyes (*Eretmochelys imbricata*). Puede ser problemático tomar muestras de hembras anidadoras adultas de todas las especies después de que han estado reptando por la playa. El seno parece estar más comprimido que en los animales recién sacados del agua. El muestreo en laúdes es más difícil porque sus cuellos son muy grandes y requieren de una aguja larga (3 a 3.5 pulgadas) como aquellas usadas para el muestreo de líquido espinal. La piel coriácea es excepcionalmente difícil de penetrar y existen varios retos en el procedimiento, incluyendo la coagulación en la aguja larga (por lo que el interior de la aguja deberá ser revestido con anticoagulante antes de tomar la muestra). Se ha descrito una prometedora técnica alternativa para obtener muestras de las aletas posteriores en laúdes (Dutton, 1996). Como regla general, extraer la sangre de la hembra en el proceso de cubrir sus huevos puede ser difícil porque el seno se reduce en tamaño y se dificulta localizarlo. La toma de muestra es fácil si uno puede anticipar el final de la oviposición y obtener la muestra antes de que comience a cubrir; sin embargo, una desventaja de esta técnica es que las tortugas de la mayor parte de las especies pueden abortar el final de su desove.



Figura 3. La evaluación ultrasónica del ovario es posible usando la sonda ultrasónica y colocándola en el área inguinal justo atrás del plastrón. No se utiliza anestesia, solo tres asistentes están inmovilizando a la tortuga en un neumático de automóvil.

Radioinmunoensayos de hormonas

Así como el trabajo sobre la química sanguínea de algunos componentes como iones y azúcares puede dar una indicación del estado de salud del animal, los niveles específicos de ciertas hormonas en la circulación pueden también proveer indicios así como datos precisos del estado reproductivo o conducta del individuo. Muchos ensayos hormonales (endócrinos) están ahora disponibles en equipos de varias compañías tales como ICN Pharmaceuticals (Costa Mesa, California USA) o Diagnostic Products Corporation (DPC) (Tarzana, California USA). Muchos esteroides pueden ser analizados en hospitales veterinarios docentes o laboratorios especializados. Cada ensayo debe ser validado (probar que funciona) para las especies y hormonas en estudio. Actualmente varios laboratorios de Estados Unidos tienen buena experiencia con ensayos de tortugas marinas (ver Guillette *et al.*, 1991;

Owens, 1997; Wibbels *et al.*, 1990). La técnica de determinación del sexo basada en la testosterona (Owens *et al.*, 1978) requiere de un ensayo especial para testosterona el cual es lo bastante sensitivo para detectar las hormonas a niveles muy bajos como aquellos encontrados en animales jóvenes (ver Wibbels *et al.*, 1993 y Wibbels, este volumen). Este sensible ensayo no es un procedimiento de rutina.

Laparoscopia

Esta forma de cirugía usa un telescopio miniatura para ver directamente dentro de la cavidad peritoneal. Este es un procedimiento potencialmente peligroso y no debe intentarse hasta no contar con un entrenamiento veterinario adecuado (Wood *et al.*, 1983). La laparoscopia puede ser usada para determinar el sexo en tortugas inmaduras o el estado reproductivo de los adultos (ver también Wibbels, este volumen). También puede ser de valor en diagnósticos de problemas en hígado, pulmones, vejiga y tracto intestinal; sin embargo, este tipo de evaluaciones requiere de bastante experiencia veterinaria y no debe realizarlo un novato. El equipo mínimo necesario es un laparoscopio, trocar o punzón, manga o funda, proyector de fibra óptica y los instrumentos básicos de cirugía (Figura 2). El costo mínimo estimado de este equipo es de alrededor de US\$4,000 dependiendo del tamaño y opciones del equipo adquirido.

Antes de realizar la cirugía es esencial familiarizarse completamente con la anatomía de las tortugas marinas. Además, la cirugía deberá realizarse en colaboración con un veterinario hasta desarrollar la habilidad adecuada. Es importante usar técnicas asépticas todo el tiempo para prevenir infecciones. Siguiendo una limpieza quirúrgica (tres aplicaciones alternadas de etanol al 70% y jabón quirúrgico de yodo), el animal se inmoviliza en una posición invertida y se le inyecta anestesia local en el músculo y la dermis de la pared peritoneal del área inguinal. Se hace una incisión de 1-2 cm a través de la piel y se empuja el trocar y la manga a través de los músculos y la pared peritoneal para introducirlos a la cavidad corporal. Se necesita tener especial precaución para evitar entrar demasiado a la parte posterior (donde el trocar podría golpear el riñón) o entrar muy profundo (donde el trocar podría golpear el pulmón o el tubo digestivo). Después de entrar a la cavidad peritoneal, deberá verificarse este hecho con el laparoscopio antes de inflar la cavidad corporal con aire filtrado. La inflación (conocida como insuflación) es necesaria para

visualizar los órganos internos. Cuando la examinación está completa, todo el aire debe ser removido antes de suturar la herida. Una única sutura profunda y dos suturas superficiales usualmente son adecuadas para cerrar la herida.

Actualmente, la práctica común es evitar el uso de anestésicos generales (con aprobación de un veterinario) para esta cirugía particular ya que con la anestesia local se incurre en menor riesgo de mortalidad, es adecuada para reducir el dolor aparente, y permite un período mucho más corto de observación post-operatoria (Wood *et al.*, 1982; Wibbels *et al.*, 1990).

Es posible producir hemorragias severas o la muerte si se golpean órganos vitales durante la entrada del trocar. En tortugas marinas, aún para expertos laparoscopistas puede esperarse una tasa de mortalidad del 1-2%, bajo buenas condiciones. Las dos causas más comunes de mortalidad incluyen hemorragias excesivas debido a la mala colocación del trocar y muerte debido a síntomas no-específicos en tortugas que ya están en situación comprometida debido a otras condiciones. Por ejemplo, una tortuga con sobrecalentamiento puede tener expansión del gas pulmonar o del tubo digestivo pudiendo perforarse fácilmente, aún con la mejor de las técnicas. Adicionalmente, las tortugas marinas con una carga parasitaria pesada, infección bacteriana severa o con obesidad aguda pueden sucumbir fácilmente durante la cirugía. Los animales en cautiverio son particularmente susceptibles a infecciones en la herida suturada. Animales con cualquiera de los síntomas arriba mencionados no deben someterse a este tipo de cirugía. Si una tortuga muere durante la operación, es necesario pedir a un veterinario independiente que realice una necropsia para determinar la causa de la muerte.

Ultrasonografía

El uso de imágenes de ultrasonido (Rostal *et al.* 1990) ha probado ser ideal en la evaluación rápida de la condición de los ovarios en las hembras adultas (Plotkin *et al.*, 1995). Si bien se requiere investigación adicional para explotar todo el potencial de esta técnica, posee claras ventajas sobre la laparoscopia quirúrgica en algunas situaciones. Lo más importante es que no requiere de técnicas asépticas, incisiones, ni suturas quirúrgicas. Por esta razón, la ultrasonografía es generalmente rápida, muy segura y no invasiva. Una ventaja adicional es que las imágenes reflejadas (sonogramas) pueden almacenarse como video o

cuadros fijos y, de la imagen en vivo o de una grabación en vídeo, tomar medidas exactas de estructuras tales como los folículos o huevos. Las desventajas comparando con la laparoscopia, son que no se ve el color real del tejido o las figuras más pequeñas donde las estructuras carecen de densidades heterogéneas. Por ejemplo, ha sido difícil distinguir ovarios inmaduros de testículos inmaduros, una tarea que es fácilmente realizada usando la aproximación quirúrgica. Otra desventaja es que los instrumentos, los cuales son esencialmente una microcomputadora con sonda sensorial, cuestan varios miles de dólares cuando se compran nuevos y requieren de un suministro de energía seguro y confiable. El sistema ideal de campo une un generador a un suministro de energía ininterrumpido (UPS) y luego al instrumento.

En el ultrasonido de ovario, la tortuga se coloca sobre su caparazón en una posición confortable para sujetarla (Figura 3). Un asistente puede inmovilizar fácilmente una tortuga de las especies más pequeñas (como una *Lepidochelys*) en un neumático de automóvil mientras se hace el ultrasonido. Las tortugas grandes requieren de más asistentes que garanticen la seguridad de la tortuga, de los investigadores y de la máquina. El ultrasonido no ha sido muy útil en machos, pero una circunstancia inusual puede mencionarse en caso de que pudiera ser útil en estudios de anatomía y fisiología de tortugas marinas. Los machos adultos muestran cierta suavidad en la parte media del plastrón (Wibbels *et al.*, 1991). Con el ultrasonido, uno puede visualizar directamente los latidos del corazón, así como el flujo sanguíneo en los vasos mayores. Esto no es posible en tortugas inmaduras o hembras debido a la densidad del plastrón.

Literatura Citada

Dutton, P. H. 1996. Methods for collection and preservation of samples for sea turtle genetic studies, p.17-24. *In*: B. W. Bowen y W. N. Witzell (Editores), Proceedings of the International Symposium on Sea Turtle Conservation Genetics. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-396. U.S. Dept. Commerce.

Guillette, L. J., Jr., K. A. Bjorndal, A. Bolten, T. Gross, B. Palmer, B. Witherington y J. Matter. 1991. Plasma estradiol-17B, progesterone, prostaglandin F, and prostaglandin E2 concentrations during natural oviposition in the loggerhead turtle (*Caretta caretta*), General and Comparative Endocrinology 82:121-130.

- Owens, D. W. 1995. The role of reproductive physiology in the conservation of sea turtles, p.39-44, 589-590. *In*: K. A. Bjorndal (Editor), *Biology and Conservation of Sea Turtles*, Edición Revisada. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Owens, D. W., J. R. Hendrickson, V. Lance, y I. P. Callard. 1978. A technique for determining sex of immature *Chelonia mydas* using radioimmunoassay. *Herpetologica* 34:270-273.
- Owens, D. W. y G. J. Ruiz. 1980. New methods of obtaining blood and cerebrospinal fluid from marine turtles. *Herpetologica* 36:17-20.
- Owens, D. W. 1997. Hormones in the life history of sea turtles, p.315-341. *In*: P. L. Lutz y J. A. Musick (Editores), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Plotkin, P., R. Byles, D. C. Rostal y D. W. Owens. 1995. Independent versus socially facilitated oceanic migrations of the olive ridley *Lepidochelys olivacea*. *Marine Biology* 122:137-142.
- Rostal, D. C., T. Robeck, D. Owens y D. C. Kraemer. 1990. Ultrasonic imaging of ovaries and eggs in Kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempi*) *Journal of Zoo Wildlife Medicine*. 21:27-35.
- Wibbels, T., D. W. Owens y D. R. Rostal. 1991. Soft plastra of adult male sea turtles: An apparent secondary sexual characteristic. *Herpetological Review* 22:47-49.
- Wibbels, T., G. Balazs, D. Owens y M. Amoss. 1993. Sex ratio of immature green turtles inhabiting the Hawaiian archipelago. *Journal of Herpetology* 27:327-329.
- Wibbels, T., D. Owens, C. Limpus, P. Reed y M. Amoss. 1990. Seasonal changes in gonadal steroid concentrations associated with migration, mating, and nesting in loggerhead sea turtles. *General and Comparative Endocrinology* 79:154-164.
- Wood, J. R. y Wood, F. E. 1980. Reproductive biology of captive green sea turtles *Chelonia mydas*. *American Zoologist* 20:499-505.
- Wood, F. E., K. H. Critchley y J. R. Wood. 1982. Anesthesia in the green turtle, *Chelonia mydas*. *American Journal of Veterinary Research* 43:1882-1883.
- Wood, J. R., F. E. Wood, K. H. Critchley, D. E. Wildt y M. Bush. 1983. Laparoscopy of the green sea turtle, *Chelonia mydas*. *British Journal of Herpetology* 6:323-327.

Determinación del Tamaño de la Nidada y el Éxito de Eclosión

Jeffrey D. Miller

Queensland Department of Environment and Heritage, P. O. Box 2066, Cairns, Queensland 4870, Australia; Tel: +61(7) 4052 3218; Fax: +61 (7) 4052 3080; email jeff.miller@env.qld.gov.au

Introducción

La determinación del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión provee información fundamental para la conservación y manejo de las tortugas marinas. Estos datos son esenciales porque ayudan a comprender la adecuación de la playa (o vivero) para actuar como sistema de incubación y la salud general de la población anidadora.

Para comprender el éxito del esfuerzo reproductivo de las tortugas marinas, es necesario determinar el número de huevos desovados, el diámetro y peso de los huevos, el número que se incuban exitosamente, y el número de crías que emergen de los nidos así como el número de crías que cruzan la playa y entran al agua. Cualquier cambio significativo (basado sobre la media y la desviación estándar derivadas de la población estudiada) en estos números a través del tiempo indica que podrían estar ocurriendo algunos problemas. Por ejemplo, un cambio significativo en el número de huevos incubados que producen crías indica que han cambiado algunos factores que influyen la incubación (p. ej., gases, humedad, temperatura, y factores bióticos). No es necesario contar los huevos en cada nidada que es dejada; una muestra al azar obtenida de nidadas contadas a través del periodo de anidación será suficiente. La misma lógica aplica a los otros datos cuantificables colectados de los huevos, embriones y crías.

Cuando se basa en programas de monitoreo a largo plazo, la cuantificación de los cambios provee los fundamentos para las decisiones de manejo. Si los cambios son pequeños, es posible que no se requiera ninguna acción y los esfuerzos de conservación podrían enfocarse en otros aspectos; si los cambios son grandes, las acciones de manejo deberán ajustarse para resolver primero amenazas específicas. Las decisiones críticas concernientes al manejo de hábitats *in situ* o viveros deberán estar basadas sobre datos precisos

(ver Boulon; Mortimer, este volumen para consideraciones de manejo *in situ* o viveros). Tales datos pueden ser obtenidos al contar, medir y pesar los huevos que son ovipositados y por el conteo (y clasificación) del contenido de los nidos después de que las crías han emergido. Este esfuerzo debe continuar a través de varios años. Al apoyarse la realización de decisiones críticas, es esencial que las definiciones sean claras y que la colecta de datos sea estandarizada.

Definiciones

Definición de Huevo

Las tortugas marinas ovipositan dos clases de huevos: normales y de forma irregular. Los huevos normales son esféricos, blancos y constan de (1) un cascarón flexible (aprox. 3% del total de su peso), (2) una cápsula de albúmina (aprox. 48.5% del peso total) y (3) una yema (aprox. 48.5% del peso total) (Miller, 1985). La membrana vitelina que sustenta el disco embrionario (ver Miller, 1985 para descripciones detalladas del desarrollo embrionario de las tortugas marinas) encierra la yema. La media del diámetro de un huevo normal varía entre especies (Miller, 1985, 1997; Van Buskirk y Crowder, 1994)

Los huevos de forma irregular pueden ser muy grandes, con múltiples yemas (doble o en forma de cadena) o muy pequeños cuando se comparan a otros huevos en la nidada. Los huevos con diámetro extra-grande son usualmente 1/4 (o más) mayores en diámetro que los huevos normales de esa especie. Los huevos con diámetro extra-grande típicamente contienen dos yemas rodeadas por una sola cobertura de albúmina y el cascarón; éstos rara vez producen crías, aunque uno de los dos embriones podría desarrollarse por un tiempo. Los huevos con yemas múltiples están formados de varias unidades de yema

y albúmina contenidas dentro de un cascarón confínuo. El cascarón podría estar más o menos constreñido entre las unidades; algunos pueden estar conectados por pequeños tubos de cascarón, mientras que otros pueden mostrar pequeñas constricciones entre las unidades. Como una regla general, entre más grande sea la separación entre las unidades, más grande es la oportunidad de producir crías.

Huevos muy pequeños (usualmente menores a la mitad del diámetro de los huevos normales) son comúnmente denominados huevos “sin yema” (N. del T.: En algunos países de Latinoamérica se les conoce como “corales”, “inviabiles” o “vanos”). Ellos contienen principalmente albúmina y algunos gránulos de vitelo (N. del T. El vitelo se presenta sólo en ocasiones en especie diferentes a laúd), encapsulados por un cascarón. La yema no está encerrada por una membrana vitelina y, como no existe disco embrionario presente, el desarrollo no puede ocurrir. Cuando una luz brillante es iluminada a través de un huevo sin yema, la imagen es blanca en contraste con un huevo normal u otro huevo de forma irregular, los cuales muestran un tinte amarillento.

Definición de Nidada

Una nidada es definida como el número de huevos ovipositados dentro del nido, excluyendo los huevos sin yema (arriba definidos). Los huevos sin yema deberían ser contados y reportados separadamente. Dado que los huevos extra-grandes y con múltiples yemas (dobles o formando cadenas) realmente contienen embriones viables, ellos deberían ser contados como parte de la nidada. Huevos con múltiples yemas deberán ser contados como un sólo huevo ya que, a pesar de que contienen embriones viables, están encerrados en un solo cascarón; es decir, no cuente las yemas como huevos separados. La media del número de huevos en una nidada varía entre especies (Miller, 1997; Van Buskirk y Crowder, 1994)

El tamaño de la nidada puede ser determinado contando los huevos durante la oviposición (al mismo tiempo del desove) o, si la nidada es movida, el conteo es más fácilmente efectuado al resembrarlo. Para facilitar la medición y el pesado de los huevos en una nidada *in situ*, los huevos serán suavemente extraídos una vez que la tortuga ha terminado de tapar y se ha movido lejos del nido. Cualquier huevo que se rompa durante la extracción y manejo deberá ser contado como parte de la nidada; se deberá anotar el número de huevos rotos en la hoja de datos. Aunque no es necesario contar los huevos en cada nidada puesta en

la playa, es buena idea contar los huevos en algunos nidos *in situ* además de contar los huevos en todas las nidadas que son movidas. Esto permitirá la comparación del número de huevos y una evaluación inicial de la actividad de reubicación. El número de nidadas procesadas deberá estar en balance con las otras prioridades del trabajo del programa. Si es posible, nidadas sucesivas dejadas por varias tortugas durante la temporada deberían ser procesadas.

Cuando una tortuga abandona la puesta, se tendrá una nidada parcial. Cualquier tortuga que sea encontrada intentando anidar una segunda ocasión dentro de los siguientes seis días después de poner unos cuantos huevos, ha sufrido una perturbación en el proceso de anidación (Miller, 1997). Las nidadas parciales deberán ser sumadas para obtener la cuenta real de la nidada; desgraciadamente, si la tortuga no ha sido marcada, su identificación (por lo tanto vincular las nidadas parciales) no será posible.

Métodos

Monitoreo de la Temperatura de Incubación

Debido a que la temperatura de la arena durante la incubación (1) varía durante el día y en ciclos estacionales, (2) influye en la sobrevivencia embrionaria, (3) determina el sexo de las crías y (4) establece la duración de la incubación, el monitoreo de la temperatura es extremadamente importante para comprender el ambiente de incubación, aún si la reubicación de los huevos es una opción para la conservación (ver también Merchant, este volumen; Godfrey y Mrosovsky, este volumen)

La temperatura deberá ser tomada rutinariamente como parte del trabajo con los nidos durante el periodo de anidación. Dado que la media de la profundidad de los nidos varía entre especies, se pueden usar dos vías para obtener los datos necesarios. Primero, puede usarse una profundidad estándar de 50 cm por debajo de la superficie para comparar una gran cantidad de playas en una región y/o entre regiones. Segundo, el uso de un promedio de la profundidad de los nidos para una especie en particular en una playa dada. Una combinación de ambas permite un enfoque integral para comprender la variación de la temperatura dentro del hábitat de anidación. La profundidad a la cual la temperatura es medida debería estandarizarse para permitir la comparación de temperaturas dentro y entre hábitats en la playa, entre sitios de anidación y entre especies. Los métodos usados deberán ser

Tabla 1. Información mínima para cada nidada examinada.

<i>Número de Marca</i>	Número de marca de la hembra anidadora
<i>Fecha y Hora de la Puesta</i>	Fecha de puesta; horario basado en reloj de 24-hr
<i>Profundidad del Nido– Superior</i>	Profundidad de la superficie de la playa hasta la parte superior del primer huevo en la cámara
<i>Profundidad del Nido– Fondo</i>	Profundidad de la superficie de la playa hasta el fondo de la cámara de incubación
<i>Ubicación del Nido a lo</i>	Código del sector (si la longitud de la playa es dividida en sectores), o coordenadas de
<i>Largo de la Playa</i>	triangulación a partir de puntos de referencia conocidos a lo largo de la playa.
<i>Ubicación del Nido a lo Ancho</i>	Posición sobre la playa (p. ej., en la pendiente o duna, arriba/debajo línea de marea, etc.)
<i>Hábitat de la Ubicación del Nido</i>	Hábitat alrededor del nido (p. ej., arena, pasto, dentro/debajo vegetación)
<i>Temperatura de la Arena</i>	Temperatura a profundidad estandar usando un termómetro calibrado
<i>Conteo de los huevos</i>	Conteo de huevos normales, más conteo de huevos sin yema
<i>Diámetro de huevo</i>	Diámetro de 10 huevos normales por nidada, máximo y mínimo (mismos que se pesan)
<i>Peso de huevo</i>	Peso individual de 10 huevos por nidada (mismos que se miden)

claramente establecidos en todos los informes.

La variación en las temperaturas deberá ser derivada de hábitats representando la diversidad de sitios de anidación y posición sobre la playa. Para cada temperatura de la arena en el momento de la oviposición o emergencia de crías debe registrarse la fecha, hora, profundidad, ubicación y clima. Godfrey y Mrosovsky (1994) proporcionan una revisión útil de métodos de campo para medir la temperatura sobre las playas de anidación.

La temperatura de la arena puede ser obtenida usando un termómetro que tenga una precisión de 0.2°C. Los termómetros de campo, antes de usarse deberán ser calibrados contra un termómetro certificado. La calibración deberá ser confrontada a seis diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35, 40°C) para establecer cualquier error en el instrumento. Varias compañías anuncian en revistas herpetológicas, instrumentos miniatura que registran la temperatura. Ellos varían en precio y características; la selección deberá estar basada en los requerimientos específicos del estudio. La principal ventaja de estos instrumentos es que ellos pueden proveer un perfil diario y estacional de la temperatura de la arena cuando están

enterrados en la playa por toda una temporada a diferentes profundidades (p. ej., 25, 50, 75 cm).

Manejo de Huevos

Los huevos deberán ser manejados cuidadosamente. Las manos deberán estar libres de residuos químicos (p. ej., loción bronceadora, repelente de insectos, etc.) antes de manejar los huevos. Todo el manejo (excavación, medida, pesado, transportación, sembrado) de los huevos deberá hacerse completamente dentro de las siguientes dos horas de la oviposición, o los huevos deberán de permanecer *in situ* por lo menos 25 días para reducir el impacto del movimiento que induce a la mortalidad (Limpus, *et al.*, 1979; Parmenter, 1980). Aunque los huevos recién puestos no son susceptibles a la mortalidad inducida por el movimiento, es bueno sacar la nidada sin girar los huevos. La nueva ubicación de los huevos deberá proveer adecuadas condiciones de humedad, temperatura e intercambio gaseoso para sustentar el desarrollo de los embriones y estar a salvo de depredadores y saqueadores furtivos (ver Boulon; Mortimer, este volumen).

Tabla 2. Observaciones que se recomienda anotar después de la emergencia de las crías.

<i>Número de marca</i>	Número de marca de la hembra anidadora (del registro del nido)
<i>Fecha de Puesta</i>	Fecha (del registro del nido)
<i>Fecha de Emergencia</i>	Fecha cuando las crías emergen
<i>Tiempo de Emergencia</i>	Hora en que se observaron las crías
<i>Período de Incubación</i>	Fecha Emergencia – Fecha Puesta

Tabla 3. Categorías y definiciones del contenido de nidos por ser registradas en las hojas de datos.

<i>E = Crías Emergidas</i>	Crías dejando o saliendo del nido
<i>C = Cascarones</i>	Número de cascarones vacíos contados (>50% completo)
<i>V = Vivas dentro del nido</i>	Crías vivas entre los cascarones (no aquellas en el cuello del nido)
<i>M= Muertas en el nido</i>	Crías muertas fuera de su cascarón
<i>HSDA= Huevos sin Desarrollo Aparente</i>	Huevos no eclosionados, sin un embrión evidente
<i>HNE = Huevos no Eclosionados</i>	Huevos no eclosionados con embrión evidente (excluyendo los ETNE)
<i>ETNE= Embriones a Término No Eclosionados</i>	Embriones aparentemente a término, no eclosionados dentro de un cascarón o huevos rotos por el embrión (crías con cierta cantidad de yema externa)
<i>D = Depredados</i>	Cáscaras abiertas, casi completas, conteniendo residuos de huevo

Medida y Pesado de los Huevos

Diferentes especies de tortuga marinas ponen huevos de diferentes diámetros y pesos (Miller, 1985, 1997; Van Buskirk y Crowder, 1994). Dentro de una especie los huevos tienden a ser similares en talla, aunque puede existir cierta variación entre poblaciones.

Para establecer la talla de los huevos, se seleccionarán aleatoriamente 10 huevos de cada nidada y se medirán por el diámetro mayor y menor, y serán pesados individualmente. El uso de diez huevos provee una adecuada base estadística para evaluar la variación dentro y entre nidadas. El uso de menos de diez huevos no provee una adecuada base y usando mas de diez huevos no mejorará la base estadística para comparación. Los huevos deberán estar libres de arena adherida. La arena se puede quitar usando un trapo (o brocha) o con la mano. Cuando es medido, el huevo debe sostenerse de manera que el cascarón esté turgente presionado suavemente un dedo contra el cascarón para formar un hoyuelo. Se deberá usar un calibrador para localizar el diámetro mayor; el diámetro menor está usualmente a 90 grados del eje del diámetro mayor, pero puede estar localizado en cualquier parte alrededor del huevo. Ambos valores deberán ser registrados. Los diámetros mayor y menor deberán ser sumados y divididos entre dos para obtener el promedio.

Similarmente, para establecer el peso de los huevos, diez huevos de cada nidada deberán de ser pesados usando una balanza granataria o una eléctrica, con una precisión mínima de 0.5 g. Idealmente, los mismos huevos que han sido medidos (como se mencionó arriba) deberán ser usados para ser pesados. Los huevos pueden ser identificados marcándolos con un lápiz suave, de punta roma, o con un marcador de tinta.

Para calcular la media y la desviación estándar (DS) de la nidada, se utiliza el diámetro promedio y el peso de cada uno de los 10 huevos. Una vez que ha sido calculada la media del diámetro y peso de los huevos por nidada, se puede calcular un promedio y desviación estándar para la playa. Un libro de texto de estadística básica explicará cómo calcular la media y la desviación estándar. Los resultados (peso y diámetro) deberán ser reportados como media, desviación estándar, máximo, mínimo, y número de nidadas para la playa.

Señalamiento de Nidos

Relocalizar una nidada después de la oviposición puede ser muy difícil, a menos que su posición haya sido marcada. Durante la oviposición, una nidada que será contada o movida puede ser señalada insertando un pequeño pedazo de lazo (o cinta de color) dentro de la cámara de incubación, que se extienda hasta la superficie de la playa. Una vez que la tortuga ha terminado de tapar la cámara de incubación y movido hacia delante, la nidada puede ser localizada siguiendo la cuerda hasta los huevos.

Las nidadas que sean dejadas *in situ* en la playa o reubicadas a un vivero, pueden ser identificadas posteriormente insertando una marca del nido entre los huevos durante la oviposición. Una marca del nido puede ser un pedazo de cinta plástica de color brillante (como 20 x 3 cm de cinta de topógrafo) o alguna otra marca que contenga un código único por el cual se identifique esa nidada con sus datos. Esto puede ser llevado al cabo durante la puesta, o cuando los huevos son contados, inmediatamente después de la oviposición. La identificación de la marca del nido deberá ser escrita con tinta indeleble; la etiqueta deberá contener el número de la marca de la hembra y la fecha de la anidación. Cuando un nido es excavado

después de la emergencia de las crías, la recuperación de la marca del nido permite que los datos sobre el éxito de eclosión y éxito de emergencia, sean vinculados a los datos de la hembra así como de los huevos (número, medidas).

Las marcas de los nidos no deberán ser visibles en la superficie de la playa, especialmente en áreas donde hay saqueadores furtivos que amenacen los nidos. Otra ventaja de usar marcas de nidos localizadas entre los huevos es que otras tortugas anidadoras no perturbarán la marca (como a veces ocurre con estacas sobre la playa) a menos que escarben dentro de la nidada. Si esto pasa, el nido todavía es identificable. El uso de estacas con identificación de la nidada para indicar un nido es muy útil en viveros protegidos.

Registro de Datos

Por lo menos un mínimo de información deberá de colectarse de cada nidada examinada (Tabla 1). La hoja de datos deberá estar diseñada incluyendo este mínimo de información. Un conjunto de encabezados con recuadros en blanco en la misma hoja de datos usada para registrar la información de la hembra anidadora es el sitio óptimo para registrar el conteo de la nidada, las medidas de los huevos y otros datos (por ej. temperatura de la arena) tomadas al mismo tiempo de la oviposición.

Equipo de Campo

El equipo de campo básico deberá incluir: hojas de datos, tabla con clip o carpeta, lápices, calibrador, balanza (escala métrica), termómetro, cinta métrica de 2 m (flexible, no metálica), 25-100 m de cinta métrica flexible (para localización de los nidos), linterna de cabeza (para tener las manos libres y registrar la información), una bolsa para el equipo de campo, y una bolsa apropiada para transporte de huevos de forma rutinaria o por una emergencia. Todo el equipo de medir deberá ser frecuentemente calibrado.

Localización de Nidos Después de la Emergencia de las Crías

Cuando se encuentran rastros de crías sobre la playa, el hundimiento de la emergencia puede ser usualmente localizado siguiendo los rastros de las crías hacia la parte trasera de la playa hasta encontrarlo. Los rastros deberán formar una “V” con el vértice en el hundimiento de la emergencia (cuando la arena está húmeda, el hundimiento es obvio). Se deberán usar guantes de plástico cuando se excave un nido ya que

regularmente contienen huevos podridos y crías muertas. La arena del cuello del nido (el canal a través del cual las crías viajan a la superficie) estará suelta y suave en comparación con la que le rodea. Se deberá tener cuidado en no perjudicar las nidadas adyacentes que están todavía incubándose.

Si la marca del nido está presente, los datos del nido se deberán registrar después que las crías han emergido del nido y el nido ha sido excavado (Tabla 2).

Categorización del Contenido de Nidos

El contenido de los nidos será examinado y dividido dentro de categorías (Tabla 3). Estas categorías pueden ser más subdivididas para que provean definiciones más finas del contenido del nido; sin embargo el trabajo extra involucrado es probable que no valga la pena, a menos que se tengan ciertos objetivos específicos. Por ej., un observador experto puede requerir varias horas para encontrar evidencia que permita distinguir la muerte embrionaria en estadios tempranos de la falta de fertilización o la muerte dentro del oviducto, los cuales están contenidos en la categoría “no desarrollados” (ver Miller, 1985, para descripciones detalladas de desarrollo embrionario de las tortugas marinas). Las otras categorías ayudan a identificar problemas potenciales que podrían haber ocurrido durante la incubación. Por ejemplo, si una gran proporción de huevos contiene ETNE, el problema pudo haber sido la inundación de la cámara de incubación por una marea alta reciente (que corta el oxígeno antes que eclosionen). La falta de fertilización es difícil de demostrar; aún los más expertos observadores perderían un fragmento de disco embrionario (la presencia del cual indica fertilización) en un huevo no eclosionado exhumado de un nido que ha terminado su incubación.

El conteo de cascarones es difícil y tiene gran cantidad de errores que dependen de la experiencia de la persona que cuenta. Solo los cascarones que tienen más del 50% del tamaño del huevo deberán ser contados; los fragmentos de cascarón no deben contarse. El error del conteo se puede estimar cuantificando los cascarones en las nidadas en las cuales el número de huevos fue contado en la oviposición. El error es el porcentaje de la diferencia entre los dos conteos.

Un investigador puede seleccionar el tener la categoría HNE incluyendo los ETNE; si esto se hace, se deberán de tomar notas de campo para identificar embriones muertos de crías eclosionando para ayudar

la identificación de la(s) causa(s) de muerte. Los cascarones de los huevos depredados en los nidos (D) raramente se parecen a los residuos de huevos de donde las crías han emergido; los cascarones de los huevos depredados (D) usualmente tienen hoyos o pequeñas áreas rasgadas y contienen cierta cantidad del material del huevo. Cuando los huevos han sido exhumados por depredadores y esparcidos por la playa, el conteo es difícil y obtener una precisión del conteo puede ser imposible.

Después de clasificar y contar el contenido de los nidos, el número de los huevos en la nidada puede ser calculado usando una de las siguientes fórmulas (ver los símbolos arriba):

si todas las crías fueron interceptadas:

$$\text{Nidada} = E + V + M + \text{HSDA} + \text{HNE} + \text{ETNE} + D;$$

o, si las crías no fueron todas capturadas, utilice la fórmula de arriba sustituyendo E con la fórmula $E = (C - (V + M))$.

Determinación del Exito de Eclosión y el Exito de Emergencia

La evaluación del éxito de la incubación es un proceso de dos pasos que consisten en determinar el éxito de eclosión y de emergencia. El éxito de eclosión se refiere al número de crías que eclosionan o rompen su cascarón (igual al número de cascarones vacíos en el nido); el éxito de emergencia se refiere al número de crías que alcanzan la superficie de la playa (igual al número de cascarones menos el número de crías vivas y muertas dentro del nido). El éxito de eclosión es a menudo 1% o más mayor que el éxito de emergencia. Ambos, éxito de eclosión y emergencia deberán ser reportados cuando se presentan datos sobre el éxito de incubación.

$$\text{Éxito de Eclosión (\%)} = \frac{\text{\#cascarones}}{\text{\#cascarones} + \text{\#HSDA} + \text{\#HNE} + \text{\#ETNE} + \text{\#D}} \times 100$$

$$\text{Éxito de Emerg. (\%)} = \frac{\text{\#cascarones} - (\text{\#V} + \text{\#M})}{\text{\#cascarones} + \text{\#HSDA} + \text{\#HNE} + \text{\#ETNE} + \text{\#D}} \times 100$$

Para comprender el éxito del esfuerzo reproductivo de las tortugas marinas, es necesario determinar el número de huevos desovados, el diámetro y peso de

los huevos, el número que se incubó exitosamente, y el número de crías que emergen de los nidos así como el número de crías que cruzan la playa y entran al agua.

El simple conteo de las crías en la playa no es suficientemente preciso para evaluar el éxito de emergencia porque algunas crías pudieron haber escapado antes de ser contadas o pudieron haber sido comidas por depredadores, o algunas crías pueden ser lentas en emerger del nido. Cuando se excavan los nidos, las crías vivas justo por debajo de la superficie de la playa (esto es, no atrapadas por vegetación o basura) deberán ser incluidas en el conteo que crías que exitosamente alcanzan la superficie de la playa.

Medición y Pesado de las Crías

La media de la longitud y peso de las crías de tortugas marinas varía entre especies (Miller, 1997; Van Buskirk y Crowder, 1994). Para establecer su talla, se deben de pesar y medir diez crías por nido de varios nidos. Se debe de medir el largo recto del caparazón (LRC), usando un calibrador, desde el escudo nuczal hasta la división entre los escudos post-centrales. Las medidas del LRC obtenidas de 10 crías deberán ser sumadas y divididas entre 10 para obtener un promedio del LRC para las crías en la nidada. Las mismas 10 crías deberán ser pesadas usando una balanza granataria o eléctrica, con una precisión de 0.5 g. El pesado debe de ser hecho sin viento. El peso obtenido para las 10 crías deberá ser sumado y dividido entre 10 para obtener el peso promedio para las crías de la nidada. Se deben de presentar la media, desviación estándar, mínimo-máximo, y número de crías para los resultados de LRC y peso. Cambios significativos anuales de estas medias pueden indicar un problema durante la incubación (p. ej., cambios en la humedad de la arena alrededor del nido).

Las crías que han sido capturadas después de que entran al mar o que han permanecido dentro del nido (ellas a menudo son deformes) no deberán ser pesadas o medidas como representativas de crías normales en la nidada. Las crías no deben de ser guardadas hasta el día siguiente ya que pierden agua (peso) rápidamente después de la emergencia, por lo que deben ser procesadas y liberadas tan pronto como sea posible después de la emergencia del nido.

Resumen

El registro cuidadoso de los datos sobre el número de huevos puestos y los resultados de la incubación,

eclosión y emergencia puede ayudar a identificar características reproductivas de la población anidadora. Los métodos deben ser claramente establecidos y los datos deben ser reportados en forma de media, desviación estándar, mínimo-máximo, y número. Estos datos ayudan en el manejo del sitio de anidación y proveen una base de comparación entre temporadas de anidación y sitios, así como entre especies.

Agradecimientos

Deseo dar las gracias a Kirstin Dobbs por su valiosa ayuda en la preparación de esta contribución y a Laura Sarti por sus acertados comentarios.

Literatura Citada

Godfrey, M. H. y N. Mrosovsky. 1994. Simple method of estimating mean incubation temperatures on sea turtle beaches. *Copeia* 1994:808-811.

Limpus, C. J., V. Baker y J. D. Miller. 1979. Movement-induced mortality of loggerhead eggs. *Herpetologica* 35:335-338.

Miller, J. D. 1985. Embryology of marine turtles, p.269-328. *In*: C. Gans, F. Billett y P.F.A. Maderson, (Editores), *Biology of The Reptilia*, Vol. 14a. Development. John Wiley & Sons, New York.

Miller, J. D. 1997. Reproduction in sea turtles, p.51-80. *In*: P.L. Lutz y J. A. Musick. (Editores), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Parmenter, C. J. 1980. Incubation of the eggs of the green sea turtle, *Chelonia mydas*, in Torres Strait, Australia: the effect of movement on hatchability. *Australian Wildlife Research* 7:487-491.

Van Buskirk, J. y L. B. Crowder. 1994. Life-history variation in marine turtles. *Copeia* 1994:66-81.

Determinación del Sexo en Crías

Horacio Merchant Larios

Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), A.P. 70-228, Insurgentes Sur y Circuito Escolar, Ciudad Universitaria 04510 México D.F., México;
Tel: +52 (5) 622-3833; Fax: +52 (5) 622-3897; email: merchant@servidor.unam.mx

Introducción

La diferenciación sexual en mamíferos depende de la transformación de una gónada indiferenciada en un testículo. El gen que controla el inicio de este evento es el SRY y se localiza en el brazo corto del cromosoma Y (Koopman *et al.*, 1990). En el resto de los vertebrados, el SRY se relaciona con los genes de la familia SOX que se encuentra en ambos sexos y son independientes de la presencia de cromosomas sexuales (Tiersh *et al.*, 1991). Aun no se conoce la identidad del gen o genes que controlan la diferenciación sexual en los vertebrados no mamíferos. Sin embargo, como en los mamíferos placentados, la diferenciación sexual morfológica en el embrión parece iniciarse en la gónada del embrión. Es razonable postular que el factor o factores requeridos para la diferenciación sexual actúan principalmente a nivel de este órgano, controlando su transformación en un ovario o en un testículo.

Aunque los mecanismos fisiológicos por los cuales la temperatura y otros factores ambientales influyen en la diferenciación sexual son desconocidos, los vertebrados han sido divididos en dos grupos: (1) Los organismos en los cuales los factores ambientales no tienen influencia en su determinación sexual son clasificados como poseedores de una Determinación Sexual Genotípica (DSG); (2) Los organismos cuya determinación sexual está influenciada por el ambiente, experimentan una Determinación Sexual Ambiental (DSA) (Bull, 1983). En las tortugas marinas, la determinación del sexo por temperatura ha sido encontrada en *Caretta caretta* (Yntema y Mrosovsky, 1980), *Chelonia mydas* (Miller y Limpus, 1981), *Dermochelys coriacea* (Rimblot *et al.*, 1985), *Lepidochelys olivacea* (Morreale *et al.*, 1982), *Lepido-*

chelys kempii (Shaver *et al.*, 1988) y *Eretmochelys imbricata* (Dalrymple *et al.*, 1985).

Identificación del Sexo en Crías

Hay un periodo termosensitivo (PTS) para la determinación sexual durante el desarrollo localizado alrededor del segundo tercio del tiempo total de incubación. El PTS se define como “el lapso de tiempo o el grupo de estadios de desarrollo fuera del cual la manipulación de temperatura no ejerce influencia sobre el fenotipo sexual” (Mrosovsky and Pieau, 1991). Además, en todas las especies de tortugas marinas no hay una característica morfológica externa que pueda ser usada para determinar el sexo de organismos en estado de cría, y solo es posible a través de una disección y la observación directa de las gónadas.

Métodos Invasivos (Disección)

Están disponibles tres procedimientos basados en observaciones morfológicas: (1) observación directa de las gónadas *in situ*; (2) técnica de aclaramiento de las gónadas *in toto*; (3) estudios histológicos de las gónadas.

Los criterios basados en (1) se concentran en los detalles morfológicos gonadales observados inmediatamente después de que las vísceras que las cubrían (p. ej., intestinos, hígado, estómago) son removidas. Las gónadas aparecen como dos bandas claras que se extienden a lo largo de la longitud de los riñones (mesonefros). McCoy *et al.* (1983) intentaron sexar gónadas de *L. olivacea* basados en el hecho de que los ovarios tienden a tener su superficie arrugada y son más grandes que los testículos. Como este criterio es cuestionable, van der Heiden *et al.* (1985) propusieron el método (2) el cual requiere de la

dissección del complejo urogenital (gónadas y riñones) y su fijación en formol al 10%. Posteriormente, la gónada es separada del riñón y sumergida en 100 ml de solución al 4% de formol y 5 ml de glicerol (se pueden agregar algunas gotas de sulfato de cobre para evitar contaminación por hongos). Usando un microscopio de disección, estos autores sexaron crías de *L. olivacea* y *C. mydas*. Además de la morfología externa en su conjunto, en la cual los sexos pueden ser claramente distinguibles cuando el material es procesado mientras permanece fresco (los ovarios tienen una superficie rugosa y son más grandes que los testículos), las gónadas en su interior también muestran claras diferencias. Esto es particularmente cierto en los extremos anterior y posterior (ya que son más estrechas) donde es posible la observación más detallada. De acuerdo con los autores, los testículos son distinguibles por una apariencia granular que posiblemente corresponde con la presencia de túbulos seminíferos.

Pese a la facilidad con la cual los procedimientos previos pueden ser realizados para determinar el sexo en crías, algunos autores han expresado seria preocupación por su validez, proponiendo que un criterio fiable sólo lo provee un estudio histológico de la gónada (Mrosovsky y Benabib, 1990; Mrosovsky y Godfrey, 1995). En este caso, las gónadas necesitan ser fijadas, deshidratadas, incluidas en cera o algún plástico con lo cual se puedan obtener secciones teñidas y observar bajo microscopio. Para este procedimiento, se requiere de un equipo adecuado de laboratorio.

Con la intención de ejemplificar características claves, se presenta a continuación una interpretación detallada de la histología de gónadas de crías de *L. olivacea* (ver Merchant-Larios *et al.*, 1989):

En machos (Figura 1), el epitelio superficial es plano, nomoestratificado y frecuentemente contiene varias células germinales. Los cordones medulares aparecen separados del epitelio superficial aunque algunos permanecen adjuntos a él. Los cordones medulares, rodeados por una membrana basal, se forman

por un tipo de células epiteliales con abundantes gotas de lípidos. Las células germinales son escasas y no hay lumen en los cordones medulares que pueda justificar el nombre de “túbulos seminíferos”; el término correcto debe de ser “cordones seminíferos”. Entre estas formaciones y bordeando el epitelio superficial está una membrana basal y abundante tejido estromático, formado en gran parte por matriz extracelular, células fibroblásticas y vasos sanguíneos. Los ovarios se distinguen por un engrosamiento conspicuo del epitelio superficial (Figura 2). Éste aparece como un epitelio columnar, con una o más células de espesor. Contiene una membrana basal gruesa que separa el epitelio superficial de la región medular de la gónada. Los cordones medulares son vestigiales y aparecen como pequeños grupos de células epiteliales rodeadas de una membrana basal. El tejido estromático es abundante en la región medular.

En nuestra experiencia es posible combinar los procedimientos (2) y (3) secuencialmente, tomando ventajas de los beneficios prácticos del primero y la precisión del segundo. En las gónadas aclaradas, el

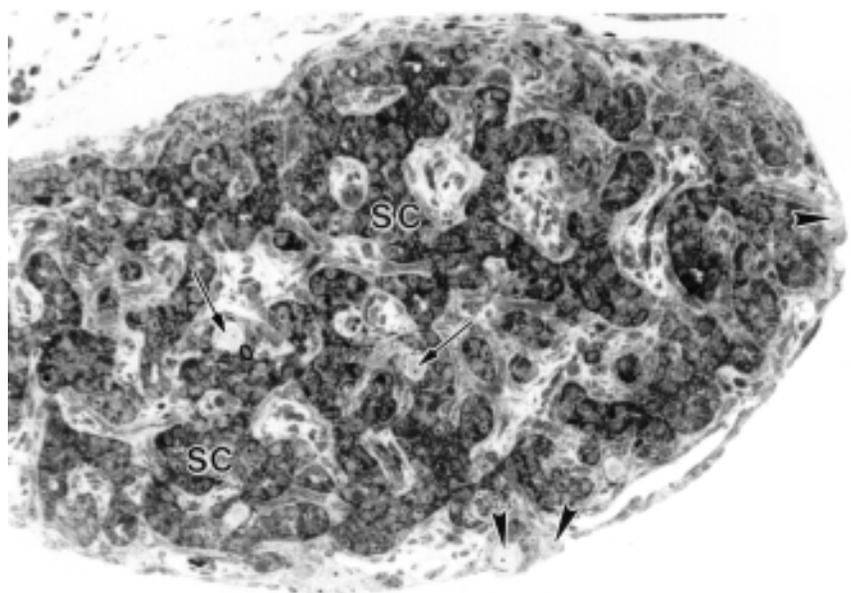


Figura 1. Testículo de *Lepidochelys olivacea* fijado 3 días después de la eclosión. Uno puede apreciar claramente los cordones seminíferos (Cs) formados por células epiteliales con citoplasma denso debido a numerosos gránulos de lípidos. Algunas células germinales están situadas en los cordones (flechas) y otras en el epitelio superficial (cabezas de flecha). Sección semi-delgada (2mm) fijada con paraformaldehido-glutaraldehido (Karnovsky, 1965), post-fijada con OsO4 e incluida en Epon. Magnificación 200X.

sexo puede ser fácilmente identificado pero sólo si están bien diferenciadas y la preservación es satisfactoria. Sin embargo, en los difíciles casos de intersexos (regiones alternadas a lo largo de la gónada con la corteza bien desarrollada y cordones medulares) o gónadas indiferenciadas (cuando tanto los cordones medulares y el epitelio superficial permanecen pobremente desarrollados), las mismas gónadas aclaradas pueden ser deshidratadas en etanol e incluidas en parafina o plástico para un posterior análisis histológico. La preservación es excelente como puede verse en la Figura 3.

Métodos No Invasivos (Radioinmunoanálisis)

Se ha intentado un método no invasivo para el diagnóstico del sexo en organismos recién eclosionados. Gross *et al.* (1995) reportaron la posibilidad de sexar crías de *C. caretta* usando radioinmunoanálisis (RIA) de los fluidos corio-alantoideo y amniótico (FCAs). Ellos encontraron que en machos la proporción de las concentraciones de estradiol (E) respecto a testosterona (T) es significativamente menor que en hembras, permitiéndoles predecir el sexo con precisión aceptable. Los mismos autores encontraron una proporción E:T similar en el plasma de crías de la misma especie. En tortugas golfinas, nosotros hemos realizado RIA del suero pre y post-eclosión de varios metabolitos esteroides incluyendo E y T (Merchant-Larios y Salame-Méndez, observ. no publ.). Desgraciadamente, no se pudieron encontrar diferencias significativas en ninguno de los metabolitos que pudieran permitir una distinción del sexo en esta especie. Es posible que en *C. caretta*, la actividad endocrina de las gónadas sea más avanzada que en *L. olivacea*. Esto se sugiere por la presencia de conductos de Müller en crías de la última especie, mientras que en *C. caretta* éstos han desaparecido casi totalmente (Yntema y Mrosovsky, 1980). Teniendo en mente estas diferencias significativas en el tiempo de desarrollo de ambas especies, se recomienda establecer los patrones hormonales para cada especie bajo estudio y su correlación con el sexo antes de usar el RIA como método para la identificación sexual.

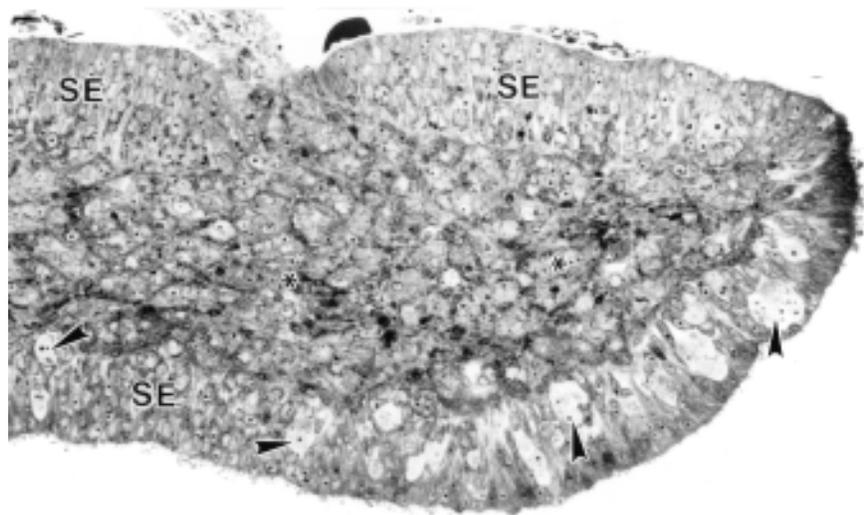


Figura 2. Ovario de *Lepidochelys olivacea* fijado dos días después de la eclosión. El epitelio superficial (ES), formado por un epitelio columnar multiestratificado. Contiene numerosas células germinales (cabezas de flecha). En la región medular, hay remanentes de fragmentos de cordones medulares (*). Muestra procesada como en la Figura 1. 200X

Estimación de la Proporción Sexual en Crías

A fin de hacer una estimación de la proporción de los dos sexos (proporción sexual) presente en una población natural en campo, es conveniente conocer de antemano la temperatura “pivote” o “umbral”. Una vez que ésta es conocida, las temperaturas *in situ* de nidos elegidos de zonas representativas en la playa, pueden ser usadas para extrapolar el intervalo de temperatura global y, a partir de éste, derivar la proporción sexual de la colonia anidadora durante una temporada de anidación en particular.

La temperatura pivote es definida como la temperatura de incubación en la cual la proporción sexual resultante en la nidada es 1:1. Experimentalmente, este valor es obtenido incubando grupos de huevos a varias temperaturas constantes y determinando la proporción resultante de crías hembras y machos. A un intervalo de temperaturas que continúe permitiendo un desarrollo normal (alrededor de 24-34° C), uno puede determinar el intervalo de temperatura masculinizante y feminizante (la cual produce un 100% de machos o hembras, respectivamente) y estimar la temperatura pivote (50% de cada sexo). Valores constantes y precisos, son difíciles de determinar debido a las variaciones genéticas de los especímenes individuales en cada grupo experimental (ver Mrosovsky y Pieau, 1991, para una mayor discusión de este punto). Para las especies

de tortugas marinas que han sido estudiadas, la temperatura pivote reportada es alrededor de 30°C. Estudios con especímenes de *C. caretta* (Mrosovsky, 1988) han mostrado variaciones de la temperatura pivote hasta de un grado centígrado, dependiendo del tamaño de la nidada y factores genéticos.

Se ha sugerido que la temperatura posiblemente contrarreste el control genético del género. Si esto es cierto, entonces la temperatura pivote podría ser tomada como la condición bajo la cual el sexo genético es expresado sin alteraciones externas (Mrosovsky y Pieau, 1991). Considerando que en un nido o en la población de una playa hay una proporción variable de machos genotípicos con respecto a hembras genotípicas y que la respuesta a la temperatura varía de acuerdo al sexo genético, la temperatura pivote puede variar tanto como un grado centígrado (Mrosovsky, 1988). Por esto es recomendada una estimación de la temperatura pivote entre las diferentes poblaciones de tortugas que anidan en diferentes playas. Un mínimo de 5-6 nidos por playa por temporada, con seguimiento de al menos tres años consecutivos, podría rendir valores muy aproximados al verdadero intervalo de la temperatura pivote de la población estudiada.

Aunque la temperatura pivote es un indicador fidedigno cuando se estiman las proporciones sexuales bajo condiciones naturales, también es conveniente tener conocimiento de la “transición de intervalos de temperatura” (TIT). Este parámetro se refiere a la diferencia de valores entre las bajas temperaturas que producen 100% de machos y las altas que resultan en 100% hembras (Mrosovsky y Pieau, 1991). Como la temperatura pivote, la TIT no tiene un valor fijo. No hay duda que algunas variaciones dependerán del tamaño de la muestra. Por lo tanto, como con la temperatura pivote, la estimación de la desviación estándar en una población particular, será optimizada midiendo temperaturas en tantos nidos como sea posible en diferentes lugares de la playa en cuestión y repitiendo el estudio por varios años.

El equipo necesario para medir la temperatura en las playas ha sido ampliamente discutido por Godfrey y Mrosovsky (1994). Ellos diseñaron un módulo que memoriza las temperaturas máxima y mínima. Aparte de que el equipo es económico y resistente, soporta el

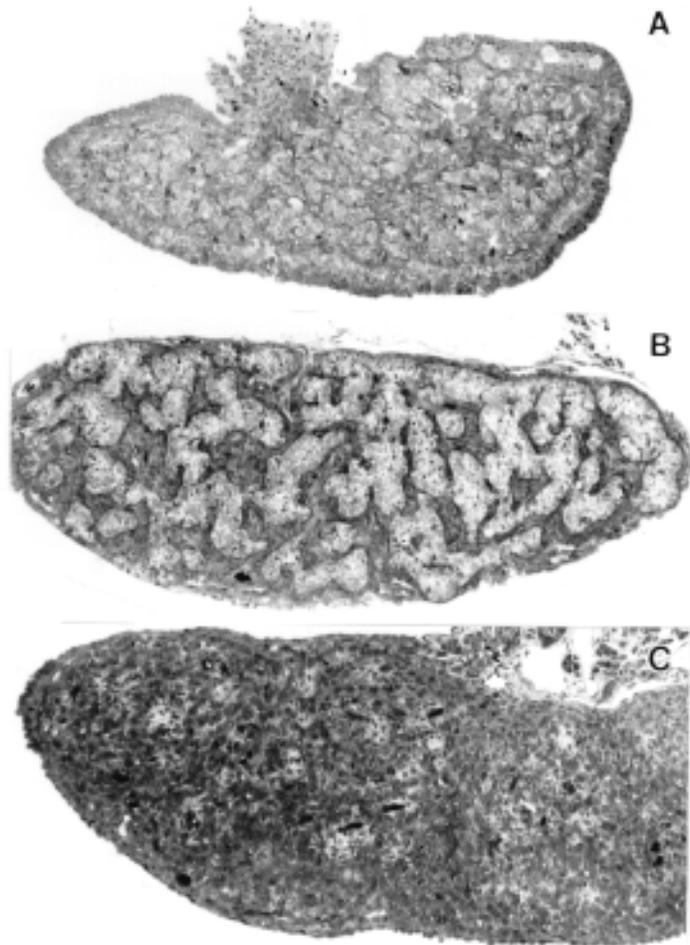


Figura 3. Ovario de *Dermochelys coriacea* (A), testículo (B) y gónada indiferenciada (C) previamente tratadas con la técnica de aclaramiento (ver texto). El glicerol fue eliminado con un buffer de fosfato y las muestras fueron tratadas como el material de las figuras 1 y 2.

entierro reduciendo la posibilidad de robo. El sensor núcleo, es un termómetro comercial de memoria (Radio Shack 277-302 or 630/1020) protegido dentro de una caja de Plexiglas.

Convertir la temperatura de la arena en proporción sexual de crías no es tan sencillo como puede parecer. Las temperaturas pivote de las tortugas se derivan generalmente de la incubación de los huevos a temperaturas constantes en el laboratorio, diferentes a las verdaderas condiciones de incubación (Bull, 1985). Los factores microambientales tales como el calor metabólico de los huevos, pueden causar temperaturas del nido diferentes a las temperaturas de la arena (Mrosovsky y Yntema, 1980; Godfrey *et al.*, 1997). Este factor puede ser tomado en cuenta cuando se mide la temperatura en la playa, y los

sensores pueden ser depositados tan cerca como sea posible del nido, o entre los huevos en cada nido con el propósito de derivar la proporción sexual. También, la variación inter-nidada en las temperaturas pivote puede complicar las conversiones de la temperatura de la playa en una proporción sexual; por tanto son importantes tamaños de muestra adecuados (ver arriba). No obstante, los perfiles de la temperatura de la arena son útiles, particularmente en la evaluación del impacto de las técnicas de manejo en la proporción sexual (ver Godfrey y Mrosovsky, este volumen).

Consideraciones Finales

Las gónadas de diferentes especies de tortuga marina revelan variaciones en el grado de diferenciación al eclosionar. Las gónadas más y menos diferenciadas son las de *C. caretta* y *D. coriacea*, respectivamente, mientras que una diferenciación intermedia puede ser observada en *L. olivacea* y *C. mydas*. Sin embargo, las gónadas pueden ser consideradas morfológica y fisiológicamente inmaduras en todas las especies. En vertebrados, los ovarios diferenciados contienen ovocitos rodeados por células foliculares y los testículos diferenciados tienen túbulos seminíferos y células de Leydig. En crías de tortugas marinas como en otras especies, el comienzo de la meiosis es retrasado y no hay formación de folículos en los ovarios. En los testículos, no hay presencia de túbulos seminíferos diferenciados y sólo se encuentran cordones medulares, con pocas células germinales. En la mayoría de las especies, algunas células germinales permanecen en el epitelio superficial y no han sido observadas células de Leydig diferenciadas (Figura 1). Por lo tanto, la diferenciación completa de las gónadas debe ocurrir en algún momento después de la eclosión y no ha sido establecido el momento en que esto pasa.

Las variaciones genéticas entre diferentes poblaciones de tortugas marinas y las variaciones de las condiciones ambientales de las playas localizadas a diferentes latitudes, implican que deben esperarse diferencias en la temperatura pivote de tortugas de la misma especie. Por lo tanto, se recomienda hacer estimaciones de los parámetros para cada playa evitando extrapolar libremente a partir de resultados obtenidos en otras playas.

Finalmente, es importante considerar la relativa frecuencia de gónadas referidas como “intersexos”. En estas muestras, los cordones medulares son

conservados en algunas regiones, como en los testículos, y el epitelio superficial aparece extendido, en otras regiones, como en los ovarios. En otros casos, la gónada permanece “indiferenciada” y aquí no hay un claro desarrollo hacia cualquiera de los sexos. Considerando la vulnerabilidad de las gónadas a la temperatura y la inmadurez en el estado de cría, no es de sorprender encontrar variaciones en su desarrollo, probablemente en respuesta a abruptos cambios en la temperatura durante el periodo sensitivo.

Agradecimientos

Estoy en deuda con M. Cristina Ordoñez por proveerme de sus muestras de gónadas aclaradas. El proyecto tuvo el apoyo de CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), 400315-5-4037N. Este capítulo fue mejorado por comentarios de M. Girondot, C. Pieau, y A. Abreu.

Literatura Citada

- Bull, J. J. 1983. Evolution of Sex Determining Mechanisms. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California.
- Bull, J. J. 1985. Sex ratio and nest temperature in turtles: comparing field and laboratory data. *Ecology* 66:1115-1122.
- Dalrymple, J. H., J. C. Hampp y D. J. Wellins. 1985. Male-biased sex ratio in a cold nest of a hawksbill sea turtle *Eretmochelys imbricata*. *Journal of Herpetology* 19:158-159.
- Godfrey, M. H. y N. Mrosovsky. 1994. Simple method of estimating mean incubation temperatures on sea turtle beaches. *Copeia* 1994:808-811.
- Godfrey, M.H., R. Barreto, y N. Mrosovsky. 1997. Metabolically-generated heat in sea turtles nests and its potential effect on the sex ratio of hatchlings. *Journal of Herpetology* 31: 616-619.
- Gross, T. S., D. A. Crain, K. A. Bjorndal, A. B. Bolten, y R. R. Carthy. 1995. Identification of sex in hatchling loggerhead turtles (*Caretta caretta*) by analysis of steroid concentration in chorioallantoic/amniotic fluid. *General and Comparative Endocrinology* 99:104-210.
- Karnosvsky, M. J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. *Journal of Cell Biology* 27:137.
- Koopman, P., J. Gubbay, N. Vivian, P. Goodfellow y

- R. Lovell-Badge. 1991. Male development of chromosomally female mice transgenic for SRY. *Nature* 351:117-121.
- McCoy, C. J., R. C. Vogt y E. J. Censky. 1983. Temperature-controlled sex determination in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. *Journal of Herpetology* 17:404-406.
- Merchant-Larios, H., I. Villalpando-Fierro y B. Centeno-Urruiza. 1989. Gonadal morpho-genesis under controlled temperature in the sea turtle. *Herpetological Monographs* 3:43-61.
- Miller, J. D. y C. J. Limpus. 1981. Incubation period and sexual differentiation in the green turtle, *Chelonia mydas* L., p.66-73. *In*: C. B. Banks y A. A. Martin (Editores). *Proceedings of the Melbourne Herpetological Symposium*, Parkville Zoological Board of Victoria.
- Morreale, S. J., G. J. Ruiz, J. R. Spotila y E. A. Standora. 1982. Temperature dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science* 216:1245-1247.
- Mrosofsky, N. 1988. Pivotal temperatures for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from northern and southern nesting beaches. *Canadian Journal of Zoology* 66: 661-669.
- Mrosofsky, N. y M. H. Godfrey. 1995. Manipulating sex ratios: Turtle speed ahead! *Chelonian Conservation and Biology* 1:238-240.
- Mrosofsky, N. y M. Benabib. 1990. An assessment of two methods of sexing hatchling sea turtles. *Copeia* 1990:589-581.
- Mrosofsky, N. y C. Pieau. 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermo-sensitive stages for sex determination in reptiles. *Amphibia-Reptilia* 12:169-179.
- Mrosofsky, N. y C. L. Yntema. 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: Implications for conservation practices. *Biological Conservation* 18:59-65.
- Rimblot, F., J. Fretey, N. Mrosofsky, J. Lescure y C. Pieau. 1985. Sexual differentiation as function of the incubation temperature of eggs in the sea-turtle *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Amphibia-Reptilia* 6:83-92.
- Shaver, D. J., D. W. Owens, A. H. Chaney, C.W. Caillouet, P. Burchfield Jr., y R. Marquez. 1988. Styrofoam box and beach temperatures in relation to incubation and sex ratios of Kemp's ridley sea turtles, p.103-108. *In*: B. A. Schroeder (Editor), *Proceedings of the Eighth Annual Workshop on Sea Turtle Conservation and Biology*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-214.
- Tiersch, T. R., J. M. Mitchell y S. S. Wachtel. 1991. Studies on the phylogenetic conservation of the SRY gene. *Human Genetics* 87:571-573.
- van der Heiden, A. M., R. Briseño y D. Rios-Olmeda. 1985. A simplified method for determining sex in hatchling sea turtles. *Copeia* 1985:779-782.
- Yntema, C. L. y N. Mrosofsky. 1980. Sexual differentiation in hatchling loggerhead (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica* 36:33-36.

Estimación de la Proporción Sexual en Playas de Anidación

Matthew Godfrey

Projeto TAMAR, Caixa Postal 2219, Salvador, Bahia CEP, 40210-970 Brazil; Tel: +55 (71) 876-1045; Fax: +55 (71) 876-1067; email: godfrey@zoo.utoronto.ca

Nicholas Mrosovsky

Department of Zoology, Ramsay Wright Zoological Lab, 25 Harbord Street, Toronto, Ontario M5S 3G5 Canada; Tel: +1 (416) 978-8506; Fax: +1 (416) 978-8532; email: mro@zoo.utoronto.ca

Introducción

Cuando confrontamos la noción de que la proporción sexual de las crías de tortugas marinas es afectada por la temperatura de incubación (ver Merchant, este volumen), una de las primeras preguntas formuladas es, ¿Cuál es la proporción natural de los sexos en tortugas marinas? Una segunda pregunta que surge inmediatamente es ¿Para fines de conservación, cuál es la proporción sexual óptima? Ambas preguntas se encuentran muy relacionadas y a la fecha, ninguna de las dos puede responderse fácilmente. Nadie ha diseñado ni realizado estudios a largo plazo que demuestren si manipular la proporción sexual es benéfico o perjudicial. En tanto surja más información disponible, y a la luz de algunas consecuencias negativas que se derivarían de la manipulación (Lovich, 1996; Girondot *et al.*, 1998), se asume el principio de que el curso de acción más seguro es mantener la proporción natural de sexos.

El conocimiento de esta proporción sexual natural en las poblaciones anidadoras de tortugas marinas es componente importante de cualquier plan de manejo y proporciona un punto de comparación para evaluar los efectos de las técnicas de conservación. Estas técnicas pueden incluir: (1) la reubicación de las nidadas a otra área de playa o a un vivero, sitios que podrían manifestar un régimen térmico diferente (ver Boulon; Mortimer, este volumen); (2) la cosecha controlada de huevos durante un sólo periodo de la temporada, podría resultar en la remoción desproporcionada de individuos de un solo sexo y, (3) el relleno artificial de algunas playas erosionadas podría alterar sus características térmicas por la introducción de un tipo de arena diferente (ver Witherington, este volumen).

Métodos

Estimar la proporción del sexo requiere de la síntesis de dos tipos de información. Primero, debe determinarse el sexo de las crías (ver Merchant, este volumen). Segundo, los datos de la proporción sexual deben combinarse con información sobre los patrones de anidación de una población. Es necesario saber dónde y cuándo anidan las tortugas en la playa, ya que existen variaciones espacio-temporales en la temperatura de la arena.

Variación Espacial

En una playa de anidación de tortugas marinas puede haber zonas con distintos regímenes térmicos. Por ejemplo, algunas zonas tienen vegetación, y otras no. Las nidadas depositadas bajo vegetación densa, probablemente experimenten condiciones térmicas más frías, y por lo tanto producen más machos que aquellas nidadas en zonas abiertas que tienden a ser más calientes (ver Spotila *et al.*, 1987). La distancia de la línea de marea alta puede variar la profundidad del manto freático, y de este modo influir en la temperatura a la profundidad de la cámara de incubación. Además, si una playa de anidación es extensa, todas las subdivisiones realizadas para su monitoreo deberían (idealmente) ser analizadas para considerar cualquier variación térmica a lo largo de la playa. Finalmente, si el propósito es estimar la proporción sexual de las crías de toda colonia reproductora, entonces deberá considerarse la información de todas las playas de anidación incluidas en el área de distribución de la meta-población. Probablemente se requiera de información genética (ver FitzSimmons *et al.*, este volumen) para determinar

la extensión de la población anidadora. Aun así, se advierte que no obstante la aparente segregación de las hembras en distintas playas de anidación, estos agrupamientos de hembras podrían formar parte de una población reproductora más grande si los machos se mueven y se aparean libremente entre los diferentes grupos.

Variación Temporal

Durante el transcurso de la temporada de anidación, que puede durar varios meses, son muy probables las variaciones climáticas. Así, la temporada de lluvia podría afectar la temperatura de la arena a la profundidad de la cámara de incubación, que a su vez afectaría la proporción del sexo. En consecuencia, una estimación correcta de la relación hembra-macho debe fundamentarse en muestreos realizados a lo largo de toda la temporada de anidación. En la práctica, frecuentemente es más fácil dividir la temporada en unidades de tiempo discontinuas p.ej., períodos de un mes o dos semanas y luego, estimar la media de la proporción sexual para cada uno de esos períodos (Godfrey *et al.*, 1996). También, es importante recordar que en algunas especies, cada hembra tiende a anidar cada dos, tres ó más años. Por consiguiente, estimar la proporción sexual de las crías en una sola temporada puede representar la selección del sitio de anidación de sólo una tercera parte del total de la población adulta. Idealmente, la estimación de la proporción de sexos de las crías debería estar basada en datos de varios años consecutivos. Por supuesto, es de esperar que ocurran algunas variaciones en la proporción sexual de un año a otro, ya que el clima y la frecuencia de anidación son variables. Es posible determinar un valor promedio de la proporción de sexos en crías, mediante la recopilación de los datos de la relación hembra-macho durante varios años. Si sólo es posible determinar dicha proporción para un año, entonces es conveniente considerar si este año es térmicamente típico o no. Para este propósito se pueden usar registros meteorológicos.

Considerando la Frecuencia de Anidación

Por lo general, a mitad de temporada anidan más tortugas que al inicio o al final de ésta. Este cambio temporal en la densidad de las anidaciones debe conjuntarse con la información que nos indica cómo varía la proporción de sexos durante la temporada. El objetivo pretendido es combinar la información de la proporción de sexos para períodos específicos de la temporada de anidación con los datos sobre los números relativos de nidadas puestas durante esos mismos tiempos. Por ejemplo, en la Figura 1 se muestra un perfil de la proporción de sexos en una playa de anidación hipotética. La duración de la temporada de anidación es de tres meses, y marca la transición entre las temporadas de sequía y la de lluvia. A la derecha se muestra la frecuencia relativa de la anidación para

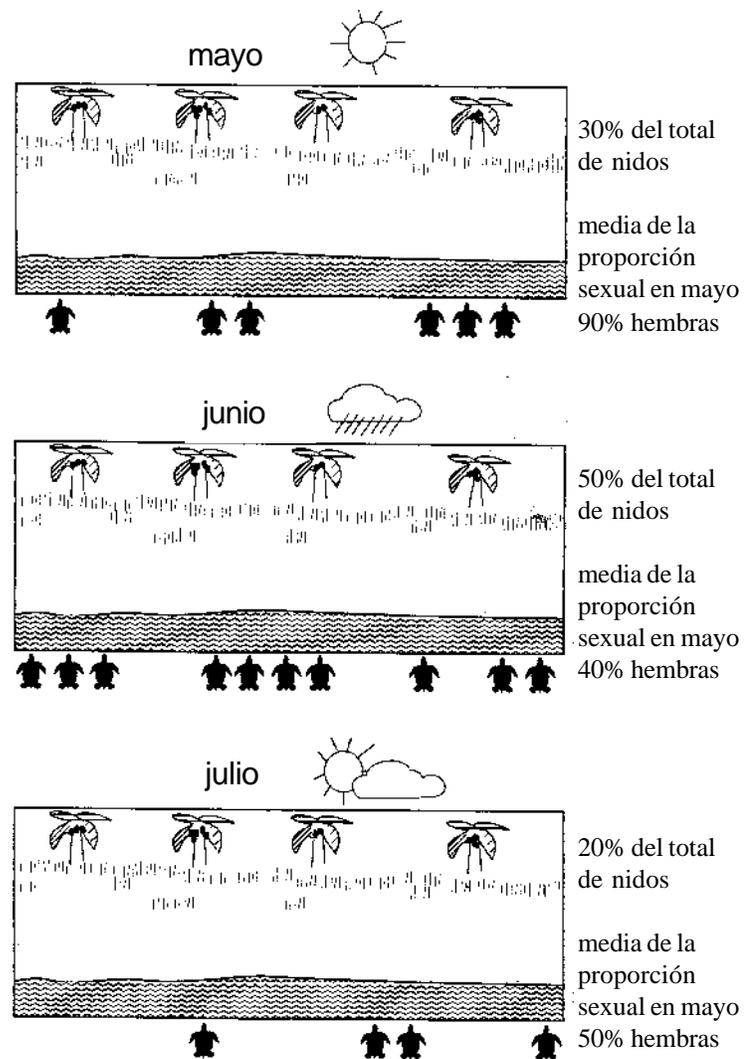


Figura 1. Ejemplo de cambios en la frecuencia de anidación y la

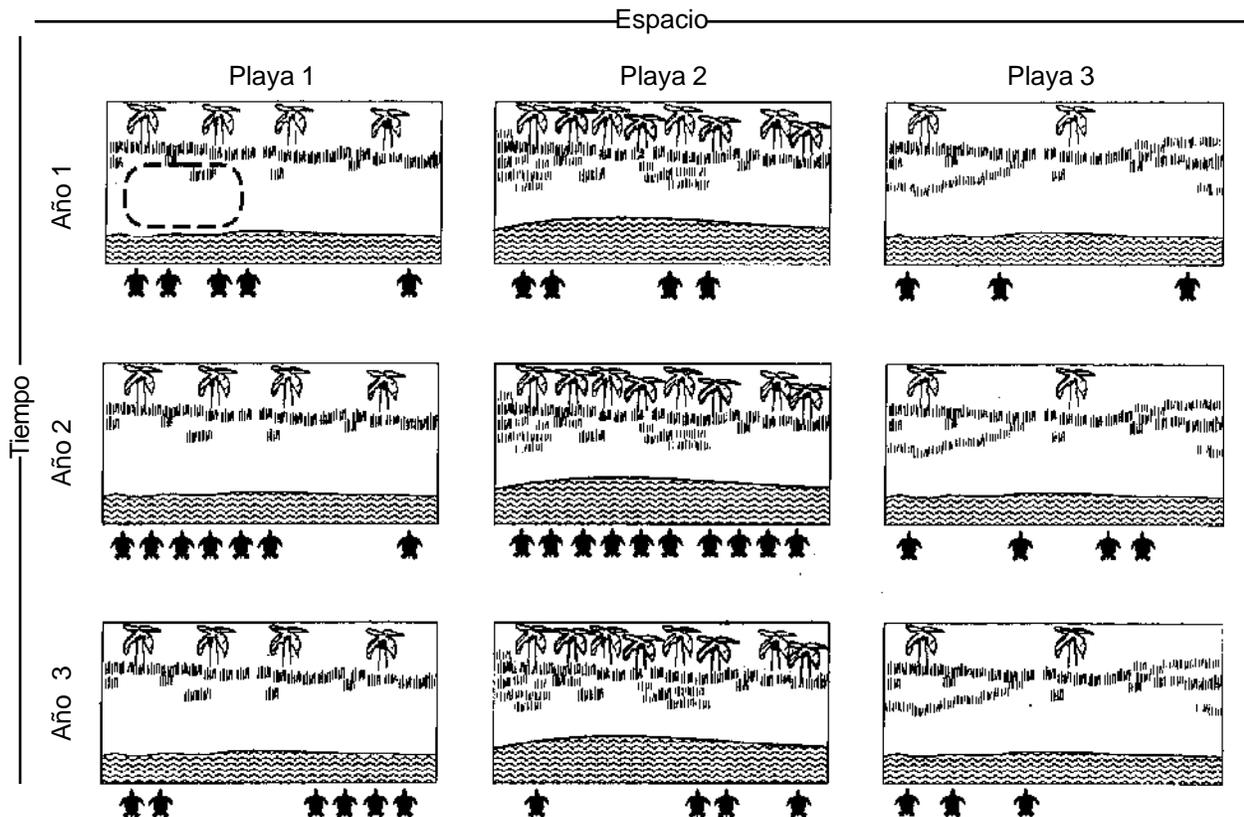


Figura 2. Requerimientos para un muestreo adecuado. Si el muestreo es delimitado solamente a un área (círculo arriba a la izquierda), el resultado no sería representativo de la totalidad de la variación espacio-temporal o cambios en la densidad de nidos.

cada mes, ilustrando una mayoría de nidadas depositándose en junio. La media de la proporción sexual de varias nidadas puestas en cada mes también se indica en los textos de la derecha, presentado como % de hembras. Combinando los dos tipos de datos de los tres meses se obtiene una proporción sexual del 57% de hembras para toda la temporada. Sin embargo, si el muestreo se restringe a un mes (p. ej., junio), entonces la estimación de la proporción de sexos (p. ej., 40% de hembras) sería inexacta. Asimismo, los datos de una playa o de un año pueden no ser representativos del promedio a largo plazo de la proporción sexual de la población (Figura 2). Finalmente, puede ser el caso de que el tamaño de la nidada o el éxito de emergencia varíe de playa a playa (o con el tiempo). Si la variación es grande, es importante considerar estos factores para calcular la proporción sexual.

Determinación de Intervalos de Confianza para la Estimación Global de la Proporción Sexual

Para facilitar la comparación estadística entre diferentes playas o poblaciones, es necesario calcular un intervalo de confianza para la estimación global de

la proporción de sexos para la población anidadora en cuestión. En la mayoría de los casos, la estimación global no estará basada en los datos de todas las nidadas puestas durante la(s) temporada(s); más bien, estará basada en una muestra de los nidos de una población más grande. Una buena forma de determinar un intervalo de confianza es por medio del uso de la técnica de “bootstrapping”, la cual involucra un gran número de estimaciones calculadas por muestreo aleatorio con reemplazo del conjunto original de datos. Para más detalle, ver Effron y Gong (1983).

Conclusión

En resumen, la comprensión de las relaciones entre la temperatura y la proporción sexual en una playa, permite que las actividades de conservación sean planeadas de manera que se conserven ambos sexos. Por ejemplo, cuando la reubicación de huevos es necesaria, ayuda a evitar una influencia indeseable del manejo sobre la proporción sexual. Sin embargo, las medidas tomadas en un lugar o tiempo deberán ser evaluadas en el contexto de la variación espacio-temporal de la proporción sexual (y de los patrones de anidación) en la población entera.

Agradecimientos

El apoyo financiero para nuestra investigación proviene de Natural Sciences and Engineering Research Council de Canada.

Literatura Citada

Effron, B. y G. Gong. 1983. A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and cross-validation. *The American Statistician* 37:36-48.

Girondot, M., H. Fouillet y C. Pieau. 1998. Feminizing turtle embryos as a conservation tool. *Conservation Biology* 12: 353-362.

Godfrey, M. H., R. Barreto y N. Mrosovsky. 1996. Estimating past and present sex ratios of sea turtles in Suriname. *Canadian J. Zool.* 75: 267-277.

Lovich, J. E. 1996. Possible demographic and ecologic consequences of sex ratio manipulation in turtles. *Chelonian Conservation and Biology* 2:114-117.

Spotila J. R., E. A. Standora, S. J. Morreale y G. J. Ruiz. 1987. Temperature dependent sex determination in the green turtle (*Chelonia mydas*): effects on the sex ratio on a natural nesting beach. *Herpetologica* 43:74-81

Determinación del Sexo de Tortugas Marinas en Hábitats de Alimentación

Thane Wibbels

Department of Biology, University of Alabama, 1300 University Boulevard, Birmingham, Alabama 35294-1170 USA; Tel: +1 (205) 934-4419; Fax: +1 (205) 975-6097; email: twibbels@uab.edu

Determinar el sexo de las tortugas en áreas de alimentación es de interés para los biólogos y conservacionistas por una variedad de razones. El hecho de que la determinación del sexo en las tortugas marinas sea fuertemente influenciada por la temperatura a la cual los huevos son incubados (determinación del sexo dependiente de la temperatura o SDT) (ver Merchant, este volumen) crea numerosas preguntas, las cuales son de trascendencia ecológica, evolutiva y/o de conservación. Por ejemplo: ¿Cuáles son las proporciones naturales del sexo en las poblaciones de tortugas marinas?, ¿Varían las proporciones sexuales dentro y entre poblaciones?, ¿Qué efecto tienen las proporciones sexuales en el éxito reproductivo de una población?, ¿Existen ciertas proporciones de sexo óptimas para la supervivencia de una población? Este tipo de preguntas son de particular interés para los conservacionistas, puesto que la información de esta clase es esencial para entender la dinámica reproductiva de la población y de este modo generar estrategias de manejo adecuadas para poblaciones en peligro. Las proporciones sexuales naturales producidas por SDT pueden variar enormemente (revisado por Wibbels *et al.*, 1991, 1993; Mrosovsky, 1994). De este modo, las preguntas de arriba no pueden ser contestadas fácilmente, y puede requerirse una extensa base de datos acerca de la proporción de sexos para producir respuestas confiables.

El concepto de examinar las proporciones sexuales en las poblaciones de tortugas marinas parece ser sencillo. Sin embargo, para completar dichos estudios con éxito, uno debe tomar varias decisiones con respecto al diseño experimental, y luego superar un número de dificultades logísticas presentadas por la

biología y la historia de vida de las tortugas marinas. Primero, uno debe decidir qué porción de la población va a examinar (embriones, crías, jóvenes, adultos). Pueden presentarse diferencias de supervivencia relativas al sexo en las tortugas marinas, y de este modo las proporciones sexuales pueden variar entre varias clases de edades dentro de la población. Por ejemplo, las crías que emergen en un periodo temprano de la temporada de anidación pueden experimentar diferentes condiciones de agua y disposición de alimento en comparación con las crías que salen en un periodo tardío, y las proporciones de sexo en las crías pueden cambiar significativamente durante la temporada de anidación (Mrosovsky *et al.*, 1984). Por lo tanto, estudios óptimos de la proporción sexual deben de incluir las variadas clases de edad existentes dentro de una población. Este capítulo revisa métodos no letales para la identificación del sexo en las tortugas marinas de áreas de alimentación (p. ej., tortugas jóvenes y adultas) y el análisis de los datos de proporción sexual.

Identificación del Sexo de Tortugas Marinas Adultas

Una de las necesidades fundamentales en los estudios de la proporción de sexo en las tortugas marinas es un medio válido de identificación del sexo de tortugas individuales. Esto normalmente no es un problema con las tortugas marinas adultas ya que los machos desarrollan características sexuales secundarias (p. ej., el largo de la cola, la morfología del caparazón, morfología de las uñas en las aletas frontales) durante la pubertad. La característica sexual secundaria más obvia es la larga y musculosa cola prensil que se extiende fuera del caparazón en ma-

chos adultos (Figura 1). Aunque las longitudes reales de la cola varían con las especies y posiblemente poblaciones, la cola de las tortugas marinas hembras es corta y a lo más se extiende sólo un poco más allá de los escudos marginales. Sin embargo, uno deberá de ser cuidadoso cuando se usa la longitud de la cola para indicar el sexo de la tortuga marina que está cerca del tamaño adulto mínimo para una población dada; algunos juveniles grandes o machos en estado de pubertad no han desarrollado todavía colas largas y por lo tanto pueden ser confundidos con hembras adultas pequeñas (Limpus, 1985; Limpus y Reed, 1985).

Técnicas de Sexado para Tortugas Juveniles

En contraste a los adultos, sexar tortugas juveniles y crías representa un significativo obstáculo logístico. La longitud de la cola no es una técnica precisa de sexado para tortugas marinas inmaduras (Limpus, 1985; Wibbels, 1988). Sin embargo, el largo de la cola puede ser indicativo del sexo en algunos machos a medida que están cerca de la madurez sexual (Limpus, 1985).

Se ha propuesto y/o desarrollado una variedad de métodos no letales para determinar el sexo en tortugas marinas juveniles. El método más definitivo es la observación directa de las gónadas por una examinación laparoscópica. Además, varias técnicas han sido demostradas como aptas para una identificación fisiológica o molecular del sexo. Estas incluyen cariología (Bickham *et al.*, 1980), prueba de antígenos H-Y en las células sanguíneas (Wellins, 1987), prueba de hibridación en ADN con la sonda Bkm (ADN repetitivo asociado a los cromosomas del sexo; Demas *et al.*, 1980) y análisis de los niveles de testosterona en sangre (Owens *et al.*, 1987; Wibbels *et al.*, 1987; Wibbels, 1988). Los cariotipos deben aún revelar diferencias específicas del sexo, mientras que la prueba de antígenos H-Y en las células sanguíneas y la hibridación con ADN Bkm han sido propuestas como técnicas potenciales de sexado pero no han sido suficientemente validadas. Además, la logística y los costos de estos tres métodos pueden impedir su uso extendido para la examinación de

grandes números de tortugas; por lo tanto, no serán tratados en detalle en este capítulo. La laparoscopia y el radioinmunoensayo (RIE) de la testosterona son métodos también caracterizados por dificultades logísticas y equipo caro, pero han probado ser prácticos para sexar con éxito grandes números de tortugas juveniles. Para que una técnica de sexado sea útil debe ser precisa, práctica logísticamente, y de costo efectivo.

Laparoscopia

La examinación laparoscópica ha mostrado ser un método efectivo de sexado de tortugas marinas juveniles (Wood *et al.*, 1983; Limpus y Reed, 1985; Limpus, 1985) ya que las gónadas pueden ser vistas directamente a través del laparoscopio (Figura 2). Una descripción detallada de gónadas inmaduras y maduras se encuentra en Limpus y Reed (1985) y Wibbels (1988), y varias fotografías de gónadas inmaduras son mostradas por Rainey (1981). Una descripción detallada de los procedimientos laparoscópicos es proporcionada por Wood *et al.* (1983). Owens (este volumen) proporciona una revisión técnica. La principal desventaja es que el procedimiento es invasivo y potencialmente peligroso para la tortuga. Por otra parte, es logísticamente difícil y no debe ser intentado sin un apropiado entrenamiento veterinario. A pesar de los inconvenientes, la laparoscopia ha sido usada exitosamente por un número de investigadores y ha sido usada para sexar cientos de tortugas marinas (C. Limpus, com. pers.). Además, el uso de la laparoscopia es actualmente una necesidad para evaluar la



Figura 1. Macho de tortuga verde adulta exhibiendo cola muscular, que se extiende más allá del margen del carapacho.

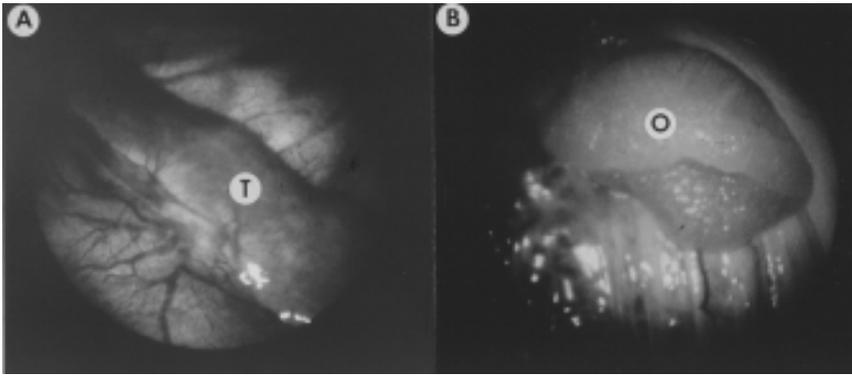


Figura 2. La apariencia de un testis y un ovario inmaduro a través de un laparoscopia. 2A) El testis inmaduro (T) se muestra en la diagonal de la fotografía. 2B) Se muestra un ovario inmaduro (O).

efectividad de otras técnicas no letales de sexado para tortugas marinas juveniles.

Ensayo Radioinmunológico de Testosterona (RIE)

El nivel de testosterona en suero puede ser usado como un indicador preciso del sexo de una tortuga marina juvenil (Owens *et al.*, 1978; Morris, 1982; Wibbels *et al.*, 1987; Wibbels, 1988). Por ejemplo, en un estudio de tortugas marinas en Heron Atoll, se examinó la testosterona en suero sanguíneo en juveniles de tortuga verde (n=197), caguama (n=61) y Carey (n=25) en las cuales el sexo fue verificado por medio de laparoscopia (Wibbels, 1988). En las tres especies, los machos presentaron niveles más altos de testosterona que las hembras. En todas las tortugas Carey y caguama, así como el 98 % de las tortugas verdes, los niveles de testosterona fueron un indicador preciso del sexo (los intervalos del nivel de testosterona de machos y hembras no se superpusieron). Un estudio de caguamas juveniles capturadas en el canal de Cabo Cañaveral (Florida, EUA) proporcionó resultados similares, sin superposición de los intervalos del nivel de testosterona en machos y hembras (Wibbels *et al.*, 1987).

Más recientemente, se han usado los niveles de testosterona en estudios para sexar un número relativamente grande de tortugas verdes y caguamas juveniles, capturadas en el mar (Wibbels *et al.*, 1991, 1993; Bolten *et al.*, 1992). El límite de tamaño mínimo para que las tortugas marinas puedan ser sexadas por RIE de testosterona no ha sido bien documentado. Sin embargo, un estudio no publicado (A. Meylan, com. pers.) sugiere que puede ser usado para sexar tortugas verdes de un largo recto de caparazón tan pequeño como 25 cm aproximadamente.

Existen numerosas ventajas en el uso de los RIE de testosterona para sexar tortugas marinas. El RIE es realizado en el laboratorio, de manera que el componente de campo se limita a la captura y muestreo de sangre de las tortugas. La testosterona es una hormona bastante estable, así que las muestras de suero de tortugas pueden ser almacenadas por periodos prolongados de tiempo (al menos varios años) a -20° C o menos, con poca o ninguna degra-

dación. Un solo RIE de testosterona puede incluir fácilmente de 50 a 100 muestras o más, de modo que se provee un medio práctico y de costo efectivo para el sexado de números relativamente grandes de tortugas marinas.

Existen también limitaciones en el uso del RIE para sexar tortugas marinas. Primero, como con cualquier técnica de sexado para tortugas marinas, un RIE deberá ser adecuadamente validado. Por ejemplo, resultados de los RIE pueden variar dentro y entre laboratorios. Adicionalmente, los niveles de testosterona pueden variar ligeramente entre especies de tortugas marinas, y posiblemente entre poblaciones (Wibbels, 1988). Por lo tanto, cuando sea posible, un RIE particular deberá ser validado usando muestras de suero de tortugas de sexo conocido (p. ej., sexo verificado laparoscópicamente) de la especie y/o población a ser analizada. En esos análisis, se deberán examinar varias clases de tamaño de tortugas para validar el intervalo de tallas de tortugas que pueden

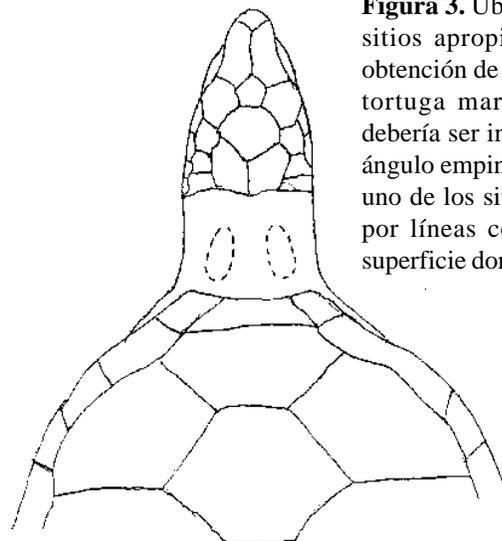


Figura 3. Ubicación de los sitios apropiados para la obtención de sangre de una tortuga marina. La guja debería ser insertada en un ángulo empinado dentro de uno de los sitios indicados por líneas cortadas en la superficie dorsal del cuello.

ser sexadas con precisión. Segundo, los resultados descritos arriba para tortugas verdes (Wibbels, 1988) muestran que en algunas poblaciones los niveles de testosterona de un pequeño porcentaje de machos y hembras pueden superponerse. Esto de nuevo muestra la necesidad para una validación acertada del RIE. Deberán ser determinados los intervalos de sólo hembras y de sólo machos. Solamente las tortugas que caigan dentro de esos intervalos pueden ser sexadas con precisión como machos o hembras. Finalmente, una vez validado, el RIE deberá incluir controles entre ensayos para verificar la veracidad del ensayo con el tiempo.

Muestreo de Sangre

Se pueden obtener muestras de sangre para análisis de RIE (o para otras técnicas de determinación de sexo) de vasos sanguíneos localizados paralelamente a la columna vertebral en la porción dorsal del cuello de las tortugas marinas (Owens y Ruiz, 1980). La tortuga puede ser colocada en una posición inclinada con la cabeza abajo para resultados óptimos, pero en muchos casos las muestras de sangre pueden ser fácilmente obtenidas de tortugas que están en posición horizontal. El largo y tamaño óptimo de la aguja requerida para el muestreo sanguíneo puede variar dependiendo del tamaño de la tortuga y la especie, pero una aguja de 3.8 cm calibre 21 funciona bien para la mayoría de las tortugas juveniles. Para obtener una muestra, la aguja es conectada a un tubo de vacío (Vacutainer, p. ej.) o a una jeringa y después se inserta en el cuello en un ángulo pronunciado, en el sitio aproximado mostrado en la Figura 3. La sangre deberá ser colectada en vacutainers estériles si el suero va a ser usado en el ensayo o en tubos estériles tratados (p. ej., tubos con heparina o citrato de sodio) si el plasma va a ser usado en el ensayo. Se deberá obtener un mínimo de varios mililitros de sangre, para contar con suficiente suero para correr las muestras por duplicado. Los tubos de muestra deben ser colocados en hielo hasta que puedan ser centrifugados. El suero o plasma es separado de las células sanguíneas por centrifugación y luego transferidos a un contenedor separado para su congelación.

Análisis de los Resultados de la Proporción Sexual

Una vez que los datos de proporción de sexo han sido colectados de las áreas de alimentación, deberán de elegirse métodos apropiados para su análisis. Para

poder realizar análisis significativos, se deberán formular preguntas específicas relacionadas con los datos de proporción de sexo. Por ejemplo, podría ser de utilidad examinar si una proporción sexual difiere de una proporción 1:1, o si las proporciones de sexo de diferentes áreas de alimentación varían. Asimismo, además de examinar datos agrupados de una población, podría ser ventajoso subdividir los datos con base en factores tales como las clases de talla de las tortugas, época del año cuando fue realizado el muestreo y la localidad de muestreo.

Ya que se han generado preguntas específicas, se pueden realizar análisis estadísticos apropiados. El sexo de una tortuga marina representa una variable cualitativa más que cuantitativa, y la proporción de sexo es una variable derivada. Por lo tanto, cuando se examina una sola proporción de sexo de una población, muchas de las pruebas estadísticas conocidas y sus parámetros descriptivos (p. ej., media, variación, intervalos de confianza) no aplican (Siegel, 1956; Sokal y Rohlf, 1969; Zolman, 1993). Sin embargo, hay pruebas estadísticas que son apropiadas para datos de proporción de sexo. Para comparar las frecuencias observadas de machos y hembras en una población con valores pronosticados (1:1 p. ej.), la prueba de bondad de ajuste de χ^2 es apropiada cuando se trabaja con tamaños de muestras de moderado a grande (todas las frecuencias de celdas esperadas deben ser 5 o mayores). Adicionalmente, la prueba exacta de Fisher puede usarse para estos análisis y deberá ser usada en lugar de la prueba χ^2 cuando se trabaja con tamaños pequeños de muestra (Siegel, 1956; Sokal y Rohlf, 1969; Zolman, 1993). Estas pruebas de bondad de ajuste permiten a los investigadores examinar si la proporción de sexo observada en una población dada difiere significativamente de una proporción 1:1. Estas pruebas pueden también ser usadas para comparar datos de proporción de sexos. Por ejemplo, puede ser útil comparar datos de proporción de sexo colectados en diferentes épocas del año de un área de alimentación en particular, para comparar las proporciones sexuales de diferentes áreas de alimentación, o para comparar proporciones de sexo de diferentes clases de talla de tortugas marinas dentro de una población. Tales análisis pueden ser también verificados con pruebas de bondad de ajuste replicadas (Sokal y Rohlf, 1969). Estas pruebas generan estadísticos "G", los cuales indicarán si las proporciones sexuales son homogéneas y si las

frecuencias agrupadas de machos y hembras difieren significativamente de los valores pronosticados.

Agradecimientos

La realización de este manuscrito fue posible gracias al fondo por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), Departamento de Comercio E.U. bajo Beca #NA56RG0129, a través de la Beca Consorcio Marino Mississippi- Alabama. (M-ASGC, por sus siglas en inglés)

Literatura Citada

- Bickham, J. W., K. A. Bjorndal, M. W. Haiduk y W. E. Rainey. 1980. The karyotype and chromosomal banding patterns of the green turtle (*Chelonia mydas*). *Copeia* 1980:540-543.
- Bolten, A. B., K. A. Bjorndal, J. S. Grumbles y D. W. Owens. 1992. Sex ratio and sex-specific growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the southern Bahamas. *Copeia* 1992:1098-1103.
- Demas, S., M. Duronslet, S. Wachtel, C. Caillouet, y D. Nakamura. 1990. Sex-specific DNA in reptiles with temperature sex determination. *Journal of Experimental Zoology* 253:319-324.
- Limpus, C. J. 1985. A study of the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, in eastern Australia. Tesis Doctoral. Univ. Queensland, Brisbane, Australia.
- Limpus, C. J. y P. C. Reed. 1985. The green turtle, *Chelonia mydas*, in Queensland: a preliminary description of the population structure in a coral reef feeding ground, p.47-52. *In*: G. Grigg, R. Shine y H. Ehmann (Editores), *Biology of Australasian Frogs and Reptiles*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, Australia.
- Morris, Y. A. 1982. Steroid dynamics in immature sea turtles. Tesis de Maestría, Texas A&M University, College Station, Texas.
- Mrosovsky, N. 1994. Sex ratio of sea turtles. *Journal of Experimental Zoology* 270:16-27.
- Mrosovsky, N., S. R. Hopkins-Murphy y J. I. Richardson. 1984. Sex ratios in sea turtles: seasonal changes. *Science* 225:739-741.
- Owens, D. W., J. R. Hendrickson, V. Lance y I. P. Callard. 1978. A technique for determining sex of immature *Chelonia mydas* using radioimmunoassay. *Herpetologica* 34:270-273.
- Owens, D. W. y G. J. Ruiz. 1980. New method for obtaining blood and cerebrospinal fluid from marine turtles. *Herpetologica* 36:17-20.
- Rainey, W. E. 1981. Guide to sea turtle visceral anatomy. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-82. U.S. Department of Commerce.
- Siegel, S. 1956. *Nonparametric Statistics*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1969. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Wellins, D. J. 1987. Use of H-Y antigen assay for sex determination in sea turtles. *Copeia* 1987:46-52.
- Wibbels, T. 1988. Gonadal steroid endocrinology of sea turtle reproduction. Tesis Doctoral, Texas A&M University, College Station, Texas.
- Wibbels, T., G. H. Balazs, D. W. Owens y M. S. Amoss, Jr. 1993. Sex ratio of immature green turtles inhabiting the Hawaiian archipelago. *Journal of Herpetology* 27:327-329.
- Wibbels, T., R. E. Martin, D. W. Owens y M. Amoss, Jr. 1991. Female-biased sex ratio of immature loggerhead sea turtles inhabiting the Atlantic coastal waters of Florida. *Canadian Journal of Zoology* 69:2973-2977.
- Wibbels, T., D. W. Owens, Y. Morris y M. Amoss, Jr. 1987. Sexing techniques and sex ratios for immature loggerhead sea turtles captured along the Atlantic coast of the U.S., p.59-64. *In*: W. N. Witzell (Editor), *Ecology of East Florida Sea Turtles*. NOAA Technical Report NMFS 53. U.S. Dept. Commerce.
- Wood, J. R., F. E. Wood, K. H. Critchley, D. E. Wildt y M. Bush. 1983. Laparoscopy of the green sea turtle. *British Journal of Herpetology* 6:323-327.
- Zolman, J. F. 1993. *Biostatistics*. Oxford University Press, New York.

Muestreo y Análisis de los Componentes de la Dieta

Gregory A. Forbes

Biological Sciences Department, Grand Rapids Community College, 143 Bostwick Ave NE, Grand Rapids, Michigan 49503-3295 USA; Tel: +1 (616) 234-3985; Fax: +1 (616) 234-4005; email: gforbes@post.grcc.cc.mi.us

La habilidad para coleccionar muestras de la dieta de las tortugas marinas permite realizar estudios de ecología alimenticia y fisiología de estos animales. Los datos provenientes de estos estudios pueden ayudar a comprender cuestiones relacionadas con la utilización del hábitat, fisiología digestiva, energética, contaminantes presentes en la dieta, ecología trófica, endoparásitos y la salud relativa de una tortuga en particular. Adicionalmente, los conocimientos sobre la variedad de la dieta de una población de tortugas permitirán que ciertos esfuerzos de conservación sean dirigidos a proteger las áreas que proveen dichos alimentos.

Los hábitos alimenticios de las tortugas silvestres pueden ser determinados por una variedad de métodos, pero la técnica preferida es el lavado o enjuague estomacal. Esta técnica, comparativamente simple y confiable, ha sido usada exitosamente para muestrear los contenidos estomacales de varios grupos de vertebrados sin perjuicio al animal. Un sistema de lavado estomacal desarrollado para tortugas marinas (Forbes y Limpus, 1993) permite la recuperación rápida de grandes volúmenes de alimento no digerido del esófago y de la región anterior del estómago. La técnica que se describe a continuación ha sido ampliamente utilizada con éxito en tortugas verdes, careyes, kikilas, golfinas y caguamas, con tallas de largo curvo de caparazón (LCC) en un intervalo de aproximadamente 25 a 115 cm. La técnica debería ser igualmente exitosa en tortugas laúd si éstas pudieran ser levantadas y manipuladas como se requiere para llevar al cabo el procedimiento.

Cabe mencionar que otros procedimientos (diferentes al lavado gástrico) también ofrecen potencial en la investigación, sin embargo presentan limitantes. Se deberá de tener cuidado en la interpretación de los resultados de las dietas a partir

de muestras provenientes de tortugas muertas o moribundas ya que podrían no reflejar la dieta de individuos saludables. La dieta puede ser también inferida a partir de observaciones de tortugas alimentándose en condiciones naturales, sin embargo, la dificultad que implica acercarse y observar tortugas marinas de vida libre bajo el agua impide tales estudios en la mayoría de las circunstancias. La colecta de fragmentos de comida de la boca de las tortugas capturadas en el mar puede proveer conocimientos de su régimen alimenticio, pero estas muestras pueden representar sólo aquellos alimentos que son difíciles de deglutir (p. ej., hidrozoarios del género *Physalia* spp.) o que son atrapados por varias estructuras bucales tales como las coanas nasales. El sesgo del muestreo inherente a esta técnica sería difícil de eliminar.

Es posible asimismo obtener datos de los hábitos alimenticios de las tortugas marinas en vida libre realizando prospecciones directas bajo el agua, o del examen de excremento. Las inspecciones bajo el agua que pretenden encontrar y evaluar la evidencia de la actividad alimenticia de las tortugas requieren que el investigador localice evidencia física de cortaduras hechas por las tortugas, tales como áreas de pastoreo en pastos marinos o marcas de mordidas en esponjas y gorgonáceos. La confiabilidad de esta técnica depende de la habilidad del observador para localizar e identificar con precisión las marcas de mordidas sobre organismos benthos sésiles. La colecta de muestras fecales es problemática y demanda tiempo. Además, los datos cuantitativos disponibles a partir de análisis fecales son limitados por la digestibilidad diferencial de varios componentes dietéticos que afectan su representación en el excremento cuando es medido por su volumen o peso.

El examen de los contenidos del tracto digestivo

de tortugas saludables capturadas en el medio silvestre que luego son sacrificadas, es una de las mejores formas de determinar la dieta. Sin embargo, las implicaciones ecológicas y éticas de sacrificar tortugas generalmente descartan esta técnica a menos que las tortugas sean tomadas de capturas incidentales en la pesca.

Técnica de Lavado Gástrico

Las tortugas son puestas sobre su caparazón a una altura que permita que la cabeza quede más abajo que el domo de su caparazón, permitiendo el libre acceso a la cabeza del animal. El caparazón deberá de estar bien sujeto para prevenir que el animal se balancee. Una pequeña cámara de neumático de automóvil colocada plana sobre una carretilla, provee una excelente superficie para apoyar, sujetar y transportar al animal. Para un óptimo drenaje, la parte posterior de la tortuga deberá estar elevada ligeramente más alto que la cabeza. No es común que una tortuga forcejee una vez que ha sido asegurada de esta manera. Las tortugas pequeñas pueden ser manipuladas sobre las piernas del investigador. Gyuris y Limpus (1986) han descrito un método para sujetar las aletas delanteras de tortugas grandes.

La boca se abre sujetando la cabeza con firmeza e insertando suavemente una delgada barra separadora de acero inoxidable (regleta) entre el maxilar y la mandíbula. La barra separadora se puede hacer fácilmente de un pedazo plano de acero, pero las orillas deberán de ser redondeadas y la superficie pulida para reducir los posibles daños que pueda sufrir la cavidad bucal (Tabla 1). Aunque las regletas son los instrumentos más seguros y efectivos, algunos utensilios comunes tales como un destornillador ancho y plano o el mango de un escalpelo de acero pueden ser modificados para tener una regleta temporal, sin embargo, se deberá de tener cuidado al usarlos para prevenir daños a la tortuga.

La regleta se inserta verticalmente entre el maxilar

y la mandíbula, y suavemente se presiona hacia abajo hasta que la barra pueda sentirse pegando contra el paladar. En este momento, el extremo libre de la barra deberá ser girada hacia abajo (hacia el cráneo). Este movimiento deberá de ser hecho suavemente ya que no se trata de forzar la boca sino de irritar a la tortuga, lo que ocasionará que abra la boca. Forzar a la tortuga a abrir la boca provocará daños a las mandíbulas, y puede perjudicar la habilidad del animal para alimentarse. En la medida que la tortuga abre la boca, la barra debe de ser deslizada rápidamente a través de la cavidad bucal hasta que el extremo sale por el otro lado; en este momento se sujeta firmemente de ambos extremos hasta que una mordaza o abreboca pueda ser colocada en su lugar (Figura 1). Se deberá de tener extremo cuidado para evitar golpear las coanas de la nariz mientras la barra separadora pasa a través de la boca.

Se inserta una mordaza canina o abreboca estándar de uso veterinario dentro de la boca de la tortuga mientras que un asistente sostiene la barra (Figura 1). La mordaza deberá de insertarse en el extremo anterior de la boca y entonces expandirse. Se deberá revisar que la mordaza se encuentre estable antes de remover la barra. La mordaza debe de expandirse sólo hasta el punto en que se encuentre segura, y no hasta la máxima apertura de la boca, ya que de este modo se desgarraría el suave tejido dérmico en la coyuntura de la mandíbula y el maxilar. Si la tortuga abriera más la boca, el resorte de la mordaza se expande automáticamente.

Si no se dispone de una mordaza veterinaria, puede usarse un tubo de cloruro de polivinilo (PVC) como mordaza tubular para tortugas pequeñas y medianas. El tubo de PVC de pared gruesa (4.0 mm) se corta en segmentos de 1.5 cm de longitud. El diámetro interno (DI) del tubo será determinado por el tamaño de la tortuga. Tortugas mayores de 65 cm de LCC requieren de un DI de al menos 4.5 cm, tortugas de 40-64 cm de LCC un DI de 3.5 cm y tortugas menores a 40 cm de LCC un DI de 2.0 cm. Los animales extremadamente grandes y las caguamas pueden requerir de una mordaza tubular hecha de tubo de acero en lugar de PVC. Las mordazas de acero deberán de tener una cubierta suave, como cámara de llanta, para evitar que el tubo resbale y ocasione algún daño a la boca. La mordaza tubular de PVC o

Tabla 1. Dimensiones recomendadas de regletas y tubos recolectores para tres clases de tallas de tortugas marinas. LCC es largo curvo del caparazón; DI es el diámetro interno.

LCC (cm)	Regleta	Tubo Recolector
25-50	2.0 mm x 12 mm x 15 cm	12 mm ID x 1.0 m
50-60	2.5 mm x 20 mm x 20 cm	16 mm ID x 1.5 m
>60	2.5 mm x 25 mm x 20 cm	20 mm ID x 1.5 m

acero deberá de ser colocada en línea con el esófago. Es más difícil hacer que la tortuga abra la boca suficientemente para colocar una mordaza tubular que una mordaza veterinaria ajustable.

Una vez que la mordaza está ajustada, se insertan dos tubos de plástico transparentes dentro del esófago, uno a cada lado de la mordaza o abreboca. El primer tubo insertado es el tubo colector que lleva el contenido estomacal desplazado al interior de una bolsa colectora de malla. El segundo tubo es el tubo de inyección de agua, que lleva el agua de lavado hacia del estómago de la tortuga. El tubo recolector deberá tener una pared con grosor de 2.0 mm. Una pared más delgada podría ocasionar que el tubo se colapse mientras que uno más grueso no será tan flexible. Deberá usarse el mayor diámetro de tubo posible, ya que piezas de comida voluminosas pueden obstruir el tubo colector (Tabla 1). El tubo de inyección de agua deberá ser de 5.0 mm de DI con una pared de 1.0 -1.5 mm y 3 m de longitud. Tortugas menores de 40 cm de LCC requieren tubos de 3.5-4.0 mm DI. Los extremos de todos los tubos deben ser lijados o fundidos con una flama de manera que tengan bordes lisos y redondeados.

Se ajusta al final del tubo una bolsa de malla para coleccionar la muestra. La bolsa puede ser hecha con malla de mosquitero de fibra de vidrio o un material similar con malla pequeña. La parte superior de la bolsa colectora es equipada con jaretas que permiten que la bolsa sea atada fuertemente sobre el tubo. Para prevenir que la bolsa resbale del tubo, deben colocarse varias abrazaderas de plástico o metal permanentemente afuera del tubo a 2-4 cm del final. Se deben grabar marcas sobre ambos tubos a intervalos de 10 cm desde el extremo que se inserta, para monitorear la longitud del tubo insertado hacia dentro del esófago.

Antes de insertar el tubo colector, una persona deberá agarrar firmemente la cabeza y extender el cuello completamente mientras se pone la cabeza en línea con la línea media del plastrón y lo nivela con la parte superficial del mismo. Esta posición deberá de mantenerse durante el lavado para evitar hacerle daño al animal.

La punta del tubo recolector deberá ser sumergida en un lubricante tal como aceite vegetal y entonces introducirse cuidadosamente en el extremo anterior del esófago. Si la glotis impide la entrada del tubo, puede oprimirse suavemente con la barra separadora. Es frecuente sentir la resistencia de un grupo de músculos cercanos a la parte anterior del esófago una



Figura 1. Posición de la cabeza, regleta y mordaza en una tortuga verde.



Figura 2. Posición lateral del tubo de inyección (izquierda) y tubo recolector en una tortuga verde *Chelonia mydas*. Nótese la alineación de la cabeza con el plastrón.

vez que el tubo ha pasado la glotis. Si el tubo dentro del esófago no es manejado cuidadosamente, algunos tejidos dérmicos delicados se pueden lesionar, provocando ligeras hemorragias evidenciadas por sangre drenada dentro del tubo. Dado que las tortugas adultas pueden tener tráqueas grandes y parcialmente enroscadas que impidan la inserción del tubo, es posible que se requiera la manipulación externa de la tráquea para facilitar el paso del tubo.

Una vez que el tubo recolector ha pasado el grupo de músculos del esófago, el tubo inyector, lubricado, se hará resbalar lateralmente a lo largo del tubo recolector (Figura 2). La posición lateral de este tubo reducirá el riesgo de entrada a la tráquea la cual ha sido sellada por el tubo recolector. Ambos tubos pasarán juntos hacia abajo del esófago hasta sentir la resistencia del bolo alimenticio o de la unión del esófago y el estómago. Esta unión ocurre en posición ventral al corazón. En tortugas que estén alimentándose, normalmente se encontrará un bolo alimenticio antes de dicha unión. La distancia de esta unión puede ser determinada antes de la inserción del tubo, tendiendo el tubo a lo largo de la línea media del plastrón y midiendo desde la unión de los escudos humeral y pectoral a la punta de la boca. El procedimiento de lavado estomacal no debería empezar a una profundidad mayor que esta distancia.

Se hace pasar agua dulce o de mar a través del tubo inyector. La válvula del sistema de salida de agua deberá estar cerca para que pueda ser cerrada rápidamente. Si la salida de agua es a través de un sistema doméstico presurizado, la presión óptima de salida al tubo inyector es de 10-25 psi (9 litros/min.). La presión de salida de agua para tortugas <40 cm de LCC deberá encontrarse en los valores más bajos de este intervalo. La presión de salida puede ser fácilmente determinada colocando un manómetro barato instalado justo por encima de la válvula de salida. Si no se dispone de un sistema presurizado, se han usado exitosamente bombas de agua operadas manualmente. Los volúmenes de agua o la presión de salida no deberán de ser mayores a los que pueden ser expelidos fácilmente a través del tubo colector ya que el exceso de presión de agua dentro de la tortuga podría causarle serios daños o la muerte.

Conforme el agua entra a la tortuga, el fluido de regreso empezará a pasar a través del tubo recolector en pocos segundos. El volumen del líquido que sale deberá de ser igual al líquido que entra. Si el agua no empieza a salir, el tubo recolector podría estar obstruido

por lo que deberá retirarse ligeramente para permitir la libre entrada de agua. Si durante el lavado el agua no sale o la tasa de flujo es baja durante más de 15-20 seg., es necesario detener la entrada de agua y reinsertar ambos tubos. Una vez que el flujo de agua que regresa es adecuado, se verán partículas de alimento viajando a través del tubo. Si no se observan partículas o para incrementar la cantidad, mientras se sujeta el tubo de inyección en su lugar, debe moverse el tubo recolector firmemente contra el bolo y retirarse varios centímetros para permitir que las partículas removidas entren al tubo. Si el alimento no entra al tubo, no debe incrementarse la fuerza de empuje del tubo, ya que lo más probable es que éste se encuentre tocando tejido suave en lugar del bolo. En ese caso, el tubo deberá sacarse varios centímetros, girarlo suavemente y reinsertarlo hasta que partículas alimenticias empiecen a salir.

Aunque la entrada a la tráquea estará sellada por el tubo recolector, el lavado en sí no deberá exceder de 3 minutos para reducir la oportunidad de que la tortuga inhale. Una vez que ha sido colectada la cantidad de muestra deseada, se cierra el flujo de agua al tubo inyector y se deja que drene agua y alimento hasta que todo el flujo cese. La tortuga puede ser levantada ligeramente de la parte posterior para ayudar al drenado. Es importante drenar completamente antes de remover el tubo recolector ya que las tortugas podrían respirar una vez que el tubo es removido y las vías aéreas deberán de estar libres de agua estancada para prevenir su aspiración. El tubo inyector deberá de ser removido antes que el tubo colector, la mordaza deberá ser removida rápidamente y la cabeza elevada ligeramente para que cualquier remanente de agua pase la glotis y regrese dentro del esófago. La cabeza deberá mantenerse en esta posición hasta la primera respiración, la cual deberá de ser casi inmediatamente. Cuando esto ocurre, el procedimiento ha terminado.

Una adecuada técnica de lavado puede producir hasta 1 litro de muestra de alimento de tortugas verdes adultas, saludables y alimentándose activamente, y 500 ml de subadultos. Las carey subadultas podrían rendir hasta 200 ml. Las muestras del lavado deberán de ser preservadas en una solución amortiguada al 6.5% de formol/agua de mar. Soluciones más fuertes de formol decolorarán la mayoría de la materia vegetal y haría más difícil la determinación de la materia animal.

A muchos individuos se les ha hecho lavado gástrico más de tres veces sin efectos nocivos conocidos. Las tortugas han sido capturadas desde

un día posterior al procedimiento hasta 3 años después y aparecen estar saludables y alimentándose. Por medio de un examen laparoscópico practicado inmediatamente después de un lavado, no se ha detectado ninguna hinchazón o daño a los intestinos. La técnica completa puede ser realizada en menos de 10 minutos y es raro no tener éxito.

Este sistema ha probado ser un método rápido, seguro y barato, por el cual se pueden obtener en el campo muestras de contenidos estomacales de las tortugas marinas, sin dañar al animal. La técnica se aprende fácilmente y en poco tiempo se puede tener pericia para realizarla. Sin embargo se deberá de tener cuidado en la interpretación del significado de la muestra obtenida. El contenido de la muestra está en función del tamaño del tubo colector usado, el tamaño de los componentes de la dieta en la parte anterior del tracto digestivo, la duración del lavado, la distancia o profundidad a la cual el tubo digestivo fue muestreado, y la experiencia de la persona que realizó el lavado.

Análisis de los Componentes de la Dieta

Una vez que la muestra ha sido colectada por lavado gástrico o cualquier otra técnica, el siguiente paso es analizar los contenidos. Se puede desear simplemente una lista cualitativa de los componentes presentes en la muestra de la dieta, o requerir un análisis cuantitativo detallado de la composición de la dieta y la contribución relativa de cada componente. Una colección de referencia de los componentes potenciales de la dieta deberá establecerse, preservando las muestras en una solución amortiguada al 6.5% de formol/agua de mar en viales de plástico transparente almacenados en la oscuridad para reducir la decoloración.

Los dos métodos más comunes de cuantificar la contribución de cada componente a la dieta son determinando su peso o su volumen relativo al total de la muestra. Pretender cuantificar la importancia de los componentes de la dieta por su contribución gravimétrica o peso tiene varias desventajas. La importancia de los componentes dietéticos con alto contenido de cenizas y por lo tanto con gran peso relativo (p. ej., algas calcáreas, espículas de esponjas, exoesqueletos) será sobrestimada en un análisis gravimétrico, mientras que aquellos con bajos contenidos de cenizas serán subestimados.

Si se emplea el método gravimétrico, los

componentes de la dieta pueden ser liofilizados o secados en un horno hasta obtener un peso constante. Si se hacen análisis bioquímicos de los contenidos, es mejor desecarlos por congelación que secarlos al horno, ya que este último puede dañar los componentes más inestables. Si no es posible congelarlas, las muestras deberán ser secadas a 60°C para evitar el daño por calentamiento. Después del secado, los componentes de la dieta deberán ser mantenidos en una cámara de desecación con gel de sílica para prevenir su rehidratación antes del pesado.

El volumen relativo de cada componente dietético puede ser determinado con dos técnicas. Una técnica es el desplazamiento de agua. Cada componente es puesto en un cilindro graduado o probeta conteniendo agua, y el incremento en el volumen registrado en el cilindro es el volumen del componente. Para una precisión razonable, el tamaño del cilindro graduado deberá de ser apropiado para el volumen de la muestra; esto es, si la muestra desplaza 1 ml, no deberá ser medida en un cilindro de 100 ml.

La segunda técnica usa el principio de microestereología (Weibel *et al.*, 1966; Schaefer, 1970) y una técnica de cuantificación (Forbes, 1996). Para este enfoque, cada muestra de lavado es vaciada dentro de una bandeja grande y mezclada hasta quedar visiblemente homogeneizada. Se toma una submuestra que cubra el fondo de una caja de Petri y se esparce en la caja con una profundidad a la cual la muestra pueda iluminarse de manera suficiente por transiluminación. La muestra es entonces observada bajo un microscopio de disección con un lente gran angular ajustado a un ocular cuadrículado Weibel (Bunton Instrument Company, 9607 Doctor Perry Road, Suite 99, Ijamsville, Maryland 21754 EUA) que consta de 21 líneas rectas colocadas en 3 filas de 7 líneas. Aunque el patrón de Weibel es la cuadrícula de muestreo más eficiente, se puede emplear una variedad de patrones de rejillas. Con iluminación de fondo trasmitida a través de un filtro azul que mejora la definición celular, se pueden observar especies de algas filamentosas.

La ubicación del campo de muestreo deberá ser marcado con un marcador permanente y numerado secuencialmente a cada 4 cm a lo largo de la circunferencia de la caja de Petri. La caja de Petri es girada dentro de un templete montado en la platina hasta que las líneas del campo de muestreo se encuentren alineadas con una línea indicadora sobre el templete de la platina. El modelo es hecho cortando

un orificio (de diámetro igual a la caja de Petri) en una pieza de cartón o plástico. La contribución de cada componente dietético al volumen de la muestra es determinado contando el número de extremos de la línea de la cuadrícula que intercepta cada componente, relativo al número total de intersecciones contadas para todos los componentes combinados.

La magnitud de amplificación será determinada por la resolución requerida para identificar el espécimen. Sin embargo, todas las intersecciones deberán ser contadas a la misma amplificación. Si se requiere de una ampliación mayor, los contenidos dietéticos pueden ser removidos cuidadosamente de la caja de Petri y ser vista bajo un microscopio compuesto. El número de campos requeridos para asegurar un análisis adecuado de la muestra del lavado es determinado por una serie de muestras de las muestras del lavado más diversas. Los resultados son graficados para determinar (1) el punto al cual no hay incremento significativo en el número de componentes adicionales con la inclusión de otros campos de muestreo y (2) el punto en el cual la contribución acumulativa porcentual de cada componente se nivela

sin cambios significativos cuando al añadir otro campo de muestreo.

Literatura Citada

Forbes, G. y C. J. Limpus. 1993. A non-lethal method for retrieving stomach contents from sea turtles. *Wildlife Research* 20:339-343.

Forbes, G. 1996. The diet and feeding ecology of green turtles (*Chelonia mydas*) in an algal-based coral reef community. Tesis Doctoral, James Cook University, Queensland, Australia.

Gyuris, E. y C. J. Limpus. 1986. Rapid method for immobilization and collection of sea turtle muscle biopsies for electrophoresis. *Australian Wildlife Research* 13:333-334.

Schaefer, A. 1970. The mathematical basis of stereology. *Microskopion* 7:3-16.

Weibel, E. R., G. S. Kistler y W. F. Scherle. 1966. Practical stereological methods for morphometric cytology. *Journal of Cell Biology* 30:23-38.

Medición del Crecimiento en Tortugas Marinas

Robert P. van Dam

Institute for Systematics and Population Biology, P. O. Box 94766, 1090 GT Amsterdam, The Netherlands; email: rvandam@compuserve.com

Los estudios del crecimiento han jugado un papel importante en el esclarecimiento de aspectos críticos de la historia de vida de las tortugas marinas; en particular para determinar la edad en que alcanzan la madurez sexual. Las tasas de crecimiento medidas en varias poblaciones han sido usadas para demostrar que las tortugas marinas son animales de muy lenta maduración y potencialmente longevos. Las tortugas son animales especialmente apropiados para investigaciones sobre el crecimiento ya que su tamaño puede ser determinado con precisión midiendo su caparazón o plastrón. Sin embargo, la naturaleza evasiva de las tortugas marinas en vida libre, especialmente los animales jóvenes y subadultos, ha limitado el alcance de los estudios de marcado-recaptura que producen datos de crecimiento a aquellas especies y poblaciones más accesibles para investigación. Por ejemplo, se ha colectado una considerable cantidad de datos de crecimiento para tortugas verdes (*Chelonia mydas*) en Australia (Chaloupka y Limpus, 1996) y en las Bahamas (Bjorndal y Bolten, 1988), pero para otras especies se cuenta con escasa información.

Se reconocen dos tipos de técnicas para la determinación del crecimiento en tortugas marinas: directos e indirectos. La medición directa del crecimiento consiste en determinar el incremento del tamaño de un animal durante un lapso determinado de tiempo. Debido a los largos periodos de tiempo implicados con este método, se han examinado varios enfoques alternativos que prometen producir resultados en periodos más cortos. Estos métodos indirectos producen estimaciones de las tasas de desarrollo en el pasado e incluyen la esqueletocronología (la examinación de las capas periosteales en el húmero de las tortugas-ver Zug, 1990) y el análisis de

frecuencia de longitudes de poblaciones muestradas (Bjorndal y Bolten, 1995). Sin embargo, la validación de las estimaciones del crecimiento obtenidas con estos métodos indirectos, requiere comparaciones con mediciones directas de crecimiento de la población estudiada. En este capítulo se limitará la discusión a las técnicas directas de medida del crecimiento y métodos de análisis de datos.

La medición del crecimiento en las tortugas marinas por medio de marcado y recaptura de animales jóvenes y adultos es en principio muy sencillo (ver Ehrhart y Ogren, este volumen, para metodología de captura), y se puede lograr mucho con una cinta métrica o calibradores. Es importante reconocer que la calidad de los datos de crecimiento a ser colectados se incrementará considerablemente si se desarrolla y sigue un protocolo apropiado de investigación. La colecta de datos de crecimiento de forma directa requiere: (1) una identificación inequívoca (rotulado/marcado) de tortugas individuales (ver Balazs, este volumen), (2) la medición de estructuras corporales bien definidas (ver Bolten, este volumen), y (3) la recaptura y re-medición de tortugas marcadas.

La medición del crecimiento con el tiempo consiste en determinar la diferencia entre dos o más medidas. Este cálculo produce datos sobre el incremento en el tamaño que son altamente susceptibles a un error de medición. Afortunadamente, los caparazones de tortuga marina son generalmente estructuras corporales rígidas que permiten hacer mediciones precisas. Es importante seleccionar puntos de referencia no ambiguos sobre el caparazón de la tortuga para que las medidas puedan ser tomadas consistentemente: Estos puntos pueden variar entre especies.

La mayoría de los estudios de crecimiento han usado la longitud del caparazón como la principal

medida para evaluar los cambios del tamaño del cuerpo de la tortuga. Se ha mostrado que las medidas de la longitud del caparazón en línea recta (LRC) tomadas con calibradores son preferibles sobre las mediciones curvas hechas con cinta métrica debido a su mayor precisión (Bjorndal y Bolten, 1989). Se pueden generar errores asociados con mediciones con cinta métrica debido al estiramiento o encogimiento de la cinta con el tiempo, tensión variable de la cinta, e interferencia por balánidos u otros epibiontes a lo largo de la trayectoria de medición. Los errores de las medidas entre observadores son las discrepancias causadas por diferencias en las técnicas de medición; estos errores son eliminados cuando la tortuga es medida siempre por la misma persona.

Se puede hacer fácilmente una valoración del conjunto de errores de las medidas y sus resultados pueden ser de gran valor para la interpretación de los datos de crecimiento (ver Bolten, este volumen). Para que los incrementos del crecimiento sean medidos con seguridad, deberán ser al menos una orden de magnitud mayores que el error en la medición. Para poblaciones de tortugas para las cuales ya existe una estimación gruesa de la tasa de crecimiento, se puede usar el cociente de (error de medición)/(tasa de crecimiento) para determinar los intervalos mínimos de tiempo entre capturas que serían requeridos para mediciones apropiadas. Intervalos de cerca de un año (o múltiplos de éstos) son ideales, ya que minimizan la posible distorsión de los datos de crecimiento por efectos estacionales. Debido a que el crecimiento natural de las tortugas marinas es generalmente lento, deberán eliminarse datos de incremento de crecimiento colectados durante periodos de solo unos pocos meses, a menos que las medidas puedan ser realizadas bajo condiciones controladas de laboratorio.

En la práctica, los incrementos del LRC medidos ocasionalmente producen valores negativos, reflejando una disminución en la longitud apreciable de la tortuga o un error de medición. Tales valores negativos deben ser incluidos en cualquier análisis subsecuente, a menos que el tamaño medido disminuya debido a daño físico (por ej., escudos rotos). En individuos dañados, un incremento de tamaño puede algunas veces ser inferido a partir de mediciones de partes del cuerpo no afectadas.

El tamaño de la tortuga y su crecimiento pueden también ser expresados en términos de masa corporal. Para entender ciertos procesos fisiológicos, un conocimiento de la tasa de crecimiento de la masa

corporal puede ser más importante que la información sobre crecimiento lineal. La masa corporal de las tortugas es medida típicamente mediante pesado con una balanza de resorte o báscula de plataforma. Sin embargo, deberá considerarse que la variación en el estado nutricional y condición reproductiva de las tortugas generalmente introduce mayores variaciones en los datos de masa corporal que en medidas lineares del tamaño.

Una vez que la información de incremento de crecimiento ha sido colectada, una variedad de métodos analíticos puede ser empleada para interpretarlos. Quizá el más simple pero de mayor utilidad de todos es la conversión de incrementos individuales de crecimiento a tasas de crecimiento usando la fórmula:

$$\text{media anual de la tasa de crecimiento} = (\text{medida}_2 - \text{medida}_1) \div \text{intervalo en años}$$

Igualmente, se puede obtener el error de medición asociado con cada tasa de crecimiento calculado usando la fórmula:

$$\text{media del error de la tasa de crecimiento} = \text{error de medición} \div \text{intervalo en años}$$

La información de la tasa de crecimiento es usualmente presentada para tortugas individuales (en gráficas de dispersión usando tasas de crecimiento individuales vs. longitud del caparazón) o en forma tabular, por individuo o agrupado por clase de tamaño.

Enfoques basados en modelos asumen que todas las tortugas examinadas siguen trayectorias de crecimiento similares. Los patrones de crecimiento de la tortuga pueden ser expresados concisamente una vez que los parámetros críticos de un modelo apropiado (p. ej., von Bertalanffy, logístico, Gompertz) han sido determinados. El uso de modelos facilita comparaciones de patrones de desarrollo entre poblaciones permitiendo diferencias entre parámetros que son detectadas con pruebas estadísticas estándar. Una revisión técnica del análisis de tasas de crecimiento es presentada en Chaloupka y Musick (1997).

Las tasas de crecimiento de las tortugas marinas a menudo son altamente variables, incluso dentro de una sola población (p. ej., Bjorndal y Bolten, 1988). Se piensa que las tasas de crecimiento son controladas por una variedad de factores que pueden estar divididos en dos categorías: factores intrínsecos de un individuo y factores ambientales. Los factores intrínsecos, además del tamaño, que probablemente afectan el crecimiento incluyen el sexo, el genotipo y el estado

de salud de una tortuga individual. Los factores ambientales incluyen la temperatura del agua, disponibilidad y calidad de la comida y oportunidades de forrajeo. Los efectos de los factores intrínsecos pueden ser examinados por división de los datos de crecimiento colectados en grupos de interés y analizando estadísticamente diferencias entre grupos. Usando este método, Bolten *et al.* (1992) no encontraron diferencia significativa entre las tasas de crecimiento de machos y de hembras jóvenes de la tortuga verde en las Bahamas. La determinación de los factores ambientales que influyen el crecimiento es probablemente un proceso mucho más complicado que requiere de un conocimiento extenso sobre la ecología.

Los estudios de crecimiento en tortugas marinas en condiciones naturales tienen el potencial para producir conocimiento valioso sobre las escalas de tiempo que son significativas para los procesos de desarrollo en estos animales, tal como el tiempo para la maduración. Mientras que las tasas de crecimiento hasta ahora han sido determinadas para varias poblaciones de tortuga verde, las tasas de crecimiento en otras especies de tortugas marinas (y en otras poblaciones de tortuga verde) siguen siendo temas fértiles para las investigaciones. Debido a la naturaleza de los organismos bajo estudio, la investigación sobre el crecimiento implica, por necesidad, trabajos de mucha intensidad y esfuerzo a largo plazo. Muchos métodos diferentes para la captura de tortugas, su marcado y medición están disponibles. La determinación del más apropiado para una población dada al comienzo del estudio incrementará en gran medida el potencial de éxito.

Literatura Citada

- Bjorndal, K. A. y A. B. Bolten. 1988. Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. *Copeia* 1988:555-564.
- Bjorndal, K. A. y A. B. Bolten. 1989. Comparison of straight-line and over-the-curve measurements for growth rates of green turtles, *Chelonia mydas*. *Bulletin of Marine Science* 45:189-192.
- Bjorndal, K. A. y A. B. Bolten. 1995. Comparison of length-frequency analyses for estimation of growth parameters for a population of green turtles. *Herpetologica* 51:160-167.
- Bolten, A. B., K. A. Bjorndal, J. S. Grumbles y D. W. Owens. 1992. Sex ratio and sex-specific growth rates in immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the southern Bahamas. *Copeia* 1992:1098-1103.
- Chaloupka, M. y C. J. Limpus. 1996. Robust statistical modeling of *Chelonia mydas* growth rates - southern Great Barrier Reef, p.62-65. *In: J. A. Keinath, D. E. Barnard, J. A. Musick y B. A. Bell (Compiladores), Proceedings of the Fifteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-387. U.S. Department of Commerce.*
- Chaloupka, M. Y. y J. A. Musick. 1997. Age, growth, and population dynamics, p.233-276. *In: P. L. Lutz y J. A. Musick (Editores), The Biology of Sea Turtles. CRC Press, Boca Raton, Florida.*
- Zug, G. R. 1990. Age determination of long-lived reptiles: some techniques for sea turtles. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris* 11:219-222.

Redes de Recuperación y Monitoreo de Tortugas Varadas

Donna J. Shaver

U.S. Geological Survey, Padre Island National Seashore, P.O. Box 181300, Corpus Christi, Texas 78480-1300 USA; Tel: +1 (361) 949-8173, ext. 226; Fax: +1 (361) 949-8023; email: donna_shaver@nps.gov

Wendy G. Teas

Sea Turtle Stranding and Salvage Network, NOAA National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149 USA; Tel: +1 (305) 361-4595; Fax: +1 (305) 361-4478; email: wendy.teas@noaa.gov

Generalidades: La Importancia de una Red

Se define a las tortugas marinas varadas como aquellas que quedan varadas en una playa, muertas o vivas, o que fueron encontradas flotando muertas o vivas (generalmente muy debilitadas). Las tortugas marinas se varan en las cercanías de rutas migratorias, hábitats de alimentación, hábitats de desarrollo y playas de anidación. El número de tortugas que varan es comúnmente influenciado por una diversidad de factores y varía en diferentes localidades geográficas y entre los diferentes años y temporadas.

La recolección sistemática de datos de tortugas marinas varadas puede proveer a los administradores de recursos y a los científicos con información biológica útil para el mejoramiento de la conservación y manejo de estas especies. La mejor recolección de datos se lleva al cabo a través de una red formal de varamiento y recuperación, que puede documentar tortugas marinas varadas, recuperar individuos muertos para necropsia, y transportar a los individuos vivos a sitios de rehabilitación. Datos colectados a través de las redes pueden ser usados para identificar fuentes de mortalidad, documentar localidades de interacciones negativas humano/tortuga marina, evaluar la efectividad de varias regulaciones, y servir de base para decisiones de manejo. Documentar las tortugas marinas varadas, y la información asociada de las marcas recapturadas, puede mejorar nuestro entendimiento sobre la composición de las especies, distribución, temporalidad, tamaños, patrones migratorios y uso del hábitat. A través de la recuperación, necropsia y colección de especímenes

de tortugas marinas varadas, se obtiene información sobre la proporción sexual, enfermedades, ecología alimenticia y otros temas. Las tortugas marinas varadas vivas que son localizadas y llevadas a instalaciones apropiadas de rehabilitación pueden ser exitosamente rehabilitadas y liberadas de regreso a su medio natural.

Desde 1980 ha operado en Estados Unidos una Red Nacional de Varamiento y Recuperación de Tortugas Marinas (STSSN, por sus siglas en inglés). Sirve como base para muchos de los protocolos y recomendaciones ofrecidos en este capítulo.

Componentes de la Red

Participantes y Coordinadores de la Red

El financiamiento es típicamente limitado; por lo tanto se recomienda que la mayoría de los participantes y coordinadores voluntarios proporcionen datos sin esperar compensación económica. Cuando sea posible, estos voluntarios deberán ser biólogos entrenados que entiendan la importancia de la precisión en la colecta de datos, y que puedan comprometerse a participar en la red por varios años. Entre aquellos que deberían considerarse para participar están los empleados de agencias de recursos naturales, zoológicos y acuarios, así como los administradores de parques, educadores y residentes locales que demuestran interés y dedicación. Una vez informados de la importancia de la red de varamiento, los jefes podrían permitir la participación en actividades de la red durante el horario normal de trabajo. Con el fin de facilitar oportunamente la

colección de datos, los participantes deben ser distribuidos a lo largo del área geográfica donde la red operará y deberán recibir entrenamiento en protocolos estandarizados para la colección de los datos.

Deberá designarse un Coordinador de la Red y varios Coordinadores Regionales. Cada Coordinador Regional deberá estar localizado dentro de un área geográfica específica y vigilar las actividades de la red ahí realizadas. El Coordinador de la Red debería ser un empleado de alguna institución, comprometido a este tipo de trabajos y con estabilidad laboral; dispuesto a hacerse cargo del mantenimiento a largo plazo de una base de datos computarizada central que contendrá todos los registros de varamientos.

Detección de Tortugas Varadas

Los participantes de la red documentan tortugas varadas dentro de su área geográfica. Las tortugas varadas son detectadas ya sea por participantes de la red o por otros individuos que reportan las tortugas. Los participantes deberán tratar inmediatamente de encontrar tortugas que han sido reportadas vivas, de tal manera que no mueran antes de ser transferidas a las instalaciones de rehabilitación, y tratar de localizar pronto aquellas que se reportaron muertas, de manera que no se deterioren apreciablemente antes de la colecta de datos.

Las tortugas podrían ser detectadas de manera oportunista, o durante censos diseñados específicamente para identificar tortugas varadas. Dependiendo del financiamiento y tiempo disponible, los censos pueden ser hechos intermitentemente o sistemáticamente. Si se hace un monitoreo sistemático, los censos deberán hacerse de 1-3 veces por semana, de este modo se pueden localizar las tortugas antes de que se deterioren o sean removidas por personas o depredadores. Se pueden establecer "Áreas Índice" para monitoreo sistemático si esas áreas son censadas consistentemente y se registra el esfuerzo invertido. Sin importar el método usado para detectar tortugas varadas, los números documentados deberán ser considerados cifras mínimas de varamiento ya que representan solamente varamientos reportados y no todos los eventos de varamiento.

Documentación de las Tortugas Varadas

Cada tortuga varada localizada deberá ser documentada por un participante de la red en un formato estandarizado. La forma usada por la STSSN se incluye como ejemplo (Figura 1). Administradores e investigadores al establecer redes en otras áreas

probablemente necesitarán modificar la forma de la STSSN de acuerdo a sus necesidades específicas. Se deberá desarrollar y usar una sola forma estandarizada para una red particular. La forma deberá incluir los parámetros de datos y notación de códigos listados a continuación, pero contendrá únicamente aquellas especies presentes dentro del área geográfica cubierta por la red. Deberá ser tan corta, concisa, completa y fácil de llenar como sea posible. Los datos a ser registrados para cada tortuga varada se deben imprimir en el frente; una guía de especies y la dirección del Coordinador Regional se debe imprimir en la parte posterior.

Todos los parámetros de datos listados en la forma estandarizada se deberán registrar para cada tortuga. La longitud y ancho del caparazón, curvo y recto, deberán ser medidos usando metodología estándar (ver Bolten, este volumen). Las medidas rectas hechas con calibradores (verniers) son más exactas que aquellas medidas curvas hechas con una cinta flexible. Se deberán de anotar los intentos de determinar el sexo usando ensayos de testosterona en suero sanguíneo, laparoscopia y examinación de las gónadas durante la necropsia. No se recomienda usar el largo de la cola para identificar el sexo ya que este método no es confiable para cadáveres descompuestos y tortugas inmaduras.

De ser posible, cada tortuga varada deberá ser fotografiada en el sitio del varamiento, la localidad de la necropsia o en las instalaciones de rehabilitación. Las fotografías proveen documentación adicional de las características y autenticidad del varamiento. Los participantes de la red deberán presentar inmediatamente cada forma original completa al Coordinador Regional, quien prontamente deberá revisar la precisión de los datos, para luego enviarla al Coordinador de la Red. Tanto participantes de la red como el Coordinador Regional deberán conservar una copia de cada forma para archivo y como referencia.

Otras Actividades Asociadas para Tortugas Varadas

Una vez que un animal ha sido documentado, deberá ser señalado o retirado del sitio de varamiento (para prevenir que sea contado nuevamente). Las tortugas varadas vivas deberán ser transportadas a las instalaciones de rehabilitación (se deberá anotar qué instalaciones en la hoja de datos). Las tortugas varadas muertas (frescas o moderadamente descompuestas) y las tortugas varadas vivas que sucumban

durante los esfuerzos de rehabilitación, pueden ser recuperadas para necropsia y extracción de tejidos para estudios posteriores y son un importante recurso para la obtención de información adicional. Las necropsias deberán ser hechas utilizando un protocolo estandarizado (ver Jacobson, este volumen). Las tortugas muertas no recuperadas para necropsia deberán ser sepultadas en la playa o llevadas atrás de las dunas. No se recomienda marcarlas con pintura u otros materiales ya que esas marcas comúnmente desaparecen con el tiempo.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a los participantes de la Red de Recuperación y Varamiento de Tortugas Marinas de los Estados Unidos, incluyendo a aquellos primeros participantes quienes desarrollaron la forma estandarizada de varamiento y protocolos usados ahora por la red, y a aquellos participantes que continúan las actividades de la red.

MANEJO DE REGISTROS: Forma General de Datos

1. Nombre, dirección y número telefónico del observador
2. Número de tortuga por día (ingresar un número consecutivo por observador por día)
3. Fecha de varamiento (ingresar año/mes/día)
4. Localidad del varamiento con referencia a la población o referencia geográfica natural más cercana. Incluir municipio, estado o alguna otra división geográfica relevante, así como la latitud y longitud. Anotar si el varamiento fue localizado cerca de la orilla (bahía, estuarios, o puertos y sus playas) o a cierta distancia de la costa (océanos y sus playas).
5. Código de Especies: CC = Caguama; CM = Verde/Negra; DC = Laúd; EI = Carey; LK = Kempii; LO = Olivacea; ND = Kikila/Aplanada; UN = Desconocida.
6. Confiabilidad de la identificación de la especie (indicar “inseguro”, “probable”, o “positivo”).
7. Especies verificadas por Coordinador Regional (“sí” o “no”)
8. Sexo de tortuga (“macho”, “hembra”, o “no determinado”)
9. Cómo se determinó el sexo (ingresar método usado)
10. Condición de la tortuga, codificada como se indica a continuación: 0 = Viva; 1 = Muerta recientemente; 2 = Moderadamente Descompuesta; 3 = Severamente descompuesta; 4 = Cadáver seco; 5 = Esqueleto, huesos únicamente.
11. Disposición final de la tortuga, codificado como se indica a continuación: 1 = Señalada (p. ej. pintada), dejada en la playa; 2 = Enterrada, en la playa/fuera de la playa; 3 = Espécimen rescatado, todo o parte; 4 = Arrastrado a la parte alta de la playa o duna; 5 = No señalada, dejada en la playa; 6 = Viva, liberada; 7 = Viva, llevada a facilidades.
12. Número(s) de Marca. Ingresar tipo de marca (metal, plástico, PIT, marca viviente, etc.), número de marcas, posición de las marcas, remitente de la marca y disposición de la marca. Dibuje en el diagrama las marcas localizadas.
13. Observaciones. Anotar información sobre chapopote o aceite, enmallamiento o enredamiento con basura, heridas o mutilaciones, daños por hélices, papilomas o epibiontes, etc. Dibuje la presencia de alguno de estos elementos en el diagrama.
14. Medidas (largo/ancho recto; largo/ancho curvo). Encierre en un círculo las unidades de medida.

RED DE VARAMIENTO Y SALVAMENTO DE TORTUGAS MARINAS - REPORTE DE VARAMIENTO

POR FAVOR ESCRIBA CLARAMENTE Y LLENE TODOS LOS ESPACIOS EN BLANCO. Use los códigos abajo descritos. Las medidas pueden ser en línea recta (calibrador o vernier) y/o en línea curva (cinta métrica). La longitud total va desde el centro de la muesca nual hasta la punta de la escama marginal más posterior. El ancho se toma en el punto más extendido del caparazón. **ENCIERRE EN UN CÍRCULO LAS UNIDADES EMPLEADAS.** Observe el diagrama de abajo. Por favor realice una descripción específica de la localidad. **INCLUYA LA LATITUD Y LONGITUD.**

Nombre Completo del Observador _____ Fecha de Varamiento ____-____-____
año mes día

Dirección/Afiliación _____

Código de Área/ Teléfono _____

Especie _____ Número de tortugas por día _____

Confiabilidad de Identificación: Inseguro Probable Positivo ¿Especies verificadas por un Coordinador Estatal? Si No

Sexo: (encierre en un círculo) Hembra Macho Indeterminado ¿Cómo se determinó el sexo? _____

Estado/Provincia _____ Condado/Municipio _____

Localidad (sea específico e incluya la población más cercana) _____

Latitud _____ Longitud _____

Condición de la tortuga (use el código) _____ Disposición final de la Tortuga (use códigos) _____

Número de Marca(s) (incluya la dirección para regresar la marca y dónde está colocada) _____

Observaciones (Indique si la tortuga estaba cubierta de aceite, chapopote, enredada en basura o redes, herida, mutilada, con daños causados por hélices, papilomas, epibiontes, etc.). Continúe atrás de esta forma si es necesario.

MEDIDAS: Encierre en un círculo la unidad usada

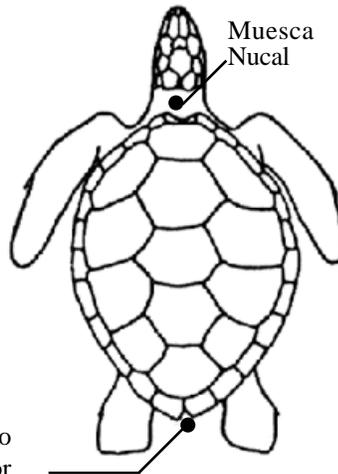
Largo Recto _____ cm/in

Ancho Recto _____ cm/in

Largo Curvo _____ cm/in

Ancho Curvo _____ cm/in

Marque heridas,
anormalidades y
localización de las marcas.



Punta del Escudo
Marginal Posterior

CÓDIGOS

ESPECIES:

- CC = caguama
- CM = verde
- DC = laúd
- EI = carey
- LK = lora (kempii)
- LO = golfina (olivacea)
- UN = no identificada

CONDICIÓN DE LA TORTUGA:

- 0 = Viva
- 1 = Muerta fresca
- 2 = Moderadamente descompuesta
- 3 = Severamente descompuesta
- 4 = Cadáver seco
- 5 = Esqueleto, sólo huesos

DISPOSICIÓN FINAL DE LA TORTUGA:

- 1 = Señalada, dejada en la playa.
- 2 = Enterrada: en la playa/fuera de la playa
- 3 = Espécimen colectado todo/parte
- 4 = Traslada a la playa o duna
- 5 = Sin señalar, dejada en la playa
- 6 = Viva, liberada

Figura 1. Forma estandarizada STSSN de varamiento, frente y reverso.

Entrevistas y Encuestas en Mercados

Charles Tambiah

Community Participation and Integrated Sea Turtle Conservation Network; 18/16 Maxim Street, West Ryde, New South Wales 2114 AUSTRALIA; email: turtlecommunity@yahoo.com

Entrevistas

Entrevistar es el proceso de compilar información y puntos de vista por medio de preguntas verbales, discusiones o reuniones. Las entrevistas nos proporcionan la oportunidad de: (1) obtener información de forma económica en tiempo y dinero; (2) resumir la experiencia de los que conocen el tema; (3) compilar aquella información que ha sido conservada únicamente dentro de una tradición oral o cuando la información escrita es escasa; (4) complementar datos obtenidos por observación directa; (5) compartir información; y (6) colaboración.

Existen distintos tipos de entrevistas, métodos de grabación, modos de dirigir las entrevistas (p. ej., estructura de las preguntas) e interpretar la información compilada. El método recomendado podría ser uno de los descritos a continuación, o una combinación de ellos. Se sugiere ajustar los métodos a la situación, con especial cuidado de comprender la política que rodea la información a compilar, las personas a entrevistar (= entrevistados) y la posición del propio entrevistador. Visitas preliminares a una localidad y pláticas con los residentes proveen una comprensión que ayuda a encontrar el mejor enfoque. Podría perderse información crítica si el entrevistador no entiende el vocabulario, interpretaciones y la política de las personas que están siendo entrevistadas, lo mismo ocurre si la persona que está siendo entrevistada tampoco entiende al entrevistador.

Las entrevistas requieren de algunas obligaciones básicas por parte del entrevistador: estar preparado, escuchar atentamente, ser claro y conciso, cortés y apreciativo, respetuoso, paciente y perceptivo. Conocer el lenguaje, o trabajar íntimamente con un intérprete aceptado política y culturalmente por el entrevistado y cuya opinión personal no afecte la traducción.

Diseño de Preguntas para una Entrevista

Una buena entrevista depende preguntas cuidadosamente diseñadas (ver Apéndice I para orientación) las cuales incorporan términos locales, nombres y frases que facilitan la interacción y la familiarización con el tema a tratar. Se pierde información crítica cuando el entrevistado no entiende el vocabulario usado en las preguntas.

Para identificar malentendidos y/o discrepancias en la información recopilada, se debe plantear cierto número de preguntas diferentes, dirigidas a obtener la misma información. Si las respuestas a estas preguntas relacionadas son similares, la calidad y precisión de la información son aceptables. Las respuestas a preguntas similares pueden ser usadas para valorar como está reaccionando el entrevistado ante la presencia del entrevistador o a las preguntas (p. ej., sinceridad vs. precaución) y qué tan honesto o cuánto conoce el entrevistado acerca del tema.

Las preguntas deben expresarse de una forma que no revelen la interpretación que el entrevistador tiene de la situación, ni dar a entender al entrevistado lo que el entrevistador quisiera escuchar. Si las preguntas se inclinan hacia alguna posición determinada, con frecuencia el entrevistado identifica esta predisposición y algunas veces, por simple cortesía, da respuesta a las preguntas en apoyo al punto de vista del entrevistador.

Dependiendo de la pregunta, el entrevistador podría necesitar entender cómo la persona entrevistada llegó a alguna conclusión. El entrevistador no debe titubear al inquirir cómo fue determinada dicha información. Sin embargo, ninguna indagación debe ser hecha de tal manera que ponga en duda el conocimiento, la experiencia o la autoridad del entrevistado.

Tipo de Entrevistas

a) Cuestionario: Un cuestionario es una lista impresa de preguntas con un espacio para anotar las respuestas. Los cuestionarios ayudan a estandarizar la información, lo cual puede ser de mucha ayuda cuando la información se compara o recopila a partir de varias fuentes. Sin embargo, los cuestionarios limitan la oportunidad de expandir discusiones de un tema basado en un nuevo conocimiento generado durante una entrevista oral. Tales limitaciones pueden ser superadas hasta cierto punto por medio del diseño de preguntas claras y amplias, basadas en pruebas preliminares hechas al cuestionario.

Cuando el tiempo es limitado, se busca información cuantitativa y se requiere un tamaño de muestra grande, los cuestionarios pueden ofrecer los resultados más productivos. Además, los cuestionarios permiten registrar información más fácilmente y simplifican los análisis comparativos y estadísticos. Los cuestionarios pueden ser llenados por el entrevistador, por el entrevistado en presencia del entrevistador o llenado y mandado (por correo o medios similares) a centros de recolección tales como agencias de conservación u otras organizaciones.

b) Uso de Preguntas Dirigidas: Esencialmente un formato de pregunta y respuesta, este método usa preguntas claves que solicitan información específica (en contraste a fomentar una discusión abierta) acerca de un aspecto y así recopilar el mayor conocimiento y penetración sobre el entrevistado sin limitar el número o alcance de las preguntas. Este método es mejor que el de cuestionario cuando el entrevistador tiene poco conocimiento de una situación. Este método puede ser usado de manera efectiva también para recopilar términos básicos, nombres, frases y ayudar a entender la política prevaleciente sobre una situación que podría después ser usada para desarrollar un excelente cuestionario. Debido a la naturaleza poco estructurada de este método en comparación a los cuestionarios, puede emerger una buena y balanceada entrevista, aportando información tanto cualitativa como cuantitativa.

c) Discusiones Abiertas: Este es el formato menos estructurado y requiere mayor capacitación en habilidades lingüísticas y sensibilidad socio-política por parte del entrevistador para poder llevar al cabo una entrevista exitosa. En este método el entrevistador podría ofrecer las preguntas o enunciados claves, y el entrevistado podría llevar la discusión hacia una variedad de direcciones y profundidades. Algunas

veces la única guía que la persona entrevistada podría necesitar es el tema de interés. Este método es excelente para comprender asuntos más grandes y complejos, tales como actitudes y conflictos. A menudo traen a la luz información, conexiones e interacciones que eran previamente desconocidos por el entrevistador.

Este método ofrece la mejor situación para que el entrevistador y el entrevistado compartan y dialoguen. También es efectivo cuando se entrevista un grupo en donde las personas se incitarán unas a otras para discutir el asunto a tratar, mientras se hacen preguntas entre sí y al entrevistador. Este método es muy efectivo cuando el tiempo no es un factor limitante. Se ha encontrado que este método es el más compatible con las culturas de la mayoría de las comunidades rurales de países en desarrollo, en donde un cuestionario podría ser visto como un interrogatorio. Sin embargo, las entrevistas abiertas pueden ser más difíciles de registrar y ocupan más tiempo; también, su naturaleza más cualitativa dificulta el análisis estadístico de los resultados.

Métodos para Registrar la Información

El método usado para registrar una entrevista es tan importante como la entrevista misma. El método de registro depende principalmente de lo que le sea más cómodo para el entrevistado. Normalmente a las personas les incomoda que su pensamiento sea registrado. Se puede mejorar la situación por medio de colaboración previa, entendimiento o acuerdo. Los métodos para registrar son:

a) A Mano: Usando este método se llenan los espacios en blanco en un cuestionario impreso, o se escriben notas abreviadas (o respuestas detalladas) en un cuaderno.

b) Grabado de una Cinta: Aunque el uso de grabadoras documenta con máxima exactitud una entrevista, puede intimidar al entrevistado. Se debe buscar permiso antes de dar inicio a una entrevista; si el entrevistado está indeciso, se debe acordar un método le intimide menos. El uso de grabadoras escondidas no es ético y puede tener repercusiones negativas, algunas veces inseguras, las cuales pueden causar desconfianza y obstaculizar la continuidad del trabajo en el área.

c) Memoria Fotográfica: En este método, el entrevistador memoriza una serie de temas sobre los cuales busca información, recuerda las respuestas del

entrevistado para registrarlas más tarde. Este método depende en extremo de la memoria del entrevistador para recordar la conversación con precisión, por lo tanto se corre el riesgo tener errores en el registro, especialmente con las entrevistas más largas. Desde el punto de vista del entrevistado este método se asemeja a una conversación por lo que es lo menos amenazante.

d) Fotografía y Videografía: Se pueden usar grabaciones audiovisuales para documentar y/o complementar la información proporcionada por el entrevistado. Un conjunto de imágenes permite que la entrevista sea revisada o reinterpretada tiempo después o para identificar locaciones, distancias y asociaciones. También pueden ayudar en la identificación e ilustración durante las entrevistas.

e) Mapas Suplementarios: Los mapas se pueden usar para recopilar información sobre localidades y distribuciones referidas por el entrevistado y/o para presentar asociaciones históricas y tendencias.

Procedimiento de la Entrevista

El entrevistador debe establecer cuidadosamente su metodología, ya que él y la metodología pueden influenciar el proceso de la entrevista y la información recopilada. Si el entrevistador no es cuidadoso al establecer el “escenario” de las entrevistas, las personas entrevistadas interactuarán con o responderán al entrevistador de manera “segura” (para protegerse ellos mismos). El siguiente procedimiento, aunque no es exhaustivo y no siempre aplicable, podría ayudar a conducir una entrevista productiva:

Primero, hacer visitas preliminares para familiarizarse con la localidad y las personas. Buscar la colaboración con una organización o personas del área. Recopilar términos, nombres y frases usadas localmente (p. ej., especies de tortugas marinas, sitios de forrajeo/anidación, productos de tortuga/sus usos). Determinar las condiciones locales que contribuyan a hacer más efectiva la entrevista (p. ej., periodos que no interrumpan la subsistencia o estilos de vida; locaciones apropiadas). Determinar el mejor método de entrevista (o combinación) de los arriba descritos. Desarrollar preguntas y probarlas informalmente. Identificar las personas a ser entrevistadas.

Las presentaciones personales son muy importantes. El entrevistador debe asegurar presentaciones apropiadas y sin sesgos, ya que la entrevista puede ser grandemente enriquecida o perjudicada por la afiliación política del presentador y

de la(s) organización(es) que otorgan el apoyo. Es necesario explicar el propósito de la entrevista y la información que será recopilada. Asimismo, alentar al entrevistado a hacer preguntas al entrevistador, con el objeto de evitar una impresión de encontrarse en un interrogatorio. Acordar el lugar, fecha y hora de la entrevista, método de la entrevista y registro de ésta, tiempo disponible, cómo será usada la información y condiciones para su uso (p. ej., compensación económica, créditos, compartir los resúmenes de la información). Es necesario registrar la identidad del entrevistado (si la persona está dispuesta a ofrecer esa información) y la información de fondo pertinente, tal como modo de subsistencia y experiencia.

Finalmente, conducir la(s) entrevista(s). Registrar y verificar la información por medio de visitas subsecuentes a la misma localidad y reuniones de seguimiento con los entrevistados y otros. Prover compensación (monetaria o material) si fue parte del acuerdo de la entrevista. Compartir con las personas entrevistadas información local y de alrededor del mundo sobre las tortugas y otros asuntos discutidos, incluyendo materiales que pueden ser guardados por los entrevistados. Analizar datos y preparar resúmenes e informes. Circular reportes que incluyan información de la entrevista entre organizaciones, colaboradores y, donde sea apropiado, a aquellos que participaron en las entrevistas y actualizar la información obtenida a través de comunicación periódica.

Interpretación de la Información de la Entrevista

La calidad de la información recopilada y la solidez de sus interpretaciones dependen de varios aspectos: metodología, comprensión del vocabulario local e interpretaciones, prejuicios, expectativas y la naturaleza política del asunto. Los tipos y limitaciones de la información deben conocerse antes que cualquier forma de interpretación o análisis sea realizada.

a) Información Cuantitativa: Cuando se ha recopilado información cuantitativa, de forma estandarizada a través de un tamaño de muestra adecuado, es apropiado realizar un análisis estadístico. Respuestas subjetivas como «muchas tortugas» no pueden ser analizadas estadísticamente, aunque «más o menos 100-150 tortugas» provee un intervalo factible de ser usado. Obtener valores numéricos (o intervalos) o respuestas si/no cuando sea apropiado.

b) Información Anecdótica y Cualitativa: Tal información puede incluir opiniones, ideas, reacciones

y observaciones generales, aún aquella información que se considere insignificante en la vida diaria de los entrevistados. Analizar esta información es más difícil, pues hay más variables involucradas. Información destilada puede revelar la magnitud de un problema, diversidad de opiniones y grados de complejidad que rodean las soluciones. Tratar de cuantificar todos los aspectos de conservación, especialmente cuando la conservación es un asunto tan político, podría significar la pérdida de información valiosa acerca de la diversidad de gente que interactúa con las tortugas marinas y su conservación.

Cierta información podría parecer falsa o ridícula al entrevistador. Sin embargo, descartarla sin ser verificada puede sesgar la información recopilada en favor de las expectativas del propio entrevistador. El evaluar tal información «cuestionable» a través de observaciones directas o indagaciones adicionales podría indicar que la información es cierta, revelar una explicación innovadora para una observación, o mostrar actitudes o prejuicios hacia cierto asunto.

c) Interpretación de Información Delicada: Ya que las tortugas marinas son protegidas en la mayoría de las localidades, pero aún continúan siendo utilizadas en muchas comunidades costeras e insulares, el recopilar información acerca de tortugas de estas personas puede presentar un reto. La manera en como el entrevistado responda al ser cuestionado sobre aspectos controvertibles influenciará la precisión (y por tanto influenciará la interpretación) de la información obtenida en la entrevista.

Ética de la Entrevista

El entrevistar es usualmente practicado como una recolección de información. Sin embargo, la investigación ética debe promover el intercambio o el compartir la información en entrevistas, de manera que esa información no sirva únicamente a los objetivos del entrevistador. Con el más grande respeto y aplicación de los derechos de propiedad intelectual, los entrevistadores deben estar conscientes y reconocer el valor del conocimiento impartido durante las entrevistas. Ganancia mutua y un intercambio equitativo deben ser los resultados esperados de una entrevista.

La información recopilada ha sido frecuentemente utilizada en contra de las personas que la proveyeron, especialmente en aspectos controvertidos como son la utilización de la tortuga marina. En tales situaciones el resultado puede ser una mayor desconfianza hacia

los entrevistadores e investigadores posteriores, así como una oposición a los programas implementados usando dicha información. Un entrevistador es responsable de asegurar resultados éticos de la información recopilada a través de una entrevista.

Basándose en un acuerdo de anonimato, la identidad de las personas que son entrevistadas no debería ser revelada. Además, si el entrevistador ha recibido información confidencial, tal información no debería hacerse pública a menos que llegue a un acuerdo con la persona que sirvió de fuente y el anonimato de la persona se haya asegurado. Dependiendo de la sensibilidad de la información, la promesa de anonimato puede ser cumplida borrando el nombre de la persona, dirección, fotografía y vídeo, la fecha y el lugar de la entrevista.

Encuestas en Mercados

Los encuestas de mercado hacen uso de entrevistas y observaciones para recopilar y evaluar información de: (1) niveles y tipos de utilización y comercialización de la tortuga marina; (2) estructura y organización de mercados locales, nacionales e internacionales; (3) incremento/disminución en disponibilidad de productos; (4) papel e importancia de las tortugas en la dieta e ingresos de la gente del área; (5) conexión cultural con las tortugas; (6) actitudes hacia las tortugas como mercancía; (7) programas de conservación; (8) información ecológica (tal como temporalidad, distribución y números de individuos de las diferentes especies e intervalos de talla en el área frecuentada por las tortugas)

Artículos en venta en mercados incluyen a la tortuga completa, carne, huevos, productos de caparazón (p. ej., joyería, baratijas, recuerdos hechos de concha), tortugas disecadas, partes montadas, productos derivados (p. ej., jabones, lociones, aceites) y comidas preparadas (p. ej., sopa de tortuga, bistec asado, bebidas de huevo crudo). Donde la venta de productos de tortuga marina es ilegal, es difícil obtener información exacta de las encuestas de mercado. Esta limitación debe ser tomada en cuenta cuidadosamente al planear, conducir y analizar un encuesta de mercado. Debido a que los encuestas de mercado están estrechamente basadas en las entrevistas, la metodología explicada anteriormente será de utilidad.

Procedimiento de Encuestas en Mercados

a) Ubicar Mercados: Se debe determinar donde están los mercados de carne y pescado; explorar y

preguntar por productos de tortuga. Es necesario visitar playas y e inquirir de las personas que colectan tortugas y productos de tortuga en donde son vendidos sus productos. También revisar los montones de basura y otros vertederos asociados con mercados en busca de deshechos de tortuga, especialmente caparazones.

b) Ubicar vendedores: Se debe visitar y conversar con los vendedores, o ser presentado por un individuo respetado. Estar consciente de las políticas entre vendedores y quién lo introduce a uno o la(s) persona(s) que lo acompañan a uno. Un acompañante controversial podría poner en riesgo la representación y precisión de la encuesta.

c) Explicar los objetivos de la encuesta y Uso de la Información: Solicitar la participación en la encuesta a través de colaboración y apoyo de una organización de vendedores u otra forma de dirigencia respetada.

d) Ofrecer cortesía: Es importante respetar los deseos de los individuos que no quieren participar en la encuesta, y entender sus preocupaciones. Éstas podrían proveer conocimiento para plantear otras técnicas de encuesta más apropiadas y sobre la complicada y delicada naturaleza de la venta de las tortugas.

e) Solicitar Información: Entrevistar vendedores, consumidores, e intermediarios (ver Apéndice II para preguntas)

f) Observar Actividades del Comercio: Pasar un día en el mercado con un vendedor, o seguir un grupo de tortugas capturadas desde el punto de colecta hasta el consumidor final.

g) Verificar Información: Cotejar y verificar la información compilada por observación y entrevistas suplementarias de los mismos vendedores o de otras personas en el área. Si es posible, visitar el mismo mercado o locación después de un periodo de tiempo para comparar información compilada a diferentes horas del día o distintos días de la semana y entre temporadas.

h) Seguimiento: Se debe proporcionar retroalimentación a los entrevistados sobre los resultados de la encuesta, discutir la relevancia de la información y el potencial de los problemas y soluciones. Compartir información sobre tortugas marinas en el área y en todo el mundo; y, si es apropiado, ofrecer material para que el entrevistado los conserve.

Se recomienda un proceso similar para encuestas de productos elaborados; esto es, la venta al menudeo (común pero no siempre a turistas extranjeros) de

objetos de caparazón de tortuga, caparazones completos pintados y comida en restaurantes.

Apéndice I

Preguntas Generales para Compilar Información sobre Ecología y Conservación de Tortugas Marinas en una Localidad

Biología, Estado y Distribución

- ¿Cuántas tortugas se ven en esta área (abundancia; número de ellas vistas por día por distancia o unidad de área, cuántos nidos por distancia o unidad de área)?
- ¿Qué tipos o especies? ¿Cómo identifica las especies (descripciones o características diagnósticas)? ¿Qué nombres se usan localmente? ¿Cuáles tortugas son las más comunes? ¿Puede enlistarlas por orden de abundancia?

[Nota: Después, usar fotografías en color para obtener mayor identificación y verificación.]

- ¿Dónde se encuentran tortugas (hábitats)? ¿Qué están haciendo ahí?
- ¿En qué época del año (temporada) se encuentran las tortugas? ¿Cuándo es el periodo pico?
- ¿Se ven tortugas trasladándose a través del área? ¿De dónde cree que vienen y dónde cree que van?
- ¿De qué tamaño y sexo se encuentran? ¿Cómo distingue la diferencia? ¿Dónde se encuentra cada grupo? ¿Durante qué tiempo del año?
- ¿Cuántas tortugas fueron encontradas en el área (especificar si anidando, alimentándose o capturadas) 10 / 20 / 50 años atrás? ¿Por qué ocurrió el cambio?
- ¿Cuáles son algunas formas en que la tortugas mueren o son sacrificadas o se pierden en el área (p. ej., utilización humana, destrucción del hábitat, captura incidental)? ¿Cuántas? ¿Dónde? ¿Cuándo?

Utilización y Comercialización

- ¿Hay captura de tortugas en el área? ¿Son las tortugas y productos de tortuga vendidos localmente, nacionalmente o internacionalmente?
- ¿Cuántas tortugas son capturadas (especies, tamaños, sexos)? ¿Cómo, cuándo, dónde y qué

tan seguido son atrapadas?

- ¿Para qué son usadas (productos: carne, huevos, etc., y propósito: diariamente comida/subsistencia, por venta comercial, usos ceremoniales/culturales, etc.)?
- ¿Cuántas personas están involucradas con la captura y distribución de las tortugas/productos? ¿Ha cambiado este número en años/décadas recientes?
- ¿Cuánta comida y/o ingresos se obtiene de las tortugas en relación a la dieta diaria y fuentes de ingresos?
- ¿Qué porcentaje de la gente en la comunidad utiliza tortugas regularmente?
- ¿Cuáles son los precios de venta de tortugas y de sus partes?
- ¿Desde cuándo se han utilizado a las tortugas marinas como una fuente de alimento/ingresos?
[Nota: Ver Apéndice II para más preguntas relacionadas con Encuesta de Mercado]

Leyes y Programas de Conservación, y Actitudes hacia Ellos:

- ¿Existen acuerdos locales o leyes que controlan la colecta de tortuga marina? ¿Están funcionando? ¿Por qué? ¿Quién los aplica? ¿Cómo afectan la vida y sostén económico de las personas? ¿Cómo han respondido? ¿Son necesarias/innecearias? ¿Son justas/injustas?
- ¿Existen programas de conservación en el área? ¿Incluyen a las tortugas marinas? ¿Qué actividades para la conservación de las tortugas son emprendidas? ¿Quién está a cargo de estos programas? ¿Hay gente del área involucrada en estos programas? ¿Qué piensa la gente del área de estos programas? ¿De dónde proviene el capital para estos programas?
- ¿Hay alguna agencia gubernamental u otra organización manejando proyectos de tortugas marinas en el área? ¿Quiénes son? ¿Qué hacen? ¿Qué piensa la gente en el área de ellos y por qué?
- ¿Se ha compartido información con la gente del área acerca de las tortugas? ¿Por quién? ¿De qué tipo? ¿Cuándo? ¿Cómo fue recibida?
- ¿Se han visto marcas en las aletas (u otras) en algunas tortugas? ¿Son colectadas esas marcas?

¿Qué se hace con las marcas colectadas? ¿Qué crees que son estas marcas (propósito, origen)?

Información sobre la Localidad

- ¿Qué idioma se habla?
- ¿Cuántas personas viven aquí? ¿Cuántas comunidades? ¿Cuáles son los nombres de las comunidades?
- ¿Cuánto tiempo ha estado la gente en el área? ¿Cómo se identifican ellos mismos, por cuál nombre?
- ¿Cuáles son los medios de subsistencia comunes? ¿Cuánto tiempo han usado estos medios de subsistencia?
- ¿Qué facilidades están disponibles en el área (escuela, hospital, hotel, industria, puerto, etc.)
- ¿Cuál es el área total de la línea costera/arrecifes, pastos marinos en el área? ¿Cuáles son los nombres de las locaciones (aguas, playas)?

Fuente de la Información (Entrevistado)

- Nombre
- Dirección
- Ocupación/número de años en la ocupación
- Sexo/edad
- Fecha y ubicación de la entrevista

Apéndice II

Preguntas Generales para Compilar Información en Aspectos Mercantiles

Información de Mercado

- Nombre y ubicación del mercado, depósito o restaurante.
- Fecha, día de la semana y hora de la visita.
- Número de vendedores ofreciendo tortugas marinas, partes de tortuga y productos de tortuga.
- Número de tortugas, especies, tamaños y sexos.
- Lista de productos, frecuencia/temporada de disponibilidad y popularidad/demanda de productos seleccionados.
- Precios de objetos de venta por objeto, tamaño o peso para tortugas completas, partes y productos,

incluyendo el costo en el que el vendedor adquiere los productos ofrecidos en venta. Los precios podrían cambiar por la demanda y surtido de tortugas, tanto como por la hora del día (p. ej., vendedores en localidades sin hieleras podrían tratar de vender la carne y huevos remanentes hacia el fin del día a precios relativamente bajos).

- Procedencia de tortugas, partes de tortugas y productos, incluyendo localidades de recolección en océanos/playas, temporada, localidades y medios de vida de los recolectores, presencia de intermediarios compradores/vendedores.
- Consumidores objeto: propósito y razón de la compra (p. ej., comida, decoración, ceremonia/

festividad, creencia, reventa, uso doméstico, restaurante/bar).

- Organización de mercado y vendedores. Esta información puede proveer conocimiento sobre la determinación del precio y sus fluctuaciones, competencia, control del número de vendedores comerciando objetos de tortuga, y presencia/ ausencia de un cuerpo participativo en actividades de conservación de tortugas.
- Registrar el número de vendedores censados (además registrar esto como un porcentaje del número total de vendedores en una localidad) para determinar el tamaño de muestra y confiabilidad estadística.

Reducción de las Amenazas a las Tortugas

Maria Angela Guagni dei Marcovaldi y Joca C. A. Thomé

Fundação Pró-TAMAR, C.P. 2219, Salvador-Bahia, CEP 40210-970 Brazil; Tel: +55 (71) 876-1020 / -1045 / -1113; Fax: +55 (71) 876-1067; email: protamar@e-net.com.br

En toda el área de su distribución global, la supervivencia de las siete especies de tortugas marinas se encuentra amenazada por una amplia variedad de factores inducidos por el hombre que incluyen entre otros, a la captura directa e indirecta de adultos y juveniles (ver Oravetz, en este volumen), las amenazas a los huevos y las crías (ver Boulon, en este volumen; Mortimer, en este volumen), la degradación o pérdida del hábitat de anidación (ver Witherington, en este volumen) y la contaminación de los mares (ver Gibson y Smith, en este volumen). Quizá ninguna de las amenazas ha provocado una declinación de las poblaciones de una manera tan penetrante y devastadora, como la captura continua de tortugas adultas y juveniles. Generalmente, la captura actual se realiza en contravención a la legislación nacional e internacional vigente, debido en gran medida a que la conservación se ha desarrollado sólo en círculos reducidos y de manera vertical (“de arriba hacia abajo”) lo cual es un enfoque poco efectivo, puesto que las iniciativas de la conservación carecen del entendimiento o del apoyo popular. En respuesta a esta problemática, las organizaciones conservacionistas y las agencias reguladoras de la normatividad están invirtiendo un gran esfuerzo en la conservación basada en la comunidad (ver Frazier en este volumen). La conservación basada en la comunidad, involucra el cambio de hábitos y enfoques, algo que no ocurre fácilmente.

Cambio de Hábitos

Uno de los mayores y más complejos retos de la conservación a largo plazo de las tortugas marinas, es el cambio de hábitos de las comunidades costeras, en las que el uso de los recursos naturales es una fuente vital de ingreso y esencial para la supervivencia. La conservación de especies en peligro, tradicionalmente ha implicado interferir con la sobrevivencia humana

en esas comunidades. Es necesario cambiar el paradigma de que la conservación es un obstáculo para la supervivencia humana o el desarrollo socioeconómico. Los residentes costeros que dependen de esas criaturas para su sustento, deben ser atraídos hacia la conservación y los programas de investigación, los cuales generan muchos beneficios directos e indirectos hacia sus comunidades. Esta es la única manera de abordar de manera inmediata el reto, sin afectar negativamente la estructura socioeconómica (o potencial) de los involucrados en el uso de los recursos naturales.

Estimar y Entender las Necesidades Primarias de la Comunidad así como los Beneficios Potenciales del Programa

Durante el establecimiento de un programa de conservación, es esencial evaluar todos los problemas socio-culturales pertinentes. Para proponer alternativas viables, es necesario entender y aprender acerca de las necesidades más importantes de la comunidad, respetar la cultura local y analizar el papel de las tortugas marinas en el ingreso familiar. La creación de empleos y de nuevas fuentes de ingreso, amigables con el medio ambiente, adaptadas a cada comunidad individual, es una manera realista de promover la conservación no solo de las tortugas marinas sino del ecosistema como un todo.

Las formas alternativas de vida solo pueden ser identificadas y comprendidas cuando los administradores de los programas viven en las comunidades locales. Participando en los encuentros y las celebraciones locales, atestiguando los problemas cotidianos, identificando a los líderes naturales y a los grupos organizados y ayudando hasta donde sea posible, para incrementar la comunicación con los residentes. La información obtenida de estas interacciones permite evaluar las medidas prácticas

que es necesario realizar para compensar las actividades de recolección. La interacción con la comunidad también permite que el programa represente o ayude a las comunidades a ganar los apoyos gubernamentales y de organizaciones no gubernamentales involucradas con el desarrollo sustentable, la salud, la educación y consecuentemente con la conservación.

Los responsables de los programas y sus colaboradores deben apoyar a las organizaciones comunitarias existentes, tales como asociaciones de residentes, grupos de pescadores, escuelas, cooperativas y productores regionales. Asimismo, deben estimular la formación de ese tipo de grupos en donde no existan, para que lleven a cabo actividades benéficas para la colectividad y participar activamente en los consejos comunitarios y del medio ambiente a nivel local, estatal y federal como un medio de compartir responsabilidades y para obtener más apoyo y el conocimiento de las medidas necesarias para la instrumentación de programas de conservación.

Desarrollo de Programas Alternativos y de Nuevas Fuentes de Ingreso

Las actividades del programa pueden incrementar el involucramiento de la comunidad si se consideran las circunstancias locales (entrenamiento y materiales disponibles). Tales actividades, que varían desde la producción hasta la educación, pueden proporcionar ingresos y diseminar información y cultura, elevando la conciencia ambiental y preparando a las nuevas generaciones para el futuro. Los productos cuya producción y comercialización están orientados hacia la conservación y que además están basados en programas de protección de especies, han servido como una alternativa para el financiamiento de tales actividades a través de la relación directa con las comunidades, en donde las ganancias son reinvertidas en educación, salud, trabajo y entrenamiento. Con estos objetivos en mente, las pequeñas compañías que producen ropa (camisetas, sombreros, ropa de playa) o los grupos de artesanos pueden ser organizados por los programas de conservación o ser alentados a trabajar en cooperativas o individualmente, siempre tratando de incluir a la mayor cantidad de gente que sea posible.

Antes de iniciar tales actividades, debe proyectarse un presupuesto que los apoye hasta que lleguen a ser autosuficientes. Hay muchas maneras de financiar programas sociales específicos,

incluyendo varios bancos intergubernamentales que apoyan el desarrollo, organizaciones no gubernamentales y fuentes gubernamentales. Integrar actividades, tales como la producción de camisetas, en cooperación con grupos de reciclaje cuyo producto es utilizado para el empaque, hace más eficiente el uso del talento local, incrementa las ganancias y amplía la perspectiva educativa del programa. Para el reciclaje de papel se requiere de la recolección selectiva de basura y así los responsables de un proyecto pueden llegar a involucrarse en otros relacionados, permitiendo que el sistema funcione como un todo.

La gente joven y los niños pueden llevar a cabo muchas actividades lucrativas, en tanto estos trabajos no reemplacen a la escuela (algo que sucede con frecuencia en países en desarrollo). La formación de nexos entre la conservación de tortugas marinas y el turismo en comunidades con condiciones propicias (esto es, en comunidades que cuentan con la infraestructura necesaria, incluyendo disponibilidad de acceso) pueden involucrar un porcentaje significativo de la población e impulsar a las economías locales. Estos esfuerzos (p. ej., pequeños centros permanentes para visitantes, museos, bares, facilidades para los servicios tipo cama-desayuno “bed and breakfast”, restaurantes, tiendas de curiosidades) deben enfocarse a proporcionar beneficios directos a cada comunidad. La explotación económica “del exterior al interior”, donde solo una pequeña parte de los beneficios llega de manera efectiva a las comunidades, es contra-productiva y debe evitarse.

Construir centros de visitantes en las áreas de actividades del programa, proporcionan oportunidades para el contacto directo entre los residentes, los visitantes y las tortugas marinas. Tales centros son herramientas importantes para las campañas educativas y de recolección de fondos y pueden incluir un pequeño museo, tienda(s) de ventas al menudeo, tanques de exhibición con especies locales en diferentes estadios de su ciclo de vida y letreros explicativos sobre la biología y el estatus de las especies, así como de las actividades del programa. Deben adaptarse a las características locales, por lo que pueden variar desde pequeñas estructuras ajustadas a las demandas locales hasta proyectos más sofisticados y con capacidad para albergar a un mayor número de turistas. Los museos pueden servir para múltiples propósitos y para actividades de patrocinio tales, como video clubes, centros de arte y la presentación de grupos escolares.

Pagar un salario a los pescadores por llevar a cabo las actividades de conservación y manejo de tortugas marinas, no solo proporciona una fuente alternativa de ingreso, también permite que la comunidad cuente con un recurso por administrar en el futuro. Proporcionar información acerca de los métodos de pesca más eficientes y responsables puede mejorar las condiciones de vida e impedir el agotamiento del stock. Otras soluciones ecológicamente viables, incluyen los cambios de hábitos y la introducción de actividades no tradicionales, tales como la administración de las pesquerías, dando a conocer a los pescadores jóvenes los puntos de vista de la conservación.

Cambio de Enfoques

Al establecer los programas de conservación es importante identificar cuáles son los vacíos de conocimiento en cada uno de los sectores de la sociedad a los que están siendo dirigidos. Las comunidades locales son indispensables para los programas de conservación, así como lo son los otros sectores de la sociedad, incluyendo políticos, corporaciones interesadas, la comunidad científica, fundaciones, donadores, patrocinadores y los formadores de la opinión pública en general. El apoyo público perpetúa el programa de conservación y consecuentemente, incrementa la sobrevivencia de las tortugas marinas y otros recursos-objetivo.

Los responsables de los aspectos técnicos y legales de la conservación (p. ej., la legislación sobre áreas prioritarias tanto de alimentación como de reproducción, creación de parques nacionales y reservas biológicas) con frecuencia están físicamente distantes del problema o carecen de la información básica sobre la materia. Este también es el caso de fundaciones y patrocinadores (gubernamentales y no gubernamentales) así como de los propietarios de los terrenos costeros y los desarrolladores. Conforme se profundiza el entendimiento (y la aprobación pública) del punto problemático presente, se produce un efecto de palanca en los avances de logros en todos los aspectos, incluyendo la mejoría en la legislación, la obtención de los recursos financieros y la colecta de apoyos adicionales a los aportados por los sectores público y privado.

Tiene una importancia creciente que los administradores de los programas de conservación entiendan que los planes técnicos de trabajo y la

dedicación del personal son insuficientes para alcanzar el éxito. Es esencial que el procedimiento para conseguir los recursos financieros para las actividades de protección, sea viable y profesional. Los directores ejecutivos deben estar completamente involucrados e integrados en todos los aspectos requeridos para desarrollar un proyecto exitoso y no solo para unirse a la academia, a la administración o a la conservación. Hay muchas maneras formales e informales de promover la conciencia ambiental y en consecuencia, de incrementar una opinión pública favorable.

Comunicación y Educación Ambiental

La promoción y el desarrollo de las campañas educativas pueden efectuarse utilizando varias herramientas de comunicación, tales como la mercadotecnia (publicidad, relaciones públicas, eventos, mercadeo) medios masivos (radio, televisión, periódicos, revistas) y otros, incluyendo los multi-media, volantes, carteles, exhibiciones, presentaciones orales, debates y publicaciones relacionadas con las iniciativas del programa. Muchos políticos, hombres de negocios y líderes institucionales, entre otros, no tienen la oportunidad de aprender acerca de los programas de conservación, incluyendo a las actividades de campo, las que normalmente se desarrollan en áreas remotas, de difícil acceso y facilidades de alojamiento limitadas. Por lo tanto es importante “llevar” esos programas a todos los sectores importantes, utilizando los medios descritos arriba.

El interés de los medios de comunicación en los problemas ambientales está a la alza y esto puede ser aprovechado, canalizando información de manera regular a los medios. Todo lo anterior, representa una dificultad adicional para los directores de los programas, cuya educación profesional normalmente no incluye este tipo de procesos. No obstante, es importante como área de trabajo, para la distribución y transferencia de los recursos financieros así como de la aprobación pública, la cual frecuentemente es muy influenciada por los medios. Los programas de conservación deben absorber y utilizar todas las herramientas de comunicación disponibles, tal como lo hacen otras instituciones públicas y privadas.

La relativa facilidad con la que las tortugas marinas pueden ser fotografiadas o filmadas, en comparación con otros animales silvestres, es un aspecto positivo del uso de las imágenes visuales en las campañas publicitarias. Las imágenes de las

hembras anidando, de los juveniles nadando y alimentándose, y de las crías reptando hacia el mar, tiene un gran atractivo visual, y son capaces de influenciar positivamente a la opinión pública. Incorporar estas imágenes en los eventos públicos, las campañas, las camisetas, los festivales y las manualidades, es una buena manera de publicitar la idea de la conservación y de estimular el apoyo de varios sectores de la sociedad también beneficia a los miembros de la comunidad local, quienes enfatizan los aspectos familiares en sus iniciativas de mercadeo.

Los patrocinadores están más interesados en financiar programas que proporcionen ventajas potenciales de mercado, por lo que deben promoverse los resultados y logros. La publicidad incrementa la credibilidad institucional, financiera y política. Por lo que debe invertirse en la “imagen” del programa tanto como sea posible. Con la creación de un logotipo exclusivo que identifique al programa, es igualmente factible financiar, al menos en parte, el trabajo de campo, al cobrar las regalías y las licencias por el uso del logotipo. Los programas con imágenes bien establecidas son promovidos más fácilmente.

Una manera efectiva de presentar un programa de conservación, es mostrar aspectos específicos de los proyectos y de la biología de las tortugas en videos institucionales de corta duración (12-20 minutos). Las películas técnicas, generalmente son demasiado largas o detalladas y no son efectivas para la mayoría de los espectadores. La manera más eficiente de revertir la persistente carencia de fondos, que asedia a la conservación son los videos promocionales y las películas, los que deben ser genéricos y simples, de manera que puedan ser útiles en varias situaciones (comunidades, patrocinadores, escuelas y universidades, instituciones gubernamentales y no gubernamentales e incluso la venta de videos).

Una colección fotográfica de alta calidad es esencial para organizar las exhibiciones y las pláticas. También es útil para elaborar material didáctico (p. ej., panfletos, carteles o afiches) y proporcionar imágenes para los periódicos y las revistas. Aquellos que trabajan en el campo, tienen mayores probabilidades de documentar los fenómenos naturales; por lo tanto, siempre es una inversión muy valiosa incluir en el presupuesto del proyecto, equipo fotográfico y de video de alta calidad. Las presentaciones que incluyen fotografías, videos, multimedia y otros recursos, en áreas concurridas (p. ej., acuarios, museos, escuelas y universidades, centros

comerciales) también incrementan la conciencia pública sobre la conservación de tortugas marinas.

El apoyo para los programas de conservación en relación con los aspectos legales de la protección se asegura a través de una relación estable y constante con el gobierno. La conservación de tortugas marinas también se promueve empleando técnicas de cabildeo que buscan educar a los sectores gubernamentales y demuestran que la cooperación es posible. También es importante involucrar en la problemática ambiental a políticos renombrados que participan en la toma de decisiones y compartir con ellos los resultados positivos. Por lo que uno de los objetivos prioritarios de un programa de trabajo debe ser, el llevar a cabo una campaña educativa que haga uso de los medios y canales de comunicación para impactar a estratos particulares de la sociedad, tales como la comunidad política.

A un nivel más popular, el integrar al programa en la vida diaria, asegura que las nuevas generaciones se eduquen con una perspectiva más conservacionista. Los métodos de educación ambiental utilizados incluyen cursos específicos y actividades (p. ej., reciclaje de papel, recolección selectiva de basura, viajes ecológicos asistidos por guías para jóvenes, jardines comunitarios) que involucran a grupos de jóvenes. También es útil incluir a los habitantes locales en programas divertidos, tales como la liberación de las crías. De esta forma, las tortugas marinas actúan como “especies emblemáticas”, estimulando la sensibilidad y el interés ecológico en general. Los programas de conservación aislados que no tienen soporte público se vuelven frágiles y vulnerables. Las oportunidades para el éxito a largo plazo se incrementan con el apoyo a todos los niveles, desde los ministros hasta los pescadores.

Programas de Capacitación a Estudiantes desde Secundaria a Universidad

Los programas de estancias para entrenamiento y capacitación dirigidos a estudiantes de secundaria, bachillerato, universidad o postgrado proporcionan experiencia práctica y son vitales para educar a los futuros conservacionistas y administradores de los recursos naturales. Los estudiantes deben estar atentos no solo a la biología de las especies, sino también a las realidades y dificultades de los programas de conservación. Los cursos escolares generalmente no incluyen la interacción con la comunidad, la recaudación de fondos ni la representación

institucional en diversas situaciones de la vida real. Al mismo tiempo, los programas también deben realizar investigación como una actividad prioritaria y complementaria a las tareas de conservación. La cooperación técnica y las asociaciones con universidades locales e internacionales son indispensables en estos aspectos. Por otra parte, las universidades, además de ser instituciones de investigación, cuentan con recursos humanos y financieros que usualmente no son accesibles a los programas de conservación.

Evaluación del Exito

Cuando se evalúa el éxito de un programa, deben considerarse las siguiente “piedras angulares”: (1) el número de miembros de la comunidad involucrados en la conservación del programa, producción, esfuerzos de mercado y otros servicios relacionados, o recibiendo los beneficios indirectos del programa (2) mejorías en la calidad de vida, a nivel de la comunidad (p. ej., educación, ingreso *per capita*,

acceso a bienes de consumo, salud); (3) disminución en la cantidad de nidos robados, en las hembras reproductoras sacrificadas y animales capturados accidentalmente o incidentalmente durante la pesca; (4) la instrumentación de legislación específica y efectiva para la protección de las tortugas marinas; (5) la creación y el apoyo para la designación de áreas protegidas para las tortugas marinas (6) ganancias generadas por los productos del programa y el porcentaje invertido en la protección de las tortugas marinas y en los programas comunitarios locales; y (7) el incremento en el número de miembros de la comunidad y otros grupos familiarizados con programas de conservación de tortugas marinas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Otto Freitas por su ayuda en el texto final (versión portuguesa) y a Eugenia Naro, Alexandre Silveira y Manjula Tiwari por la traducción al inglés.

Reducción de las Amenazas a los Huevos y las Crías: Protección *In Situ*

Ralf H. Boulon, Jr.

Department of Planning and Natural Resources, Division of Fish and Wildlife, 6291 Estate Nazareth 101, St. Thomas, U. S. Virgin Islands 00802-1104; Tel: +1 (340) 775-6762; Fax: +1 (340) 775-3972; email: ab309@virgin.usvi.net

Las hembras de tortugas marinas abandonan la playa una vez que han depositado sus huevos en el nido de arena, por lo que los huevos y eventualmente las crías quedan sin protección parental. A partir de ese momento, la progenie permanece sujeta a un gran número de amenazas naturales (p. ej., erosión de la playa, inundaciones por mareas y tormentas, depredadores nativos) y otros peligros (p. ej., los recolectores de huevo furtivos y no furtivos provenientes de las comunidades ribereñas, los depredadores introducidos y el ganado, el desarrollo costero, etc.). A la fecha, se han desarrollado una amplia variedad de métodos *in situ* para reducir los efectos de estas amenazas. En este capítulo se describirán algunas de esas técnicas y se ofrecerán ejemplos de sus aplicaciones y sus aciertos.

De inicio, se debe advertir que la mejor opción es siempre aquella que implica la menor manipulación pero que produzca los resultados deseados. La recolección y el trasplante de huevos debe ser siempre la última elección (ver también Mortimer, en este volumen). La vigilancia de las playas y el uso de cercos de malla sobre los nidos parecen ser las estrategias más efectivas contra algunas amenazas, incluyendo la depredación por animales endémicos, puesto que producen una mayor cantidad de crías que las esperadas de los programas de trasplante de huevos. De todas las opciones discutidas en este capítulo, el condicionamiento al rechazo en depredadores y su control son las que tienen menos probabilidad de conducir a los resultados deseados.

El lector debe dirigirse al texto de Witherington, en este volumen, en busca de soluciones a las amenazas específicas resultantes del desarrollo costero (p. ej., la iluminación artificial, la protección costera y las actividades recreativas).

Vigilancia de la Playa y el Encubrimiento de los Nidos

La presencia de investigadores o personal de vigilancia (p. ej., representantes de la ley, activistas comunitarios, o guardaparques voluntarios) en la playa de anidación pueden reducir e incluso eliminar una amplia variedad de amenazas, incluyendo a los contrabandistas de huevos, a los depredadores y, en el caso de las crías, evitar que queden atrapadas en las basuras de la playa o que desorientadas se dirijan hacia la tierra siguiendo la luz artificial. Algunos depredadores, tales como cerdos salvajes (*Sus* sp.) o perros crónicamente hambrientos, probablemente no puedan ser controlados, pero la mayoría de los pequeños mamíferos y las aves de rapiña (y los contrabandistas) son reticentes a entrar en acción cuando hay presencia humana.

Para reducir la probabilidad de que los contrabandistas determinen el patrón de vigilancia (e incapacitarlos para que desarrollen sus actividades durante los períodos sin vigilancia), las rondas de las patrullas sobre la playa deben ser continuas (a lo largo de toda la noche) o al azar, aunque con la frecuencia necesaria para disuadirlos de su empeño. En cualquier caso, los nidos dejados *in situ* deben ser disimulados, eliminando la evidencia física con hojas de cocotero, rastrillo o caminando hacia atrás o hacia adelante varias veces sobre el sitio de la anidación. El objetivo es emparejar el sitio del nido con el resto de la playa para reducir la probabilidad de que un contrabandista intente buscar allí. Este método no deberá ser empleado en playas en donde los trabajos de conservación utilicen para evaluar el estado de la población censos diarios o semanales de las huellas dejadas por las hembras anidadoras.

Algunas veces los nidos se pueden disfrazar colocando olores (p. ej., orina, salsa de pimienta) en sus inmediaciones, para ahuyentar o confundir a los depredadores no-humanos. No hay información disponible que permita evaluar el éxito de estas acciones. Sin embargo, debe tenerse cuidado de no introducir sustancias químicas en la playa que puedan ser nocivas para los embriones en desarrollo, las crías, las hembras grávidas u otras formas de vida salvaje no contempladas.

Cercos de Malla y Jaulas

Para depredar huevos de tortuga generalmente se debe escarbar en las nidadas recién puestas o en las que están eclosionando. En algunas ocasiones para detener esta actividad se coloca malla de alambre tratado (p. ej., galvanizado o recubierto con plástico) o de plástico rígido, justo por debajo (y paralelo) a la superficie de la arena o, alternativamente, formando una jaula sobre el nido, para impedir la excavación del mismo. Es importante utilizar una malla lo suficientemente pequeña para detener al depredador, pero lo suficientemente grande para permitir el paso de las crías a la superficie.

Para los mamíferos de tamaño mediano (p. ej., perros; mapaches, *Procyon lotor*; cerdos; coati mundis, *Nasua nasua*, *N. narica*) debe colocarse tan pronto como sea posible, un cuadrado de 1 metro por lado, de malla galvanizada de 5x10 cm y anclado con estacas en las esquinas (ver Jordan, 1994). En el trabajo de Jordan, las estacas fueron hechas de barras 60-90 cm de acero reforzado, con la punta doblada para formar un gancho, el cual asegura las esquinas de la malla cribada. Para animales de menor tamaño, tales como las mangostas (*Herpestes auropunctatus*) se pueden utilizar mallas más pequeñas que deben ser removidas antes de la eclosión. En cualquier caso, la malla debe estar enterrada de 8-10 cm por debajo de la superficie para ocultarla de los depredadores y, por otra parte, para evitar cualquier interferencia de los transeúntes curiosos con los huevos que se están incubando.

Las jaulas de malla de alambre galvanizado pueden ser armadas formando un anillo o un cuadrado. Generalmente se prefiere la forma cuadrada porque permite doblar la parte inferior de los lados hacia afuera, lo que frena el excavado por pequeños mamíferos. Addison (1997) ilustra la construcción de una jaula de 90 x 90 x 75 cm con una malla de 5 x 10 cm de abertura, y cuyas partes inferiores están

dobladas horizontalmente hacia afuera 15 cm. Lo óptimo es enterrar las jaulas a una profundidad de 30 cm por arriba del nido. Esto se lleva a cabo centrando la jaula sobre el nido, colocándola a un lado para luego excavar una trinchera de 90 x 90 cm y de 30 cm de profundidad alrededor del nido. La arena seca superficial debe ser apartada antes de escarbar. Una vez que la trinchera está hecha, la jaula se coloca en ella y se entierra, dejando aproximadamente 45 cm de la jaula afuera de la arena, para evitar que los depredadores escarben en el nido. Addison y Henricy (1994) determinaron que las jaulas fueron más efectivas que el uso de la malla plana enterrada, aunque fueron más visibles.

Ratnaswamy (1995) utilizó para la remoción de los depredadores, mamparas para nidos y la aversión condicionada al sabor, en el Canaveral National Seashore de Florida EE. UU. Ella encontró que la colocación de mamparas en los nidos fue el método más efectivo para reducir la depredación, aunque fue el más costoso. Adicionalmente, este método reduce cualquier impacto directo en las poblaciones locales de mapaches y por lo tanto, presuntamente reduce los efectos ecológicos adversos de la remoción de depredadores.

Transplante de Huevos

Aunque la primera y mejor opción de manejo, es siempre la protección de los huevos *in situ*, hay circunstancias en las cuales el trasplante de los huevos es una opción de conservación viable. La remoción de huevos de los nidos naturales (normalmente en el momento de la puesta) y su sembrado en otra parte de la playa, puede mitigar de manera efectiva una amplia variedad de amenazas que reducen el éxito de la eclosión o producen una fuerte pérdida de nidos. Esta técnica es de máxima utilidad bajo las siguientes circunstancias.

Erosión Severa y Predecible

Muchas playas arenosas están sujetas a ciclos de erosión y depositación (acreción), estacionales o relacionados con tormentas, que pueden provocar la pérdida de nidos cuando grandes porciones de la playa sucumben ante cambios en la dirección o la velocidad de la corriente. La reubicación cuidadosa de los nidos depositados en las áreas de alto riesgo (en las que la erosión es alta y predecible) a zonas de la playa más estables, puede incrementar significativamente el rendimiento reproductivo de la temporada.

Inundación

En las áreas con perfiles bajos, en donde el manto freático llega a estar dentro de un intervalo de 50 cm de la superficie de la playa, el agua puede estancarse en la cavidad del nido, produciendo una elevada mortalidad de embriones. Un caso similar es el de los nidos depositados muy cerca del mar. La reubicación de estos huevos puede, por lo menos, incrementar moderadamente el éxito de la eclosión.

Saqueo de Huevos

La utilidad de las marcas en el campo, incluyendo las huellas en la playa y las camas de los nidos, puede eliminarse removiendo los huevos y reubicándolos en otro sitio, incluso muy cercano al nido original, pero fuera del área de la huella y la cama. La excavación del sitio original por los contrabandistas puede ocurrir, aunque inútilmente, por lo que disimulará la probabilidad de que el colector de huevos regrese.

In Situ

La mejor manera de llevar a cabo la reubicación *in situ* (no a corrales o viveros) es aprovechar las patrullas regulares, las cuales pueden participar en la colección de huevos al momento de la oviposición. Los huevos se recogen con cuidado conforme van siendo depositados y se colocan inmediatamente en una bolsa limpia, canasta o cubeta. Una alternativa es colocar una bolsa plástica en la entrada del nido para recibir los huevos. En ambos casos, la bolsa u otros recipientes usados deben ser lo suficientemente fuerte para transportar hasta 12 kg de huevos. Si la bolsa es colocada en el nido, su abertura debe ser sellada (para excluir la entrada de arena) y sacarse rápidamente desde la parte posterior tan pronto como se haya completado la puesta. Puede requerirse de alguna ayuda durante este proceso para mantener las aletas fuera del área de trabajo, iluminar o recibir a los huevos. Debe hacerse un gran esfuerzo para minimizar la cantidad de arena que se adhiere a los huevos, puesto que puede raspar (ya que es abrasiva) el cascarón y reducir el éxito de la eclosión. Para transportar los huevos a grandes distancias deberán ser cubiertos para reducir la pérdida de humedad.

Debe tenerse cuidado en el registro de la profundidad original de los nidos para que pueda replicarse. Esto se hace suspendiendo una cinta de medir rígida o una cuerda con peso (marcada en unidades métricas) hasta que llegue al fondo y entonces se toma la lectura en la superficie. Para la mayoría de

las especies es adecuado registrar la profundidad desde el fondo del nido hasta el carapacho, justamente por detrás de la aleta trasera, puesto que normalmente la superficie original de la arena es perturbada durante el proceso de anidación. Es importante no solo que la medida sea tan exacta como sea posible, sino también que la técnica sea consistente. También deberá tomarse una medida del diámetro del cuello del nido.

Los huevos deberán ser transportados inmediatamente al sitio de reubicación (si el transporte ocurre por vehículo, el recipiente con los huevos deberá asegurarse y quedar amortiguado). El trasplante deberá realizarse en un período de 1-6 hrs para reducir los daños provocados por el movimiento a los embriones. El proceso de reubicación debe hacerse en la misma playa para simplificar la logística del proyecto, minimizar el trauma del transporte y promover la perpetuación de la población en su playa de anidación. El nuevo sitio deberá estar por arriba de la línea alta de marea y acorde con los parámetros específicos de cada especie; por ejemplo, los nidos de las tortugas laúd anidan en las playas abiertas, las tortugas carey anidan entre la vegetación de la playa (si el sitio es apropiado). Debe tenerse cuidado en no colocar a los nidos demasiado cerca (< 1.0 m) de otros nidos transplantados o naturales.

Para iniciar el proceso de sembrado, debe separarse la arena superficial (hasta una profundidad de 5-10 cm, dependiendo de las condiciones locales) para prevenir que se derrame en la excavación. Una vez que la arena húmeda sub-superficial queda expuesta, se excava manualmente un conducto angosto a la profundidad deseada. El peso de la persona que excava el nido debe descansar en la otra mano, la cual deberá estar tan lejos del borde del orificio como sea posible. Cuando se confirme que se llegó a la profundidad adecuada, con la cinta de medir o la plomada, el cuello del nido se ampliará manualmente hasta el lograr diámetro deseado. Finalmente, el fondo de la cámara de los huevos se amplía para que el resultado final sea similar a un matraz o a un foco de luz invertido.

Los huevos deberán ser colocados cuidadosamente -no dejarlos caer abruptamente- en grupos de 2 a 5 (una medida adecuada y cómoda) y contabilizados. En el caso de las tortugas laúd, los huevos sin yema deben ser puestos al final (en la parte superior). Si es necesario examinar posteriormente el contenido del nido, es útil enterrar una pequeña sección

de cinta de algún color que sea característico del encargado (ver el texto de Miller en este volumen). Hay que registrar con un marcador indeleble el número de marca de la hembra (si esta marcada), la fecha en que fue depositado el nido y, en caso de que sea diferente, la fecha en que se hizo el trasplante. El nido debe recubrirse con la arena húmeda que se encuentra por debajo de la superficie y que fue removida cuando se hizo el agujero (no se debe colocar la arena caliente de la superficie sobre los huevos), apisonando firmemente capas de arena de 8 a 12 cm.

Una vez que el orificio del nido queda completamente cubierto, es difícil relocalizarlo con exactitud. Por esto, si se desea monitorear el nido a través del tiempo o excavarlo al momento de la eclosión, es necesario anotar las coordenadas (registrando las medidas existentes entre el nido y estacas numeradas o con algunas otras características naturales del terreno cercanas al nido) o utilizar algún otro tipo de marca. Una vez que el hoyo se rellena, el nido debe disimularse emparejando y dispersando la arena superficial para homogeneizarla.

En la evaluación de esta técnica, cabe hacer notar que el éxito promedio del avivamiento probablemente será más bajo que el de los nidos naturales no perturbados. Pero cuando este proceso es realizado con cuidado, la técnica permite reducir la pérdida de nidos por el tipo de amenazas descritas al principio de esta sección. La experiencia de más de una década en el manejo de la población de tortuga laúd que anida en el Sandy Point National Wildlife Refuge de las Islas Vírgenes estadounidenses, muestran claramente que el éxito reproductivo anual puede ser duplicado o incluso incrementado mayormente, utilizando esta técnica, aprovechando las patrullas nocturnas regulares en la playa de anidación, colección de los huevos en el momento de la puesta (si son depositados en áreas conocidas por ser de alto riesgo) y su trasplante inmediato (Boulon *et al.*, 1996).

La técnica tiene varias ventajas sobre el trasplante de huevos a viveros cerrados. El costo del mantenimiento y el personal (vigilancia) son altos en un vivero mantenido en condiciones adecuadas; adicionalmente, puesto que los huevos (y las crías) son concentrados artificialmente, también pueden sufrir grandes pérdidas por depredación, tormentas y otros fenómenos. Otros elementos que favorecen el trasplante *in situ* incluyen el hecho de que la nueva ubicación de los nidos no tiene señales y los perfiles de temperatura y humedad probablemente son muy

similares a los originales, ya que los nidos pueden ser colocados individualmente en el hábitat apropiado y los neonatos pueden emerger naturalmente.

Debe resaltarse que los huevos no deben ser colectados y trasplantados hasta que no haya una evidencia fehaciente de que hay pérdidas significativas constantes, las cuales no pueden ser contrarrestadas utilizando estrategias sin manipulación. Al escoger esta técnica los responsables del manejo deben estar dispuestos a aplicar los recursos necesarios para asegurar que los huevos serán colectados inmediatamente después de que sean depositados o a primera hora por la mañana (antes de que el día se caliente). Bajo ninguna circunstancia (excepto quizá cuando se rescatan los huevos que están expuestos al oleaje) se deberá coleccionar los huevos después de un período mayor de 12 hrs después de ser enterrados. Una vez que el embrión se adhiere al interior del cascarón el movimiento puede ser fatal. De hecho, algunos investigadores han recomendado que los huevos no deben ser movidos en absoluto en un lapso entre 3 horas y 21 días después de la oviposición (Harry y Limpus, 1989).

Rechazo Condicionado

Con esta técnica los depredadores son condicionados para evitar ciertas presas con el uso selectivo de sustancias químicas que causan una reacción desagradable (a veces muy molesta) cuando son consumidas. Los investigadores han utilizado cloruro de litio y varias clases de hormonas en y sobre los huevos, con la esperanza de que los depredadores, especialmente los mamíferos pequeños, pierdan el deseo de consumir huevos de tortuga. Sin embargo, el autor no ha encontrado reportes del uso exitoso de esta técnica con huevos de tortugas. Hopkins y Murphy (1982) encontraron que el cloruro de litio no funciona ni con mapaches de laboratorio ni silvestres. Ellos determinaron que esta técnica posiblemente sea efectiva con individuos que nunca han probado los huevos, pero que cuando los organismos han tenido experiencias positivas con ellos, la técnica no produce el acondicionamiento de rechazo.

Ratnaswamy (1995) utilizó estrógeno oral (17- α -ethinyl-estradiol) para tratar huevos de pollo en un intento de producir la aversión condicionada al sabor (ACS) en mapaches. Se esperaba que cualquier ACS desarrollada hacia los huevos de pollo, se transfiriera hacia los de tortuga. Ella no encontró diferencia significativa entre la depredación de los

huevos antes y después del tratamiento. La autora concluyó que, puesto que la población de mapaches es relativamente grande, probablemente es imposible desarrollar un nivel adecuado de ACS para proteger a los nidos de tortuga en el sitio de estudio. No se sabe si los mapaches pueden detectar las diferencias de sabor entre los huevos de pollo y de tortuga, lo cual puede complicar la aplicación efectiva de los tratamientos de ACS.

Un estudio realizado en las Islas Vírgenes estadounidenses logró acondicionar a las mangostas para evitar los huevos de pollo, utilizando con éxito la hormona estradiol (D. W. Nellis, USVI, Div. Fish Wildl., com. pers.). En el experimento se utilizaron mangostas familiarizadas con varios tipos de huevos durante largos períodos de tiempo. Entonces se les dieron huevos inyectados con el estradiol por dos días, antes de que regresaran a los huevos no tratados. Después de la experiencia con los huevos tratados, las mangostas rechazaron ofrecimientos posteriores de huevos de pollo. La prueba nunca fue realizada con huevos de tortuga, puesto que el sacrificio de huevos de especies en peligro no es prudente, pero la técnica parece ser prometedora.

Control de Predadores

Aunque en algunos casos la depredación de nidos es oportunista, en algunas especies el hábito de saquear los nidos de tortuga es un comportamiento aprendido. El control de depredadores, hablando en términos generales, involucra una amplia gama de técnicas, mismas que consumen tiempo; algunas son muy costosas y muy pocas han mostrado resultados verdaderamente favorables. Sin embargo, es importante dar seguimiento a algunas metodologías si la depredación constituye una amenaza significativa, particularmente cuando la amenaza tiene un contexto fuera de los ciclos naturales de la red alimenticia.

Probablemente el método menos complicado es dispararles a los depredadores persistentes. Esta técnica ha sido utilizada para ahuyentar a perros domésticos que se han vuelto salvajes en algunas de las playas de anidación de Centroamérica, a mapaches y puercos en el Sudeste de EE.UU. y otras especies “nocivas” alrededor del mundo. Dependiendo de las circunstancias, la caza por grupos de gente funciona moderadamente bien, particularmente en áreas escasamente pobladas. Cuando se planea este tipo de actividad, debe tenerse en mente la posibilidad de que ocurran manifestaciones públicas de grupos o

individuos protectores de los derechos animales. También se puede alcanzar un cierto éxito con campañas de envenenamiento de bajo costo. Sin embargo tales iniciativas casi seguramente trareán algunas consecuencias indeseables porque pueden matar a otras especies costeras (generalmente benéficas), así como a niños y/o a animales domésticos.

Los programas con trampas son más caras, pero pueden producir resultados satisfactorios. En la región del Caribe, donde las mangostas son depredadores importantes tanto de huevos como de crías, a veces se colocan trampas convencionales para capturarlas vivas (15x 15 x 45 cm) cebadas con pollo o pescado en intervalos de 30m, en áreas sombreadas de la parte superior de la playa. Las trampas son revisadas al menos una vez al día. Los individuos capturados son reubicados en áreas lejanas o sacrificados. Con unos cinco días de uso de estas trampas se puede eliminar más del 80% de las mangostas del área de trabajo (Coblentz y Coblentz, 1985). En el estudio de Coblentz y Coblentz, los nidos de tortuga carey no fueron depredados en la playa de anidación, durante o inmediatamente después del período de uso de las trampas. El uso de trampas poco antes de la temporada de anidación disminuye significativamente la depredación de nidos y, aunque depende del número de inmigrantes y reclutas de la población depredadora, ambos grupos pueden ser menos aptos para saquear los nidos de tortuga mientras aprenden como hacerlo.

George *et al.* (1994) reportaron un éxito similar con el uso de trampas y la reubicación de mapaches de las playas de anidación del Sudeste de EE.UU.. Concluyeron que la remoción de un gran número de individuos de la población depredadora de la playa de anidación reduce significativamente el saqueo de los nidos. El éxito real de los programas de reubicación depende, en última instancia, de la tendencia de los animales a regresar al territorio del cual habían sido expulsados. Cuando es posible, las trampas deben ser colocadas a lo largo de sendas que conducen a la playa. Nuevamente, el grado más alto de efectividad se obtiene cuando las campañas se desarrollan antes de la temporada de anidación. Si el problema persiste ya entrando a la temporada, las trampas pueden ser colocadas cerca de nidos conocidos. Por razones humanitarias se prefiere el uso de trampas para capturar vivos a los organismos. Salvo las restricciones gubernamentales, los animales pueden ser transportados tierra adentro y liberados; aunque de manera alternativa debe considerarse el sacrificio

humanitario (p. ej., con inyección letal, disparo).

En Nueva Zelanda, Hawaii (EE.UU.), las Filipinas y las Islas Galápagos (Ecuador) han entrenado y utilizado “perros cerberos” contra los cerdos salvajes que amenazan a los nidos de tortuga. El uso original de estos perros fue para arrear a los puercos, pero en fechas más recientes se ha considerado su uso para la protección de tortugas marinas y terrestres (Clarke y Brisbin, 1994). Esta técnica puede estar más allá de las posibilidades de la mayoría de los encargados del manejo de tortugas marinas, pero es una opción valiosa si los cerdos salvajes (no reclamados) son un problema serio.

Entre los insectos depredadores, se sabe que las hormigas de fuego pueden ser una seria amenaza, puesto que se introducen en los nidos y atacan a las crías conforme van saliendo de los huevos. El uso de sustancias químicas alrededor de los nidos para detener a las hormigas es inaceptable, debido a que tienen el potencial de producir toxicidad secundaria así como daños en las crías. En Ocean Isle Beach, Carolina del Norte, EE.UU. partículas secas (maíz molido en forma gruesa) son esparcidas alrededor de los nidos dos veces por semana y después de la lluvia. Las hormigas de fuego se comen los fragmentos, las cuales supuestamente se hinchan y matan a las hormigas; ninguno de los nidos tratados de esta manera fueron infectados con las hormigas de fuego (J. Simmons, com. pers.).

Antes de considerar cualquier programa de erradicación deben de tenerse en cuenta las siguientes advertencias. El control sistemático de las especies no-nativas (p. ej., cerdos, ratas, perros, mangostas) o de especies de amplia distribución de pequeños mamíferos o pájaros, cuya abundancia poblacional se ha incrementado desproporcionadamente por la presencia de los asentamientos humanos, difícilmente tiene un efecto perjudicial en la ecología costera. Sin embargo, la remoción de depredadores nativos (p. ej., buitres y otros pájaros de presa, cangrejos, pájaros costeros, serpientes) de la playa de anidación y de sus alrededores puede ser ecológicamente devastador. Los venenos y el uso indiscriminado de trampas pueden implicar un costo muy alto en especies no objetivo, así como en niños por lo que su uso debe ser cuidadosamente controlado.

Educación Ambiental

Aunque generalmente no es considerada como una medida de protección *in situ*, la educación puede

jugar un papel importante en la protección de los nidos de tortugas marinas y de sus crías. Por ejemplo, en lugar de comprometerse en un programa de control de depredadores, los administradores deben considerar si el cambio del comportamiento de la gente podría lograr un resultado similar. La ubicación de los basureros públicos fuera de las playas de anidación y controlar los desechos de la playa puede reducir el número de carroñeros (p. ej., ratas, mangostas, buitres) que visitan el área.

La promoción de permisos y leyes para amarrar a los perros y para el control del ganado salvaje (p. ej., cerdos) también pueden restringir los niveles de depredación. En los lugares en donde los nidos son revisados (después de la salida de las crías) para propósitos de estudio, el contenido de los nidos debe ser sepultado completamente en la cavidad del nido. La exposición exagerada de los restos puede atraer la atención de los depredadores.

Las campañas de educación pública pueden resaltar el éxito de casi cualquier programa de protección de nidos. El público debe estar enterado de la importancia de las estacas y de otros letreros o señales que utilizan los investigadores, así como de las jaulas de protección de nidos y de otros equipos dejados en la playa. Los residentes deberán ser estimulados para que apoyen los esfuerzos de protección de nidos, participando como voluntarios en los programas de patrullaje de la playa, ocultar las huellas de las hembras (cuando no son requeridas en programas de monitoreo e investigación) y para reportar las actividades ilegales. Los programas de educación deberán ser diseñados para una amplia variedad de auditorios, incluyendo los pescadores, los escolares y los propietarios de los terrenos costeros (o controladores de tierras), tanto residenciales como comerciales. Al involucrar a todas las partes en el programa de conservación es posible crear una actitud generalizada de apoyo que permitirá adoptar con agrado las estrategias de manejo y conservación.

Literatura Citada

Addison, D. S. 1997. Galvanized wire cages can prevent nest depredation. *Marine Turtle Newsletter* 76:8-11.

Addison, D. S. y S. Henricy. 1994. A comparison of galvanized wire mesh cages vs. flat chain-link screen in preventing *Procyon lotor* depredation of *Caretta caretta* nests, p.174. *In*: K. A. Bjorndal, A. B. Bolten,

- D. A. Johnson y P. J. Eliazar (Compiladores), Proceedings of the Fourteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351. U.S. Department of Commerce.
- Boulon, R. H. Jr., P. H. Dutton y D. L. McDonald. 1996. Leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) on St. Croix, U. S. Virgin Islands: fifteen years of conservation. *Chelonian Conservation and Biology* 2:141-147.
- Clarke, C. M. H. y I. L. Brisbin, Jr. 1994. New Zealand pig dogs and the conservation and control of pigs, p.210. *In*: K. A. Bjorndal, A. B. Bolten, D. A. Johnson y P. J. Eliazar (Compiladores), Proceedings of the Fourteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351. U. S. Department of Commerce.
- Coblentz, B. E. y B. A. Coblentz. 1985. Control of the Indian Mongoose *Herpestes auropunctatus* on St. John, U. S. Virgin Islands. *Biological Conservation* 33:281-288.
- George, D. H., A. L. Leach y M. A. Mercadante. 1994. Cape Canaveral Air Force Station sea turtle preservation program, p.225-228. *In*: K. A. Bjorndal, A. B. Bolten, D. A. Johnson y P. J. Eliazar (Compiladores), Proceedings of the Fourteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351. U. S. Department of Commerce.
- Harry, J. L. y C. J. Limpus. 1989. Low-temperature protection of marine turtle eggs during long-distance relocation. *Australian Wildlife Research* 16:317-320.
- Hopkins, S. R. y T. M. Murphy. 1982. Testing of lithium chloride aversion to mitigate raccoon depredation of loggerhead turtle nests, p.484-491. *In*: J. R. Sweeny y J. M. Sweeny (Editores), Proceedings of the Annual Conference of Southeast Association of Fish and Wildlife Agencies 36:484-491. Southeast Association of Fish and Wildlife Agencies.
- Jordan, E. R. 1994. Effects of a nest screening program on raccoon predation of sea turtle eggs at Canaveral National Seashore, p.66-67. *In*: K. A. Bjorndal, A. B. Bolten, D. A. Johnson y P. J. Eliazar (Compiladores), Proceedings of the Fourteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351. U. S. Department of Commerce.
- Ratnaswamy, M. J. 1995. Raccoon depredation of sea turtle nests at Canaveral National Seashore, Florida: Implications for species management and conservation. Tesis Doctoral, University of Georgia, Athens. 78 pp.

Reducción de las Amenazas a los Huevos y a las Crías: Los Viveros

Jeanne A. Mortimer

P. O. Box 445, Victoria, Mahe, Republic of Seychelles; Tel: +248 323-050; y Department of Zoology, University of Florida, Gainesville, Florida 32611-8525 USA; Tel: +1 (352) 373-4480;

Fax: +1 (561) 658-5918; email: jmort@nersp.nerdc.ufl.edu

Cuándo Construir un Vivero

De manera ideal, los huevos de tortugas marinas deben incubarse en el nido natural. La decisión de reubicar la nidada a sitios protegidos como “viveros” o “corrales” deberá considerarse sólo como un último recurso y en casos en los que la protección *in situ* sea imposible. En la mayoría de las playas de anidación, los programas de reubicación sólo son benéficos a los nidos depositados en áreas propensas a circunstancias peligrosas- por ejemplo, los que son colocados cerca del mar, demasiado cercanos a fuentes de luz artificial o en sitios con construcciones de protección o susceptibles de erosión, en áreas de intenso tráfico de caminantes, o sobre rutas para vehículos. Pero aún en esos casos, generalmente es suficiente con la protección *in situ* (ver el texto de Boulon en este volumen). Sin embargo, en muchas partes del mundo la depredación de los huevos por humanos y los animales asociados con el hombre es tan intensa, que la mortalidad de cualquier nidada puede ser del 100%, si no es reubicada en viveros protegidos. En lugares donde la amenaza dominante es la explotación humana, los viveros deben ser cuidados todo el tiempo.

Tomando en cuenta que el efecto negativo de los viveros (ver abajo) frecuentemente es mayor que los riesgos derivados de los depredadores no-humanos, los responsables del manejo deben valorar cuantitativamente las tasas de depredación, antes de adoptar un programa de este tipo. En los lugares en los que la depredación es tan alta que justifica el establecimiento de un programa de reubicación, los depredadores involucrados son usualmente especies introducidas (p. ej., perros, gatos, cerdos) o especies cuyas poblaciones son anormalmente muy abundantes como resultado de las condiciones creadas por el hombre. Tales circunstancias pueden ocurrir cuando la gente provee una fuente adicional de alimentación

producto de desechos comestibles y aprovechada por mapaches, ratas, buitres etc., o cuando ha eliminado a sus depredadores naturales. Bajo estas condiciones, la erradicación de depredadores o los métodos de rechazo deben considerarse como técnicas complementarias o como una alternativa al establecimiento de viveros (ver Boulon, en este volumen)

Las Limitaciones de los Viveros

Los programas con viveros tienen varios riesgos y serias limitaciones que *pueden producir un impacto negativo real en las poblaciones de tortugas marinas*. Por ello, debe haber una valoración preliminar que concluya que las técnicas con menor manipulación, son difíciles de llevar a cabo o son ineficientes, que hay un sitio apropiado para el vivero, que una elevada proporción de los huevos puede ser colectada y transportada de manera adecuada al vivero, que hay personal disponible para custodiar las instalaciones y que se dispone de suficientes recursos financieros para el mantenimiento. Además deberán considerarse las siguientes advertencias:

1. Los viveros son muy costosos tanto en recursos financieros como humanos para colectar y mantener a cada nidada;
2. La operación efectiva del vivero depende de un equipo bien entrenado y responsable, sin embargo las limitaciones presupuestales normalmente solo permiten pagar pequeños salarios (u obligan a que la operación dependa de los voluntarios);
3. El éxito de la eclosión en los viveros, usualmente es más bajo que en los nidos naturales, aún cuando los viveros sean construidos y supervisados por personal que proporciona el mayor cuidado;
4. La proporción sexual frecuentemente puede

sesgarse hacia uno u otro sexo, dependiendo de las condiciones del vivero (ver Merchant en este volumen; también a Godfrey y Mrosovsky en este volumen para una discusión de la diferenciación sexual dependiente de la temperatura en tortugas marinas);

5. Los métodos inadecuados de liberación de crías pueden producir grandes tasas de mortalidad. En los lugares en los que las crías son colocadas a la misma hora y en el mismo lugar diariamente, se pueden formar “estaciones de alimentación” para peces. Además por la hora en la cual son liberadas (usualmente por la mañana), las crías están exhaustas después de pasar una noche bregando infructuosamente en el vivero, en donde la mayoría de ellas han emergido del nido unas cuantas horas después del atardecer. Durante la noche, pueden sucumbir ante los depredadores (los cuales varían desde hormigas y cangrejos hasta pájaros y pequeños mamíferos);
6. La instalación de los viveros como una medida comprometida para mitigar la destrucción del hábitat de anidación (tales como los causados por la iluminación artificial) crea una peligrosa dependencia de la intervención humana la cual puede ser imposible de mantener durante mucho tiempo; y
7. Los viveros tienen un efecto psicológico dañino en la gente. Debido a que en ellos se trabaja de manera muy intensa, promueven o apoyan la creencia entre los participantes y patrocinadores, que están haciendo más bien por las tortugas, de lo que realmente proveen. Como resultado, los programas que son más efectivos, pero políticamente menos atractivos, pueden ser ignorados.

Metodología Recomendada para Viveros

Ubicación y Construcción de Viveros

Los viveros deben estar localizados tan cerca como sea posible de la playa de anidación para minimizar el trauma físico a los huevos durante el transporte, para reducir el intervalo de tiempo entre el momento en el cual son depositados y cuando son reubicados en el vivero, para proporcionar la oportunidad a los embriones y a las crías de efectuar la impronta ("imprinting") sobre la playa de anidación

y, para facilitar la liberación de las crías. Deberán establecerse tantos viveros como sea posible, para maximizar la diversidad de condiciones en las cuales los huevos son incubados y las crías son liberadas. Los viveros deberán ser ubicados en sitios que incluyan una gama de microhábitats, similares a los utilizados por las tortugas durante la anidación, teniendo en mente que es necesario incluir regímenes representativos de temperatura. El monitoreo de la playa puede proporcionar la información para la selección de los sitios de anidación (ver Schroeder y Murphy en este volumen).

Puesto que todas las especies anidan sobre la línea de marea alta, el área para el vivero deberá estar por lo menos a una distancia vertical de 1 m sobre el nivel de la marea más alta, para prevenir que el agua subterránea inunde los huevos. También debe evitarse colocarlo en una zona en donde pueda ser invadido por las corrientes de marea que se forman por atrás de la playa durante mareas extraordinarias, o cerca de las bocas de los ríos o de corrientes donde, inundaciones rutinarias o impredecibles pueden destruirlo. El vivero puede cercarse con cadenas, malla de alambre o alambre de púas. Para disminuir la entrada de cangrejos o de otros depredadores pequeños y de excavadores, se debe enterrar una tira de 1-2 m de ancho de red de Netlón (red de hilo plástico) a una profundidad de al menos 0.5 m a lo largo de la parte interna de la cerca. Para prevenir la infección con hongos y bacterias, no debe utilizarse el mismo sitio para instalar el vivero durante dos temporadas consecutivas.

En playas en las que los nidos individuales están en riesgo de amenazas localizadas tales como erosión, inundación o perturbación involuntaria por humanos, algunos nidos amenazados pueden ser reubicados a puntos más seguros de la playa (ver a Boulon en este volumen). En casos en que la depredación humana o animal no es un problema serio, es mejor no construir un vivero cerrado y utilizar, en cambio, recipientes cilíndricos de malla (ver abajo). Lo ideal es que las crías no dependan de la gente para su liberación.

¿Cuántos Huevos?

Muchos responsables del manejo del recurso creen que para mantener una población anidadora saludable, debe protegerse al menos al 70% de los huevos depositados. En aquellos casos en los que las poblaciones han pasado por un historial de sobrexplotación, esta cantidad debe aproximarse al

100%. En algunos sitios, los patrones climáticos predecibles producen una mayor proporción de descendencia masculina durante algunos meses, mientras que en otros, eclosiona una mayor cantidad de crías del sexo femenino. Para asegurar la obtención de una proporción de sexos similar a la natural, los huevos destinados al vivero deben colectarse a lo largo de toda la temporada de anidación, en un número proporcional a la cantidad de nidos que ocurren durante cada mes para cada especie.

Colección y Transporte

Para minimizar la mortalidad de los embriones debida al manejo de la nidada, todos los huevos deben reubicarse en el vivero en un plazo de 2 horas a partir del momento en que son depositados (ninguna nidada debe permanecer desenterrada por períodos mayores a 5 hrs). Donde haya oportunidad de coleccionar los huevos conforme son puestos, el personal de campo deberá recogerlos manualmente, conforme vayan cayendo y colocarlos suavemente en una bolsa o en una cubeta. También es posible colocar una bolsa de plástico grande por debajo de la cloaca teniendo cuidado de no colapsar la cámara de huevos o molestar a la hembra (los huevos caen directamente en la bolsa sin que sean manipulados o cubiertos por la arena). La bolsa con huevos se quita rápidamente antes de que la tortuga comience a cubrir el nido o se extraen los huevos inmediatamente después de que la tortuga haya terminado de tapar su nido. En otros casos, los nidos deben excavarlos después de que las hembras han regresado al mar. Los huevos siempre deben manejarse con cuidado y cuando son transportados en un vehículo, debe usarse un dispositivo de amortiguación para protegerlos de las vibraciones.

Es necesario tener un cuidado especial con el manejo de nidadas que cuenten con más de dos horas desde la puesta (p. ej., cuando los huevos son trasladados hasta la mañana siguiente o cuando las nidadas que están a la mitad de la incubación, son amenazadas por la erosión). Si los huevos con mayor tiempo después de la puesta son rotados o sacudidos, las delicadas membranas embrionarias se romperían con facilidad y ocasionaría la muerte del embrión. Las precauciones para evitar lo anterior deben incluir el marcado de la parte superior de los huevos con un lápiz graso suave y su transferencia a una cubeta u otro recipiente rígido (no un saco) para asegurar que no serán rotados durante el transporte o el sembrado.

Sembrado de la Nidada

Tan pronto como sea posible, cada uno de los huevos de una nidada debe ser trasplantado al interior del vivero en un microhábitat similar al de su nido natural. En el interior del vivero los nidos deben construirse con una separación de al menos 1 metro entre ellos, para minimizar el impacto entre ellos y permitir el desplazamiento de los cuidadores dentro del corral. Los nidos deben construirse con la forma de un matraz o urna, con un fondo redondeado y una abertura recta y delgada que conduzca de la cámara de huevos a la superficie. La profundidad de los nidos naturales deberá ser medida y replicada en el vivero. Si la excavación del nido es impedida por desmoronamiento de la arena durante los períodos de clima muy seco, vierta con una cubeta agua dulce en el nido inconcluso, y entonces continúe con la construcción. La colocación de los huevos en un nido de vivero, debe hacerse en pequeños grupos a la vez, si los huevos tienen menos de 2 horas de puestos (mientras que si los huevos han sido mantenidos por más tiempo, se colocan uno por uno). Bajo ninguna circunstancia los huevos deberán ser "vaciados" en el nido. La arena húmeda extraída durante la excavación del nido artificial, debe utilizarse para cubrir los huevos, apisonándola firmemente en capas de 8 a 12 cm. La arena seca no deberá estar en contacto con los huevos y solo debe ser utilizada durante las últimas etapas del cubrimiento del nido. Cada nido debe enumerarse y asociarse con una forma de registro para datos (ver también el texto de Miller, en este volumen).

Cercos Cilíndricos de Malla

La mayoría de los responsables de programas que usan viveros, recomiendan colocar una pequeña cerca o bastidor cilíndrico de malla en la parte superior de cada nido. Estas deben ser construidas de malla de Netlón plástico (<1 cm de abertura de malla). La malla de "gallinero" no debe utilizarse, debido a que la abertura de malla es demasiado grande y las crías se podrían lastimar cabeza y aletas cuando traten de pasar a través de ella. La malla de Netlón debe ser cortada en piezas de aproximadamente 40 cm de altura y 195 cm de largo, para formar un cilindro de 60 cm de diámetro. Una varilla metálica de 0.25 cm de diámetro puede ser utilizada para unir los extremos de la malla y formar el cilindro así como para asegurarla al sustrato. El cilindro debe enterrarse aproximadamente a una profundidad de 10 cm en la arena para reducir la entrada de organismos

excavadores, tales como los cangrejos. Dependiendo de las fuentes y tasas de depredación local, la parte superior del cilindro puede ser cubierta adecuadamente con un lienzo de Netlón, malla de mosquitero u otra malla apropiada. Retener a las crías que emergen, facilita el registro de datos (p. ej., número, talla y peso de las crías), aunque la desventaja es que, a pesar de que sean liberadas poco tiempo después de que hayan emergido del nido, es probable que sufran de cansancio, deshidratación, pérdida de vigor y posiblemente daño o muerte por depredación.

Liberación de las Crías

Bajo condiciones naturales, los grupos de neonatos entran al mar en puntos al azar a lo largo de la playa de anidación y en tiempos impredecibles. Idealmente, las tortuguitas criadas en los viveros después de haber emergido de los nidos, deben liberarse en grupos tan pronto como sea posible; aunque las que brotan primero no deberán ser retenidas con el propósito de crear un grupo grande. Para liberarlas en sitios al azar (reduciendo las posibilidades de crear “estaciones de alimentación” de peces), cada liberación deberá ocurrir en puntos ubicados varios cientos de metros alejado de los anteriores. El personal de los viveros debe prever el nacimiento de las crías (considerando que emergen de 45 a 55 días después de la puesta de la nidada) y revisar los nidos a intervalos frecuentes (al menos cada 30-60 minutos) durante el período de mayor probabilidad de eclosión y emergencia. Para promover la impronta (“imprinting”) natural deberá permitirse que las crías se desplacen por la arena y entren al mar sin ayuda. Cuando la liberación inmediata es imposible, las crías deben ser colocadas en sacos de tela húmeda y suave o en cajas de poliestireno y mantenidas en un lugar oscuro, tranquilo y fresco. Las crías no deben mantenerse en agua antes de la liberación. Al colocarse en un contenedor de agua experimentarán el “frenesí natatorio” y es probable que agoten las reserva energética almacenada en el saco vitelino; además de que pueden imprimir (“imprint”) las condiciones del contenedor en lugar de las marinas.

Técnicas Especiales

Dependiendo de condiciones locales, se han utilizado técnicas especiales de incubación con diversos grados de éxito. En las Filipinas, las Islas Tortugas de Sabah, la costa del Pacífico de Guatemala y otros lugares, se cree que los viveros

excesivamente cálidos producen solamente descendencia femenina. Por ello, disminuyen la temperatura de incubación colocando techos de hojas de cocoteros para sombrear y enfriar algunos nidos. En Malasia, han incrementado las tasas de eclosión dividiendo a las nidadas en grupos de 40-60 huevos y sembrándolas en nidos separados (Mortimer *et al.*, 1994). En Natal, Sudáfrica, han mejorado el éxito de la eclosión colocando las nidadas en el interior de canastas de malla cilíndrica construidas de Netlón plástico y posteriormente sembrándolas dentro de las canastas en el vivero (G. Hughes, Natal Parks Board, *in litt* 14 Septiembre 1988). Sin embargo, esa misma técnica, cuando fue empleada en Malasia produjo casi el 100% de mortalidad a crías y embriones en su último estadio (Mortimer y Aikanathan, datos no publicados). En Australia se retrasó la formación de las membranas embrionarias sin reducir su viabilidad, cuando las nidadas recién depositadas fueron enfriadas a temperaturas de 7-10°C en unas cuantas horas a partir de la oviposición para transportarlas a largas distancias (>1000 km) (Harry y Limpus, 1989).

Las nidadas incubadas en cajas de poliestireno alcanzan tasas de eclosión particularmente altas, pero requieren una manipulación muy cuidadosa de las condiciones de temperatura y humedad. Las cajas se caracterizan por tener temperaturas más frías, lo que favorece la descendencia masculina. Para mantener la proporción de humedad en los nidos se debe aplicar agua dulce en dosis controladas cuidadosamente (para evitar la inundación) puesto que el calentamiento de las cajas con el sol o con fuentes de calor artificial causa pérdida de humedad. Para preparar un nido en una caja de poliestireno, se deben hacer orificios de 0.5 cm de diámetro, espaciados en intervalos de aproximadamente 5 cm, por todo el fondo de la caja para facilitar el drenaje. Hay que cortar tres piezas de tela de nylon, cada uno ligeramente mas grande que la superficie del fondo de la caja. Los materiales se colocan en la caja perforada en el siguiente orden, empezando a partir del fondo: se coloca una pieza de la tela de nylon, una capa de 10 cm de arena húmeda, otra pieza de la tela de nylon, 3-4 capas de huevos de tortuga recién puestos, otra pieza de tela de nylon, una capa de 10 cm de arena húmeda de playa. Cuando los huevos empiezan a eclosionar, la capa superior de arena y la tela deben ser removidos y solo entonces, se debe colocar la tapadera de poliestireno para mantener la humedad alta.

Las crías recién nacidas deben mantenerse en el

interior de la caja de unicel completamente cerrada por algunos días antes de su liberación, hasta que hayan absorbido su saco vitelino externo y su plastrón se haya aplanado. Nadie sabe con certeza si las cajas de poliestireno interfieren con los - aún poco conocidos- mecanismos que utilizan las crías para la impronta de sus playas de anidación natal. Lo que se conoce es que, sin el monitoreo cuidadoso e intervención, la proporción sexual de las crías es fuertemente sesgada y este punto, puede invalidar cualquiera otra de las medidas de conservación adoptadas. En Malasia, se ha relacionado las altas tasas de infertilidad en las hembras anidadoras de tortuga laúd con décadas de producción de 100% de hembras en los viveros (Chan y Liew, 1996).

Seguimiento y Evaluación

Idealmente, debe registrarse la temperatura de incubación de una muestra estadísticamente representativa de nidos en cada vivero, y esto es particularmente cierto, para los programas que se apoyan en cajas de unicel para asegurar que la descendencia masculina y femenina se obtenga aproximadamente en la misma proporción (ver Godfrey y Mrosovsky, 1994, para una revisión de la metodología). Para determinar el éxito de la eclosión

en el vivero, debe excavarse una muestra de las nidadas al final del período de incubación (ver Miller en este volumen).

Literatura Citada

Chan, E.-H. y H.-C. Liew. 1996. Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. *Chelonian Conservation and Biology* 2:196-203.

Godfrey, M. H. y N. Mrosovsky. 1994. Simple method of estimating mean incubation temperatures on sea turtle beaches. *Copeia* 1994:808-811.

Harry, J. L. y C. J. Limpus. 1989. Low-temperature protection of marine turtle eggs during long-distance relocation. *Australian Wildlife Research* 16:317-320.

Mortimer, J. A., A. Zaid, K. Safee, M. Dzuhari, D. Sharma y S. Aikanathan. 1994. Evaluation of the practice of splitting sea turtle egg clutches under hatchery conditions in Malaysia, p.118-120. *In*: B. A. Schroeder y B. E. Witherington (Compiladores), *Proceedings of the Thirteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-341. U.S. Department of Commerce.

Reducción de las Amenazas al Hábitat de Anidación

Blair E. Witherington

Florida Department of Environmental Protection, Florida Marine Research Institute, 9700 South A1A, Melbourne Beach, Florida 32951 USA; Tel: +1 (407) 674-1801; Fax: +1 (407) 674-1804; email: spinnaker@prodigy.net

Generalidades

Un hábitat de anidación favorable es crítico para la reproducción de las tortugas marinas y es fundamental para la supervivencia de sus poblaciones. Las amenazas al hábitat de anidación son definidas como cualquier acción o proceso que pueda alterar el sustrato arenoso de la playa de anidación, dañar o matar a las tortugas marinas o a sus huevos y/o causar la alteración de los patrones de comportamiento normales. El propósito de esta sección es describir varias de estas amenazas y proponer algunos esclarecimientos que promuevan la conservación de las tortugas marinas.

Hay al menos cuatro categorías de respuesta entre los agentes que mitigan las amenazas a playas consideradas como hábitat de anidación. La primera y la mejor, es eliminar la amenaza. Por ejemplo, limitando la extracción de arena a depósitos tierra adentro, prohibiendo la circulación de vehículos en la playa y apagando el alumbrado con frente de playa que podría desorientar a las crías en su trayecto al mar. En algunos casos, puede ser suficiente restringir las actividades dañinas a períodos fuera de las temporadas de anidación y eclosión, los cuales se prolongan desde la fecha en que se deposita la primera nidada, hasta aproximadamente dos meses después de la última nidada de la temporada.

El segundo tipo de respuesta es la reducción de riesgos o el manejo del riesgo. La meta de esta categoría es reducir la probabilidad de que ocurra una amenaza o reducir sus efectos negativos una vez que ocurra.

El manejo del riesgo es una iniciativa importante, por ejemplo da una respuesta inmediata a los derrames de petróleo. Otras aplicaciones del manejo de riesgos incluyen el uso de la iluminación “amigable con las tortugas” en los frentes de playa, en los planes de

desarrollo costero. Con ello, se reduce la probabilidad de desviar a las crías en su curso hacia el mar y su mortalidad. Asimismo el establecimiento de otros requisitos que deben incluirse en los planes de desarrollo es la reducción de la construcción de grandes estructuras de protección.

El tercer tipo de respuesta es mover los huevos de las áreas de alto riesgo a otras más seguras (ver Boulon, en este volumen) o a viveros cerrados (ver Mortimer en este volumen). Esta estrategia puede tener muchos efectos negativos, a pesar de que en algunas ocasiones puede ser la única alternativa para salvarlos. Se puede reducir la viabilidad de las crías a pesar del cuidado con el que se realice la excavación, el traslado y el trasplante de los huevos. Además, esta actividad no protege a las hembras anidadoras de los mismos factores que amenazan a sus huevos y puede suprimir los incentivos para eliminar las amenazas en la playa de anidación. Por estas razones el trasplante de los huevos debe ser considerado como el último recurso y solo cuando se haya demostrado fehacientemente que la mortalidad de los huevos es alta.

El cuarto tipo de respuesta es no hacer nada. Algunas amenazas (p. ej., la erosión crónica) no justifican el costo de las actividades de mitigación, ya sea porque no pueden ser eliminadas o porque los nidos amenazados son muy pocos. El precio de la mitigación en estos sitios puede ser la pérdida del financiamiento y de las oportunidades de conservación en otros lugares e incluso pérdidas biológicas (p. ej., ocasionar alteraciones que dañen los procesos naturales en lugar de ayudar). Debe tenerse cuidado en no sobrestimar las consecuencias de las amenazas naturales. Es razonable suponer que las presiones de selección de esas amenazas han dado origen, a mecanismos biológicos para aminorarlas y que la

anidación en localidades que parecen ser propensas a los riesgos puede proporcionar una ventaja en la condición de las crías en desarrollo. Por ejemplo, algunos nidos depositados en la parte baja de la playa pueden superar exitosamente una erosión moderada y el lavado continuo por la marea. En algunas playas, los nidos sujetos a un lavado constante pueden ser de los más productivos porque éste reduce la concentración de organismos patógenos.

Erosión y Acresión

La erosión y la acresión son parte de la naturaleza de las playas. Cuando estos procesos se agudizan durante la estación de anidación-eclosión, las hembras pueden experimentar dificultades en la anidación y los huevos pueden quedar al descubierto, inundados o arrojados fuera del nido. La erosión y la acresión extremas pueden ocurrir durante las tormentas, los períodos de viento intenso o cuando la ubicación de las estructuras hechas por el hombre modifican el movimiento natural de la arena a lo largo de la línea de costa. Cuando la pendiente de la zona erosionada es muy abrupta o cuando la vegetación leñosa de las dunas es destruida y se acumula en la playa, se reduce el acceso para la anidación. Mientras que cuando la acresión es severa, se puede depositar arena sobre los nidos de tal manera que los embriones en desarrollo se sofocan y las crías no pueden emerger del nido.

Aunque los eventos naturales que causan la erosión y la acresión no pueden detenerse, es posible reducir sus consecuencias. Pueden removerse los árboles caídos y los desechos de la playa (aunque no debe excavarse), nivelar las pendientes escarpadas y restaurar el perfil de la playa restituyendo artificialmente la playa con arena (ver texto abajo). Durante los períodos de anidación y eclosión, no deben llevarse a cabo acciones que requieran el uso de maquinaria pesada. A pesar de que una playa parezca devastada por la erosión, puede tener nidadas sobrevivientes que podrían resultar dañadas por el trabajo de los vehículos y el movimiento de la arena. Algunas veces, la mejor estrategia es la inactividad, puesto que las playas que no son afectadas por las estructuras de estabilización hechas por el hombre, generalmente se recuperan en su totalidad en el curso de unos pocos meses.

Aunque en algunas ocasiones la predicción de tormentas tropicales puede indicarse con más de 24 de horas de antelación y con exactitud, el sitio en el que el fenómeno tocará tierra, generalmente no puede

predecirse el área que será afectada. Por lo que, aunque el daño producido por las tormentas puede ser severo, dado que son impredecibles y que el traslado de los huevos puede tener efectos negativos, no se recomienda el movimiento de grandes cantidades de nidos ante la posible llegada de un fenómeno de este tipo.

La erosión crónica, al contrario que la intensa erosión generada por una tormenta, puede destruir algunos nidos colocados en la parte baja de la playa, aunque estas pérdidas frecuentemente son sobreestimadas. Como regla general, los nidos solo deben ser reubicados cuando estén en una sección tan baja de la playa que serían lavados diariamente por la acción de las mareas o si están ubicados en áreas de alto riesgo bien conocidos, y que rutinariamente experimentan una seria erosión y pérdida de nidos (p. ej., nidadas depositadas cerca de desembocaduras de ríos o debajo de huecos formados por la erosión de acantilados).

Estructuras de Protección en Playa

Algunas veces las propiedades costeras son protegidas de la erosión con diversas estructuras. La protección puede incluir acantilados artificiales, revestimientos rocosos, estructuras con sacos de arena, cercados de arena, gaviones y otras construcciones rígidas. Estas estructuras de protección de playa pueden eliminar el hábitat de anidación, incrementar la erosión, bloquear el acceso a las tortugas que van a desovar y atraparlas de manera fatal. Las estructuras que se construyen perpendiculares a la playa y que intentan controlar el movimiento de la arena paralelo a la costa (p. ej., muelles y escolleras) representan amenazas similares a los hábitats de anidación. Tales estructuras generalmente incrementan la erosión en las playas arenosas ubicadas corriente-abajo.

La mejor manera de reducir la amenaza de estas estructuras es eliminar la necesidad de utilizarlas. Cualquier estructura permanente construida de manera adyacente a la playa o en la duna primaria es probable que llegue a ser amenazada por la erosión. Así, el desarrollo en las inmediaciones de las playas de anidación de las tortugas marinas deberá ceñirse a determinados requisitos, en cuanto a mantener algunas de sus características originales, para que sea adecuada para la conservación. En playas relativamente estables, no deberá construirse en un espacio de aproximadamente 50 m a partir de la zona media de marea alta. Esta distancia deberá

incrementarse en las playas con ciclos de erosión y acreción más dinámicos. Si las construcciones llegan a estar amenazadas por la erosión, ellas deberán ser desplazadas tan lejos del mar como sea posible; las estructuras de protección (las cuales son caras y frecuentemente poco útiles) deberán ser el último recurso. El reemplazo (restitución) de las arenas de la playa es una mejor alternativa que la construcción de estructuras de protección, aunque presenta su propio conjunto de consecuencias perjudiciales (ver abajo).

Restitución Artificial de la Playa

La restitución artificial de la playa (algunas veces denominada como “realimentación” de la playa o reconstrucción) es el reemplazo artificial de la arena que se ha perdido por erosión. Como las estructuras de protección de la playa, la restitución artificial solo llega a ser necesaria cuando las construcciones valiosas hechas por el hombre son amenazadas por la erosión (aunque puede haber incentivos adicionales, tales como la necesidad de incrementar la amplitud de una playa turística). Los métodos de restitución pueden incluir el vertimiento mecánico o por bombeo, de fuentes externas de arena, o el acarreo de la parte inferior de la playa y su depósito en la parte superior.

Aunque la restitución de la playa es una alternativa preferible a la construcción de estructuras de protección, no carece de efectos negativos. La disponibilidad de una playa reconstruida, como hábitat de anidación depende de la calidad de la arena utilizada y del(os) método(s) de depósito. Algunas playas rellenadas tienen una cantidad excesiva de limos y arcillas así como de partículas de conchas y la distribución espacial de los granos de arena puede estar pobremente distribuida. Estas condiciones pueden dejar a la playa restituida, propensa a la formación de pendientes abruptas y la arena puede estar demasiado compacta para permitir la excavación de nidos a las tortugas. La arena en las playas restituidas puede variar enormemente en contenido de humedad, reflexión solar y conducción térmica, lo cual puede afectar la anidación, el éxito de la eclosión y la aptitud de las crías (revisado por Crain *et al.*, 1995).

Si la restitución artificial es seleccionada como una estrategia de manejo, ésta deberá llevarse a cabo fuera de la temporada de anidación-eclosión, pues en caso contrario, puede enterrar los nidos y destruir los huevos. El traslado de los nidos antes de llevar a cabo

la reconstrucción es una manera incompleta de proteger a los nidos del enterramiento. Existe la probabilidad de que el transporte induzca la mortalidad (de los embriones) y que el personal encargado de la recolección no localice algunos nidos. Información de Florida (EE.UU.) indica que aproximadamente el 8% de los nidos recién depositados por las tortugas es identificado incorrectamente como intentos abandonados, independientemente del grado de entrenamiento del personal. Generalmente, las actividades de restitución se realizan de manera ininterrumpida, tanto de día como de noche, y requieren de iluminación, actividades y equipo que puede ser perjudiciales para la anidación y fatales para las crías.

Las playas en las que no se lleva a cabo este proceso pueden “emparejar” la arena que se ha erosionado. No es claro cómo un buen control de calidad de la arena y la selección adecuada de los métodos de dispersión puede reducir las diferencias entre las arenas naturales y las adicionadas. El criterio más importante con el cual se juzga a las playas tratadas, es la semejanza de la compactación de la arena agregada con la de la original. Crain *et al.* (1995) ofrece un ordenamiento de valores de compactación y métodos con los cuales puede medirse esta variable. Las playas restituidas que quedan demasiado compactadas generalmente son labradas, sin embargo, no se ha determinado si esto suaviza significativamente las arenas de la playa.

Extracción de Arena

La actividad minera en las playas remueve grandes cantidades de arena que son utilizadas como relleno en la fabricación del concreto o para otras actividades de construcción. La extracción de arena disminuye el perfil de la playa y promueve su inestabilidad. La remoción constante de arena de la playa altera la vegetación y su función como estabilizadora del sustrato, incrementa la erosión y puede eliminar el hábitat de anidación. Esta actividad no deberá ser permitida en las playas de anidación de las tortugas marinas.

La actividad minera comercial extrae arena a una mayor velocidad que la velocidad con la que es reemplazada por los procesos costeros naturales, por lo que es una seria amenaza si se efectúa durante o en los límites de la temporada de anidación-eclosión. El traslado de nidos fuera de las playas afectadas por esta actividad es una solución insuficiente a esta amenaza. Cabe hacer notar que la extracción minera

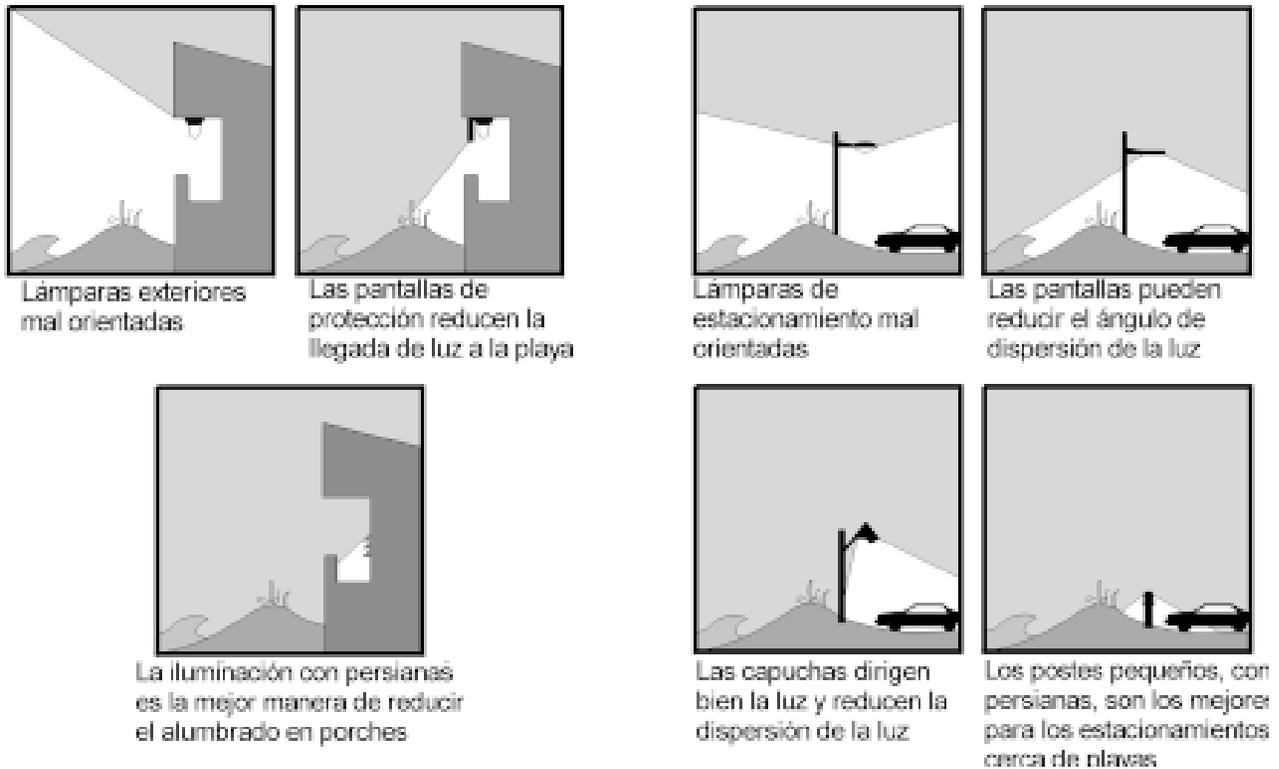


Figura 1. Técnicas de manejo de luz para las construcciones y lámparas colocadas en postes cercanos a las playas de anidación de tortugas marinas.

de arena en playas que están corriente-arriba o corriente-abajo de un hábitat de anidación también degradan a este último, puesto que la extracción de arena a gran escala altera el complejo intercambio de sedimentos a lo largo de la costa. De manera similar, la extracción de sedimentos del agua cerca de las playas debe ser cuidadosamente evaluada para detectar los posibles efectos en la erosión de la playa, dado que el material ubicado afuera de la costa es esencial para el mantenimiento natural de la playa. Se recomienda que los sitios de extracción de arena sean confinados a canteras tierra adentro o a lugares fuera de la costa y que sean cuidadosamente evaluados.

Iluminación en la Playa

La iluminación de la playa cerca de las playas de anidación detiene la anidación de las tortugas marinas e interfiere con la habilidad de las crías para desplazarse de los nidos al mar. En parte, las crías llegan al mar al orientarse hacia el horizonte más luminoso (ver la revisión de Witherington y Martin, 1996). La brillantez de la iluminación artificial puede desviar a las crías lejos del mar y dejarlas vulnerables a la deshidratación, el cansancio y la depredación.

Como consecuencia, cualquier tipo de iluminación artificial visible desde la playa de anidación puede causar alta mortalidad en las crías.

Para identificar a las fuentes luminosas que representan problemas deben llevarse a cabo recorridos nocturnos. Un inspector deberá caminar a lo largo de toda la playa a la altura de la línea de marea buscando las fuentes de luz artificial. Deberá registrar y describir cualquier fuente de luz visible desde la playa, incluyendo su ubicación, apariencia y los métodos por los cuales puede corregirse (ver métodos mas abajo).

Deben llevarse a cabo varias inspecciones, porque los problemas con la iluminación artificial pueden desarrollarse durante el período de anidación-eclosión. Llevar a cabo una investigación antes del inicio de la temporada de anidación les dará a los administradores de programa el tiempo necesario para corregir los problemas potenciales de iluminación y las inspecciones de seguimiento que se desarrollen a lo largo de la temporada e indicarán las correcciones que deberán ser realizadas.

Hay muchas maneras de modificar las fuentes luminosas para reducir su efecto en las tortugas marinas (Witherington y Martin, 1996). Aunque los cambios

permanentes son mejores, las modificaciones temporales hechas durante la temporada de anidación-eclosión pueden ser suficientes para proteger a las tortugas marinas. Las soluciones aplicadas con mayor frecuencia son las siguientes:

1. Apagar las luces durante la temporada de anidación-eclosión. Esta es la solución más simple, más efectiva y menos costosa, pero posiblemente no sea aceptada por los propietarios en casos en los cuales la iluminación sea esencial para su seguridad o por otras razones.
2. Disminuir, proteger, suspender y/o redirigir las luces. Estas acciones son efectivas en la medida en que reducen la cantidad de luz que llega a la playa. La vegetación de las dunas, las construcciones existentes y las pantallas opacas pueden ser utilizadas para ocultar las fuentes luminosas. Los accesorios diseñados para controlar la luz y que son dirigidos hacia abajo y lejos de la playa, están entre los mejores tipos de alumbrado para utilizar cerca de las playas de anidación de las tortugas marinas (Figura 1).
3. Cerrar las cortinas o las persianas cuando inicia la oscuridad y aplicar un tinte oscuro o película a las ventanas que están orientadas hacia la playa. Las luces del interior de las construcciones pueden ser reducidas moviendo las lámparas lejos de las ventanas que dan hacia la playa.
4. El uso de fuentes luminosas que las tortugas marinas tengan poca capacidad de ver. Las fuentes que emiten pequeñas cantidades de luz de corta longitud de onda (p. ej., fuentes de luz amarillo puro o roja) son menos perturbadoras para la anidación y la eclosión de las crías, que las fuentes que emiten grandes cantidades de este tipo de luz (p. ej., violeta, azul y fuentes verdes o cualquier foco que parece dorado o blancuzco). Las lámparas de sodio a baja presión (no deben confundirse con fuentes de vapor de sodio a alta presión) son las fuentes luminosas con los amarillos más puros y probablemente son la mejor opción disponible en el mercado, para ser utilizada cerca de las playas de anidación. Los focos amarillos de luz incandescente, comúnmente conocidos como “luces contra insectos” son aceptables si se utilizan en pequeñas cantidades. Cabe señalar que ni las luces contra insectos, ni las de sodio a baja presión son completamente inocuas y que pueden afectar a algunas especies

más que a otras (Witherington y Martin, 1996); por lo que deben ser protegidas con pantallas u orientadas de manera que sean lo menos visibles desde la playa.

El manejo de la luz más que la prohibición de la luz, es la política de conservación más realista en las playas de anidación con mayor desarrollo. Para obtener la cooperación de los propietarios, ellos deberán estar seguros de que el manejo de la luz les permitirá orientarla dentro de sus propiedades a donde sea necesario, en tanto esas luces no se “filtren” hacia la playa. Witherington y Martin (1996) presentan con detalle, las técnicas de manejo de la luz en las playas de anidación de tortugas marinas.

Tráfico de Vehículos, Transeúntes y Ganado

La actividad vehicular (incluyendo el equipo de limpieza de la playa), el tráfico de transeúntes y del ganado sobre la playa tiene el potencial de exponer o romper los huevos y de interferir con la habilidad de las crías para llegar al mar. Es necesario esperar la salida de las crías de los nidos que son especialmente susceptibles a ser aplastados o aquellos en los que las tortuguitas pueden quedar atrapadas como resultado del colapso del espacio aéreo en el interior del nido.

Los vehículos pesados, tales como los automóviles, las camionetas, el equipo de movimiento de tierra y los tractores para la limpieza de la playa pueden causar mayor daño que el paso de transeúntes. Los vehículos con ruedas y orugas que penetran profundamente en la arena suave dejan surcos que pueden atrapar a las crías. Aunque las crías pueden escapar de la mayoría de las huellas de los pies, ellas generalmente escogen el interior de los surcos de las llantas para recorrer grandes distancias, consecuentemente esto disminuye sus oportunidades para entrar al mar. Las crías pueden estar reptando en las rodadas de las llantas debido a su tendencia a orientarse hacia áreas abiertas.

La limpieza mecanizada de la playa involucra el rastrillado de la basura de la playa y de los restos que arroja el mar. El rastrillado mecánico puede penetrar la playa, exponer los huevos y destruirlos. Otras consecuencias de la limpieza de la playa incluye efectos que son comunes a otras actividades vehiculares.

Durante la temporada de anidación-eclosión, el tráfico vehicular y de ganado deberá ser mantenido fuera de las playas de anidación y de las dunas,

especialmente durante la noche, que es cuando un elevado número de crías emergen de los nidos y cuando las hembras de la mayoría de las especies intentan anidar. Debido al efecto de la marea en la anchura de la playa, pocas veces se puede limitar el paso de vehículos o de ganado hacia la parte baja de la playa, en donde la anidación es poco frecuente. No es justificable el traslado de nidos para mitigar el daño puesto que no se sabe que tan grande es la mortalidad que producen estas actividades y por lo tanto deberá darse prioridad a los esfuerzos para remover las amenazas.

En los lugares donde se requiera el uso de vehículos para accesos de emergencias, aplicar la ley o para llevar a cabo actividades de investigación o de manejo, solo debe permitirse el paso de vehículos con llantas de baja presión (<35 kPa o 5.0 psi, como las de la mayoría de las motocicletas todo-terreno que tienen “ruedas de globo”). La actividad vehicular deberá ser restringida a la zona que está por debajo de la marca de marea alta. Donde el paso de transeúntes es frecuente, como es el caso de playas urbanas o en aquellas en las que se realiza limpieza mecanizada, los nidos deben ser acordonados para protegerlos de la perturbación. Es preferible el rastrillado manual en lugar del uso de maquinas de limpieza de playas.

Obstáculos

Los desechos (p. ej., cuerdas, sedales, vidrios, metales, plásticos y unicel), equipo de trabajo y recreacional (p. ej., sillas, asoleaderos, sombrillas, vehículos estacionados, embarcaciones, tubos, latas desechadas, toldos), estructuras (p. ej., cabañas, chozas, corrales de animales, caminos con tablas, cercados), y otros obstáculos tienen la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías.

Las basuras potencialmente dañinas deben ser removidas de la playa a intervalos regulares. La limpieza completa de la playa (desde la extracción de grandes fragmentos hasta la remoción de acumulaciones poco densas de las algas arrojadas a la playa) algunas veces es necesaria, pero puede ser perjudicial. Las algas marinas y otros restos nunca deberán ser enterradas en la playa durante la temporada de anidación-eclosión.

La mayoría de las amenazas derivadas del equipo de recreación pueden ser eliminadas empujando el equipo y las embarcaciones fuera de la playa al final del día. Las cabañas y chozas deben ser construidas

fuera de las áreas en donde anidan las tortugas. Las estructuras en la playa deberán ser apoyadas por un solo poste en lugar de utilizar varios, en los cuales se puedan quedar atrapadas las tortugas. Idealmente las áreas en las que no hay anidación deberían ser específicamente designadas para la botadura de las embarcaciones.

Derrames Petroleros

Los derrames petroleros frecuentemente ocurren en dimensiones catastróficas y pueden ser una grave amenaza para los ecosistemas marinos y costeros. Las tortugas marinas son solo uno, entre los muchos grupos de organismos afectados por estos eventos. Los derrames que ocurren durante la estación de anidación-eclosión pueden ser letales para todos los estadios de vida que se desarrollan en o cerca de la playa: las parejas en apareamiento, las hembras que anidan, los huevos, los neonatos y las jóvenes crías en el mar. Las actividades de limpieza de petróleo también pueden ser dañinas. El equipo de remoción de tierra puede disuadir a las hembras de anidar y destruir los nidos, las barreras de contención pueden atrapar a las crías y la iluminación durante las actividades nocturnas puede desviarlas.

Las dificultades de mitigar los efectos de los derrames petroleros en las playas de anidación de las tortugas marinas deben ser un incentivo para ubicar a las actividades de transporte de petróleo lejos de las áreas de anidación importantes. No obstante, los derrames petroleros tienden a ocurrir en casi cualquier playa. Por esta razón, muchas áreas tienen preparados equipos gubernamentales o por contrato, con gran cantidad de equipo y personal, para responder a los derrames.

Para los biólogos conservacionistas locales, la mejor estrategia para reducir las amenazas a las tortugas marinas es coordinarse con los equipos responsables de combatir estos derrames antes de que ocurran. Los equipos de respuesta o las entidades del gobierno deberán dirigirse a ellos para recibir información resumida de las temporadas de anidación y eclosión, la densidad de la anidación, la ocurrencia de especies y a quién contactar acerca de información específica sobre los nidos. Donde sea posible, el personal de los programas de conservación de tortugas marinas deberá tener un resumen con la información específica sobre la ubicación y los períodos de anidación. Este personal, también puede ayudar a reducir el daño de las actividades de limpieza

marcando con claridad las zonas de anidación (si las conocen) y examinando los las barreras de contención para localizar las crías atrapadas.

Literatura Citada

Crain, D. A., A. B. Bolten y K. A. Bjorndal. 1995. Effects of beach nourishment on sea turtles: review

and research initiatives. *Restoration Ecology* 3:95-104.

Witherington, B. E. y R. E. Martin. 1996. Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches. FMRI Informe Técnico TR-2. Florida Marine Research Institute, St. Petersburg, Florida. 73 pp.

Reducción de las Amenazas a los Hábitats de Alimentación

Janet Gibson

UNDP/GEF-CZM Project, 8 St. Mark Street, Belize City, Belize; Tel: +501 2-35739 / -30719;

Fax: +501 2-35738; email: jgibson@btl.net

Gregory Smith

Wider Caribbean Sea Turtle Conservation Network (WIDECAST), Hol Chan Marine Reserve, San Pedro, General Delivery, Ambergris Cay, Belize; Tel: +501 1-49661

La intuición nos indica que proteger de daños a las tortugas marinas, los huevos y las crías, es solo el primer paso para asegurar la sobrevivencia de las poblaciones amenazadas y en peligro. Las estrategias para reducir o eliminar las amenazas a los hábitats de anidación y alimentación deben ser una parte importante de cualquier plan de manejo (ver también Witherington, en este volumen). El hábitat de alimentación es, en un alto grado, específico para las especies; sin embargo, la mayoría de las especies dependen en gran medida de los ecosistemas costeros marinos para su alimentación. Hay algunos estadios del ciclo de vida que son excepciones, incluyendo el periodo epipelágico durante el cual se dispersan las crías (p. ej., ver Carr, 1987).

Dado que la mayoría de los administradores de recursos marinos están involucrados con aguas de jurisdicción nacional e incluso provincial, las aguas costeras reciben una gran atención para su manejo. Esto es conveniente, tomando en cuenta que la mayoría de las amenazas al medio marino provienen de actividades realizadas en el medio terrestre y por ende la zona costera es afectada desproporcionadamente. Esta sección revisa las principales amenazas a los hábitats de alimentación de las tortugas marinas en las aguas costeras, especialmente en los arrecifes coralinos y las praderas de pastos marinos. Se propone al Manejo Integral de la Zona Costera (MIZC) como la respuesta más efectiva a largo plazo. También se describen remedios específicos a amenazas persistentes (p. ej., el fondeo de embarcaciones en zonas vulnerables). Para maximizar la efectividad de los remedios específicos, estos deberán implementarse como componentes ineludibles de una estrategia holística de protección de la zona costera.

Amenazas a las Zonas de Alimentación

Disminución de la Calidad de Agua

Una reducción generalizada de la calidad del agua, particularmente relacionada con las actividades que incrementan la turbidez, es quizá, el factor más importante que afecta la zona costera. Los pastos marinos requieren de un mayor porcentaje de luz incidente que la mayoría de las plantas marinas. Su distribución está restringida por la profundidad, la temperatura y la salinidad, pero el principal factor limitante es la profundidad, porque depende de la disponibilidad de luz. Por lo tanto, las primeras áreas que son afectadas por la reducción de la claridad del agua son las praderas de pastos marinos más profundas, donde la atenuación de la luz es más severa (Kenworthy *et al.*, 1988, 1991).

La turbidez puede incrementarse por el escurrimiento de sedimentos de origen terrestre como resultado de prácticas inadecuadas de limpieza de las tierras para la agricultura, la producción forestal, la construcción de carreteras u otro tipo de desarrollos. De manera similar, el dragado con propósitos para la navegación o la ampliación artificial de la línea costera puede incrementar significativamente la turbidez cerca de la costa, afectando los pastos marinos más próximos. La alteración física del lecho marino, como ocurre durante el dragado, el uso de explosivos y el fondeo de embarcaciones, también pueden ser factores que contribuyen de manera importante a reducir el área de cobertura de los pastos marinos.

El incremento en la concentración de nutrientes (p. ej., por aguas residuales y agroquímicos) proveniente de fuentes terrígenas también puede

producir mayor turbidez, ya que los nutrientes incrementan la biomasa de fitoplancton en la columna del agua. Adicionalmente, el incremento del contenido de nutrientes generalmente favorece el crecimiento de epífitas en las hojas de los pastos marinos causando un efecto de sombra que puede destruir totalmente los pastos marinos. Si la calidad del agua se mejora, la productividad de los pastos marinos se incrementa y con una mayor penetración de la luz, la distribución de los pastos también se amplía. Como un resultado directo, los peces y otras formas de vida marina dependientes de los pastos marinos también se benefician, incluyendo a las tortugas marinas herbívoras y omnívoras (estas últimas depredan sobre crustáceos y otros invertebrados que habitan en el ecosistema de pastos marinos).

Como en el caso de los pastos marinos, la calidad del agua es un factor limitante para los arrecifes coralinos. La sedimentación y la eutroficación son los factores principales en la disminución de los arrecifes coralinos alrededor del mundo (Ginsburg, 1994). El incremento del contenido de sedimentos asfixian a las colonias de los organismos del arrecife y reducen la luz disponible para la fotosíntesis. Una fuerte sedimentación también está asociada con un menor crecimiento del coral y disminución en la diversidad, una reducción de la capa de coral vivo y del reclutamiento del coral y un decremento en la calcificación y productividad del coral (Rogers, 1990). Consecuentemente, la acumulación de sedimentos en la zona costera resultante del dragado y los escurrimientos terrígenos, son una de las mayores fuentes potenciales de la degradación de arrecifes derivada de las actividades humanas. Este efecto puede ser de larga duración, puesto que la resuspensión y el transporte de sedimentos dragados puede continuar ocurriendo años después de que el dragado se haya terminado.

Similarmente, el incremento en la concentración de nutrientes, como aquel provocado por aguas residuales sub-tratadas, pueden causar cambios en las comunidades arrecifales. Estudios en Kaneohe Bay, Hawaii (EE.UU.) demuestran que el vertimiento del drenaje incrementa la biomasa de las algas bentónicas y la del fitoplancton en la columna de agua. Esto último conduce a un incremento en la alimentación de los invertebrados filtradores del bentos, los cuales junto con las algas bentónicas, excluyen por competencia a los corales (Pastorak y Bilyard, 1985).

Las numerosas inter-conexiones entre estos

ecosistemas marinos tropicales dominantes (arrecifes coralinos y pastos marinos) amplifican los efectos negativos de las amenazas antropogénicas que actúan en cualquiera de ellos. Los pastos marinos atrapan y estabilizan los sedimentos, previniendo la sedimentación de los sedimentos en el arrecife (Ogden, 1983); simultáneamente, los arrecifes coralinos proporcionan un rompeolas natural, reduciendo la energía del oleaje y creando condiciones ideales para el crecimiento de los pastos marinos. Un cambio en uno de los ecosistemas, como resultado de las actividades humanas, generalmente tiene repercusiones en el ecosistema adyacente, ilustrándose así, su interdependencia ecológica y enfatizando la necesidad de un enfoque holístico para su manejo y conservación.

Fondeo de Embarcaciones

El anclaje indiscriminado puede resultar en un daño significativo a los arrecifes coralinos y pastos marinos; este problema se incrementa conforme el turismo y la práctica de la navegación como pasatiempo se intensifican alrededor del mundo. Las anclas extraen los pastos marinos desde la raíz, fracturando el sistema de rizomas; una vez que las raíces son desestabilizadas, la recuperación es lenta. El anclaje continuo en muchas bahías costeras de las Islas Vírgenes estadounidenses, ha reducido la cobertura de pastos marinos, por ello praderas que una vez se extendían hasta los 18.5 m ahora raramente persisten por debajo de los 4 m. Con las tasas de perturbación más altas que las de recuperación en muchas áreas, la capacidad de los ecosistemas para soportar la alimentación de las tortugas marinas está declinando (Williams, 1988).

Las anclas y las cadenas de las anclas causan una destrucción significativa a corales y otros organismos del sistema arrecifal, incluyendo aquellos localizados en las áreas protegidas; estos y otros efectos del uso múltiple de dichos ecosistemas presentan un gran desafío para el manejo de la zona costera (p. ej., Rogers *et al.*, 1988). Adicional al resquebrajamiento del coral y la mortalidad directa, las perforaciones y los canales en la estructura arrecifal causadas por el anclamiento repetitivo pueden alterar el patrón de corrientes y promover la erosión de sedimentos, causando daños adicionales. En su revisión de los impactos de las actividades de recreación sobre los arrecifes coralinos, Tilmant (1987) registró tres grandes aspectos de preocupación sobre arrecifes sujetos a un uso recreacional intensivo: veleo,

buceo y el impacto de la pesca. El autor advierte que el daño físico a los corales por las anclas puede ser extenso, por ejemplo, se estimó que el 20% de coral cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*) fue destruido en una área de anclaje popular en Florida.

Contaminación por Petróleo y por Desechos Marinos

La contaminación por petróleo y el vertimiento de alquitrán son peligros potenciales (y actuales) en muchas áreas costeras. La región del Gran Caribe alberga varias grandes refinerías y se caracteriza por su variedad de rutas marítimas activas; más de 700 000 toneladas de petróleo son transportadas por la región diariamente. El seguimiento de un derrame en el Caribe Panameño en 1986, indica que declinó la biomasa de los pastos marinos y que la infauna fue severamente afectada, los arrecifes de la zona intermareal declinaron y los arrecifes de la zona submareal sufrieron una mortalidad significativa y efectos subletales (Keller y Jackson, 1993). En adición al daño efectuado por los derrames de alto impacto, el lavado de los depósitos de los barcos cisterna produce una contaminación crónica, la cual puede producir estrés a los pastos marinos y a los arrecifes coralinos (reduciendo las tasas de reproducción, por ejemplo).

El depósito de basuras en el mar, o el vertimiento de ésta a partir de fuentes terrígenas, es una seria amenaza a la zona costera global. La muerte de organismos marinos como resultado de la ingestión de desechos o por quedar atrapados en restos de redes y otros residuos a la deriva, ha sido ampliamente conocido y publicitado (p. ej., Balazs, 1985; Laist, 1987), pero quizá menos extensamente conocida es el grado de amenaza que la basura, representa para el medio ambiente. Por ejemplo, las bolsas de plástico pueden enredarse alrededor de los corales y sofocar los tejidos subyacentes (Rogers *et. al.*, 1988). Los desechos también pueden ahogar a los pastos marinos y liberar elementos nocivos y producir otras amenazas a los hábitats de alimentación importantes.

Pesca con Dinamita y con Sustancias Químicas

El uso de dinamita, sustancias químicas y otras técnicas de demolición de coral para capturar peces, causa un daño irreparable al lecho marino y especialmente a los arrecifes coralinos. En el caso de la dinamita, se mata a una gran cantidad de peces no-objetivo, mientras que otros no flotan a la superficie y

consecuentemente no son colectados. El daño físico perpetrado por tales métodos, destruye la cimentación del arrecife, reduciendo o eliminando su capacidad para dar sustento a la fauna dependiente de estos hábitats como por ejemplo, peces comerciales, invertebrados, así como a tortugas marinas. El cloro y una amplia variedad de otras sustancias químicas son extremadamente tóxicas para los corales. La aplicación de blanqueadores con cloro u otras sustancias nocivas a los arrecifes, utilizadas para la atrapar langostas o peces (incluyendo especímenes tropicales para el comercio de mascotas) mata a los corales, envenena las áreas de crecimiento y desarrollo de los peces comerciales y degrada el hábitat de alimentación de las tortugas marinas.

Otras Amenazas

Otras amenazas a las zonas de alimentación incluyen el varamiento de barcos, ciertas técnicas de pesca (p. ej., el arrastre con redes por el fondo, el descenso de trampas o el anclaje indiscriminado con bloques de cemento sobre los arrecifes vivos), la construcción cerca de la costa (ejemplo muelles, marinas), construcciones para protección de la línea de costa (p. ej., rompeolas, escolleras), el buceo descuidado ya sea libre o con tanque (tocando, recolectando, atropellando) o la caminata sobre los arrecifes (también, una práctica común en todas las islas del Pacífico, es la recolección de piezas de coral en las áreas someras, como un medio de subsistencia). Éstas, entre otras actividades, directa o indirectamente afectan la salud o la integridad física de los pastos marinos, los arrecifes coralinos, el manglar, los estuarios y otros ecosistemas costeros relacionados.

Manejo Integral de la Zona Costera (MIZC)

Para asegurar la supervivencia de las tortugas marinas y de los hábitats de alimentación de los cuales dependen, es requisito indispensable una aproximación holística al manejo sustentable de los recursos costeros. La diversidad de amenazas que actúan sobre estos hábitats requiere de una estrategia de manejo integral, la cual pueda coordinar las actividades de muchos sectores e involucrar su inclusión en los ejercicios de planeación. El MIZC cubre esta necesidad ofreciendo un marco de trabajo dentro del cual las dependencias involucradas puedan participar de manera conjunta hacia su objetivo común: el uso sustentable de los recursos costeros (Clark, 1992).

Los componentes de una estrategia nacional deben incluir la planeación y zonificación para usos múltiples de las áreas costeras, desarrollando una red de áreas marinas protegidas, conduciendo programas de investigación y de monitoreo, identificando y satisfaciendo las necesidades legales, políticas y de lineamientos especiales, y promoviendo la educación ambiental. Los siguientes componentes son importantes para el hábitat de las tortugas marinas.

Planeación y Zonificación

Una planeación efectiva debe estar cercanamente coordinada en (o entre) los niveles gubernamentales apropiados. Los componentes del MIZC con consecuencias directas sobre los hábitats de alimentación de las tortugas marinas deben enfocarse en la recuperación de la calidad del agua. Por ejemplo, reemplazando las fosas sépticas y la descarga de aguas residuales primarias y secundarias por aguas de desecho con tratamiento terciario; perfeccionando el manejo de cuencas para reducir la erosión, disminuyendo el aporte de sedimentos en las aguas costeras; reduciendo el uso de agroquímicos para disminuir el escurrimiento de fertilizantes y pesticidas, desarrollando lineamientos con respecto al dragado, uso de explosivos y la construcción en las línea de costa, etc.

A través del proceso de zonificación para usos múltiples o la designación de Areas de Manejo Especial, pueden introducirse regulaciones particulares para ofrecer medidas de protección, o en caso de ser necesario de mitigación, para la conservación de las zonas de alimentación de las tortugas marinas. Por ejemplo, prohibir el uso de redes de arrastre para la captura de camarón en ciertas áreas (como por ejemplo, en la zona marina frente a la playa de Rancho Nuevo, México, National Research Council 1990) o introduciendo zonas de prohibición para el fondeadero de embarcaciones (Rogers *et. al.*, 1988). Uno de los métodos mas elementales para prevenir el daño a los pastos marinos y a los arrecifes coralinos por las anclas, es instalando boyas para el amarre de embarcaciones en sitios que habitualmente son utilizados como fondeadero; el uso de tecnología benigna y barata se encuentra disponible fácilmente (p.ej., Halas, 1985).

Red de Areas Marinas Protegidas

Como parte del proceso para planear un sistema de áreas protegidas marinas, las áreas de alimentación

de las tortugas marinas deben ser identificadas y cartografiadas. Las áreas mas importantes deben ser incluidas dentro de la demarcación de los parques marinos, proporcionándose así, una medida de protección normativa.

Planes de Contingencia ante Derrames de Petróleo.

En áreas sujetas al riesgo de derrames de petróleo, debe prepararse un Plan de Contingencia para Derrames Marinos, asegurando que dicha estrategia de emergencia sea efectiva y fácilmente instrumentada durante la ocurrencia de un evento de derrame. Debe desarrollarse un Índice de Vulnerabilidad del Ecosistema, los mapas deben resaltar los ecosistemas y los recursos naturales más vulnerables a la contaminación petrolera (Price y Heinanen, 1992). En el caso de que tortugas con petróleo adherido deban ser rescatadas, la respuesta del personal responsable, ante esta situación de emergencia, debe fundamentarse en un total conocimiento de los protocolos adecuados.

Monitoreo

Los programas de monitoreo de arrecifes coralinos y de la calidad de agua deben ser un componente esencial del MIZC. Un seguimiento rutinario en la zona de los arrecifes indicará cambios (positivos o negativos) con el tiempo. Los parámetros siguientes deben ser incluidos en el protocolo de monitoreo: diversidad de especies, el porcentaje de cobertura del coral vivo, las tasas de sedimentación y el censo de peces. Una amplia variedad de metodologías sobre esta temática ha sido descritas (p. ej., UNEP, 1984; Rogers *et al.*, 1994). Si se demuestra que los cambios negativos son significativos, pueden ponerse en práctica medidas apropiadas de manejo para promover la recuperación, incluyendo entre otras, la zonificación para usos múltiples o la clausura de áreas.

El manejo de la calidad del agua debe incluir el establecimiento de criterios o normas que no sólo eviten un mayor deterioro, sino que también promuevan la recuperación. En el caso de los pastos marinos, la distribución de éstos es controlada estrechamente por la profundidad de la penetración de la luz. En consecuencia, los siguientes parámetros deberán ser incluidos en los protocolos de monitoreo: sólidos suspendidos totales, clorofila a, nitrógeno y fósforo inorgánico disuelto, profundidad de Secchi y color del agua. Debe medirse el coeficiente de atenuación de

la luz con irradiómetros, los cuales detectan las longitudes de onda de la luz utilizada por los pastos marinos (Kenworthy *et al.*, 1991).

Los programas de monitoreo generalmente requieren de la coordinación entre varias agencias. Cuando este es el caso, las técnicas de colecta de datos deberán asegurar su compatibilidad para los propósitos del análisis de datos.

Educación

Para asegurar una correcta apreciación del valor de los recursos costeros y de la supervivencia de las especies en peligro, incluyendo a las tortugas marinas, así como la aceptación de los procesos del manejo costero integrado y la promoción de una estrategia participativa de manejo, debe introducirse un programa educativo a todos los niveles, desde los que toman las decisiones hasta los escolares. Deben prepararse programas especiales a grupos específicos, como pescadores, navegantes aficionados, terratenientes costeros y turistas.

Recomendaciones y Conclusiones

El objetivo del proceso del MIZC es “asegurar el uso sustentable óptimo de los recursos naturales costeros, el mantenimiento de la biodiversidad y la conservación de los hábitats críticos, proveyéndose así, las bases para el desarrollo económico a largo plazo” (Clark, 1992). Para conservar especies migratorias como las tortugas marinas, los procesos de planeación nacionales deben complementar una perspectiva internacional más amplia. Temas de discusión como la contaminación, el manejo de cuencas y la designación de áreas protegidas requieren de un enfoque multinacional (ver Trono y Salm, este volumen).

Literatura Citada

Balazs, G. H. 1985. Impact of ocean debris on marine turtles: entanglement and ingestion, p.387-429. *In:* R. S. Shomura y H. O. Yoshida (Editores), Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFC-54. U.S. Department of Commerce.

Carr, A. 1987. New perspectives on the pelagic stage of sea turtle development. *Conservation Biology* 1:103-121.

Clark, J. R. 1992. Integrated Management of Coastal

Zones. FAO Fisheries Technical Paper No. 327. United Nations/FAO, Rome. 167 pp.

Ginsburg, R. N. (Compilador). 1994. Proceedings of Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History, 1993. Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science, University Miami Press. 385 pp.

Halas, J. C. 1985. A unique mooring system for reef management in the Key Largo National Marine Sanctuary, p.237-242. *In:* C. Gabrie y B. Salvat (Editores), Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Vol. 4. Antenne Museum-Ephe, Moorea, French Polynesia.

Keller, B. D. y J. B. C. Jackson (Editores). 1993. Long-term Assessment of the Oil Spill at Bahia Las Minas, Panama. Synthesis Report, Vol. II: Technical Report. OCS Study MMS 93-0048. Minerals Management Service, U.S. Department of Interior. 1017 pp.

Kenworthy, W. J., G. W. Thayer y M. S. Fonseca. 1988. The utilization of seagrass meadows by fishery organisms, p.548-560. *In:* D. D. Hook *et al.* (Editores), The Ecology and Management of Wetlands, Vol. I: Ecology of Wetlands. Timber Press, Oregon. 592 pp.

Kenworthy, W. J., J. Haunert y D. Haunert (Editores). 1991. The Light Requirements of Seagrasses: Proceedings of a Workshop to Examine the Capability of Water Quality Criteria Standards and Monitoring Programs to Protect Seagrasses. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFC-287. U.S. Department of Commerce. 181 pp.

Laist, D. W. 1987. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 18(6 Part B):319-326.

National Research Council. 1990. Decline of the Sea Turtles: Causes and Prevention. National Academy Press, Washington D.C. 259 pp.

Ogden, J. C. (Editor). 1983. Coral Reefs, Seagrass Beds and Mangroves: Their Interaction in the Coastal Zone of the Caribbean. Report of a Workshop held at West Indies Lab., St. Croix, U. S. Virgin Islands, May 1982. UNESCO Reports in Marine Science 23:1-16.

Pastorak, R. A. y G. R. Bilyard. 1985. Effects of sewage pollution on coral-reef communities. *Marine Ecology Progress Series* 21:175-189.

- Price, A. R. G. y A. P. Heinanen. 1992. Guidelines for Developing a Coastal Zone Management Plan for Belize. World Conservation Union (IUCN), Gland, Switzerland. 37 pp.
- Rogers, C. S., L. McLain y E. Zullo. 1988. Damage to coral reefs in Virgin Islands National Park and Biosphere Reserve from recreational activities. *In: Proceedings of the Sixth International Coral Reef Symposium, Australia Vol. 2:405-410.*
- Rogers, C. S. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series 62:969-977.*
- Rogers, C. S., G. Garrison, R. Grober, Z. Hillis y M. A. Franke. 1994. Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic. U.S. National Park Service, Virgin Islands National Park, St. John.
- Tilmant, J. T. 1987. Impacts of recreational activities on coral reefs, p.195-214. *In: B. Salvat (Editor), Human Impacts on Coral Reefs: Facts and Recommendations. Antenne Museum, EPHE, French Polynesia.*
- United Nations Environment Program 1984. Coral Reef Monitoring Handbook. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 25. Nairobi. 321 pp.
- Williams, S. L. 1988. *Thalassia testudinum* productivity and grazing by green turtles in a highly disturbed seagrass bed. *Marine Biology 98:447-455.*

Reducción de la Captura Incidental en Pesquerías

Charles A. Oravetz

Protected Resources Division, NOAA National Marine Fisheries Service, Southeast Regional Office (Koger Building), 9721 Executive Center Drive North, St. Petersburg, Florida 33702 USA;

Tel: +1 (813) 570-5312; Fax: +1 (813) 570-5517; email: chuck.oravetz@noaa.gov

La captura incidental en las pesquerías ha sido ampliamente reconocida como un factor de alta mortalidad en tortugas marinas. Varios tipos de artes de pesca, incluyendo redes de arrastre camaroneras y chinchorros, son fuentes conocidas de daños y mortalidad. Pritchard *et al.* (1983) propusieron tres soluciones para reducir la mortalidad: restringir las actividades pesqueras en las áreas y durante las temporadas en las que se agregan las tortugas marinas, traer hacia la superficie las redes de arrastre y otras artes de pesca con mayor frecuencia y utilizar dispositivos excluidores para liberar a las tortugas durante los arrastres. La descripción y el análisis del problema de la captura incidental elaborado por Pritchard *et al.* (1983) hace más de década y media, constituían la mejor información disponible en esa época. Aunque aún hay mucho por aprender acerca del alcance y las soluciones para la captura incidental de las tortugas por las artes pesqueras, ahora se dispone de nueva información.

En una extensa revisión sobre las amenazas a las tortugas marinas realizada en Estados Unidos por el National Research Council (1990), la pesca de arrastre por barcos camaroneros fue señalada como la más importante fuente de mortalidad de tortugas asociada a las actividades humanas, puesto que afecta a "juveniles, subadultos y reproductores en las aguas costeras estadounidenses". En el informe, se estima que la mortalidad anual de caguama (*Caretta caretta*) y lora (*Lepidochelys kempii*), tortugas asociadas con la pesca de camarón, varía entre 5,500 y 55,000 tortugas. También fueron citadas como fuentes importantes de mortalidad, las redes de arrastre de otras pesquerías, las redes agalleras, los palangres y la mortalidad por desechos de artes de pesca tirados al mar, en los cuales quedan atrapadas las tortugas marinas. Este

tipo de mortalidad ocasionada por desechos de redes fue incluida bajo el rubro general de "enredado", pero hubo poca discusión acerca de la captura de tortugas marinas por medio de anzuelos y sedales de la pesca deportiva.

La información actual indica que las mayores fuentes de mortalidad de tortugas marinas por artes de pesca alrededor del mundo son: (1) las redes de arrastre, (2) los palangres pelágicos y de fondo, (3) las redes agalleras y de trampa (como los chinchorros con bolsa y las almadrabas), (4) el enredado en cabos de boyas o de trampas, y (5) los sedales y anzuelos de la pesca comercial y deportiva. Es propósito de este capítulo, resumir la información disponible acerca del impacto de las artes de pesca en tortugas marinas, conocer o estimar la magnitud de la captura de cada tipo de arte y las posibles soluciones para reducirla. En donde sea posible, las tortugas comatosas recuperadas dentro de las artes pesqueras deberán ser resucitadas (el método se describe líneas abajo).

Arrastre

El arrastre es un arte sumamente eficiente en la captura de una amplia variedad de crustáceos y peces alrededor del mundo. Se usan varios tipos de redes, con tamaños que varían desde 10 ft (3 m) de longitud de relinga (utilizadas para la pesca artesanal y deportiva) hasta las de arrastre masivo de uso comercial, cuya longitud de relinga es de 200 ft (61.5 m). Afortunadamente para las tortugas marinas, el arrastre masivo generalmente se efectúa sobre especies de agua fría, donde difícilmente se encuentran las tortugas marinas. Sin embargo en la pesquería de camarón del Golfo de México estadounidense, es frecuente que los grandes barcos camaroneros utilicen

hasta 4 redes de arrastre de 100 ft (30.75 m) simultáneamente.

Valoración del Problema

A escala global, no hay estimaciones reales de la extensión de la pesca de arrastre para captura de camarón en áreas a las que concurren las tortugas, pero frecuentemente se cita que esta captura incidental es muy significativa. Considerando como referencia el esfuerzo de la pesca de arrastre para captura de camarón alrededor del mundo y haciendo suposiciones acerca de la tasa de captura (con base en las capturas realizadas en aguas de jurisdicción estadounidense) una estimación razonable de la mortalidad anual de tortugas marinas por la pesca de arrastre alrededor del mundo es de 150,000 organismos.

En las aguas tropicales mundiales, el camarón es la especie más importante que se captura con redes de arrastre. Los peces también son capturados en grandes cantidades, aunque no siempre como pesca objetivo, sino de manera incidental en los arrastres para la pesca del camarón. Sin embargo, independientemente de cuales sean las especies objetivo, si los arrastres de fondo ocurren en hábitats frecuentados por las tortugas marinas, éstas serán capturadas incidentalmente. Incapaces de subir a la superficie para respirar, muchas de ellas se ahogan al quedar atrapadas en la red.

Mitigación

El uso de dispositivos excluidores, la reducción de los tiempos de arrastre y/o al área de barrido están entre las opciones que previenen o reducen la mortalidad de tortugas. Los dispositivos excluidores de tortugas (DET) han llegado a ser la medida estándar para la reducción de la mortalidad de tortugas marinas por la pesca de arrastre para camarón y, en menor extensión, de peces. El principio del DET es simple: en la red se instala una barrera de intersección con una apertura a través de la cual la tortuga marina, voluntaria o involuntariamente escapa. Pequeñas aberturas en el DET, ya sea espaciadas entre las barras de metal de la parrilla de intersección o paños de red con una luz de malla grande (8 in / 20 cm), permiten que la mayoría de las especies objetivo pasen a través de las aberturas hasta el copo ubicado en la parte posterior de la red.

Los trabajos de investigación del US National Marine Fisheries Service (NMFS), los pescadores y

las universidades, han demostrado que algunos tipos de DET's trabajan de manera más eficiente tanto en la retención de las especies objetivo como en la liberación de las tortugas marinas. Probablemente en todos los DET's se pierde algo de la captura objetivo y aunque el camarón es un nadador débil, logra escaparse a través de la apertura de liberación de tortugas, o por otro lado, los grandes peces que no logran pasar a través del DET pueden huir a través de la apertura de escape de las tortugas. Sin embargo, a pesar de algunos inconvenientes, actualmente el DET es la mejor solución técnica ya que permite a las tortugas escapar de los arrastres con un mínimo de afectación en el objetivo de la captura. La investigación y la experiencia confirman que los DET tipo parrilla ("duros") parecen ser los más efectivos para ambos propósitos. Los DET's de paño de malla ("suaves") desvían una gran proporción de camarón a través de las aperturas de escape y en las bolsas que se crean en la red pueden quedar atrapadas las tortugas.

Un aspecto que se ha pasado por alto en la pesquería de arrastre del camarón, es el uso de las redes de ensayo y/o de los arrastres de muestreo. Estos arrastres son realizados frecuentemente para indicarle al pescador lo que las redes grandes están capturando y se cree que tienen poco impacto en la mortalidad de las tortugas marinas. Sin embargo, en casi 20,000 horas de arrastre efectuadas entre 1992 y 1995 en aguas estadounidenses, se capturaron 41 tortugas en las redes de ensayo, de acuerdo a lo reportado por los observadores de la NMFS para una tasa de captura de aproximadamente 0.002 tortugas/hora red/red de prueba (el tamaño promedio de una red de prueba es de 15 ft o 4.6 m). En comparación Henwood y Stuntz (1987) reportaron una tasa de captura de 0.0031 tortugas/hora red/100 ft (30.75 m) de red, con datos colectados en los arrastres comerciales entre 1973-1984. Aunque la mayoría de las tortugas capturadas por las redes de ensayo estaban vivas cuando fueron llevadas a bordo, se desconoce su destino final.

Reducir el tiempo que se remolca la red puede favorecer la sobrevivencia de las tortugas marinas bajo ciertas condiciones. Sin embargo, investigaciones recientes y la revisión de información fisiológica sugieren que la inmersión forzada de las tortugas, aunque sea por algunos minutos, causa cambios en la química sanguínea. La recuperación a los valores normales depende de la duración de la inmersión y del tamaño de la tortuga. Para que las tortugas

pequeñas se recuperen, aunque la inmersión forzosa haya durado unos cuantos minutos, pueden requerirse hasta 24 horas. Por tanto, cuando el objetivo es la conservación de las tortugas marinas, reducir los tiempos de arrastre de la red no es una alternativa viable al uso de DETs.

Palangres Pelágicos

Los palangres utilizados para la captura de especies pelágicas, tales como el pez espada y otros picudos, atunes y tiburones consiste de una línea superficial (línea madre) con boyas en cada extremo y líneas de diámetro más pequeño (algunas veces llamadas reinales) espaciadas uniformemente a lo largo de la línea madre. En los reinales se colocan anzuelos con carnada que cuelgan verticalmente en la columna de agua. Los palangres pueden tener varias millas de longitud y son extendidos desde las embarcaciones y dejados a la deriva, usualmente durante toda la noche. Las líneas se recuperan después de un tiempo determinado y la captura se trae a bordo. Hay una creciente evidencia de que las tortugas marinas muerden los anzuelos cebados y se enredan en los reinales. La mayoría de los animales no-objetivo capturados en los palangres, son liberados vivos y con los anzuelos alojados en el tracto gastrointestinal. Hay una acumulación creciente de evidencias que dan testimonio que muchas de las lesiones son fatales y un gran número de tortugas eventualmente mueren. El pez espada, la especie objetivo más común, tiende a concentrarse a lo largo de las zonas de frentes con alto relieve topográfico y alta productividad biológica. Generalmente en estas mismas áreas se concentran las tortugas marinas, creando un escenario adecuado para la pesca incidental.

Valoración del Problema

No hay estimaciones en el ámbito mundial acerca de la captura incidental por palangres pelágicos, pero se calcula en millones el número de anzuelos usados cada año. El Centro de Ciencias Pesqueras del Noreste-Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS Northeast Fisheries Science Center) ha estimado una captura de 1,218 tortugas marinas en la pesquería del pez espada durante 1992, mientras que la flota palangrera española (operando en el Atlántico Oriental y el mar Mediterráneo) ha capturado anualmente más de 20,000 subadultos de caguama (Aguilar *et al.*, 1995). Sin embargo, esta última

cantidad representa solo una fracción del total capturado en la región.

Pocos datos se tienen disponibles para los océanos Pacífico e Indico. En 1990, investigadores japoneses estimaron que la flota palangrera para pesca de atún con bandera japonesa y operando en el Pacífico occidental y en los mares del Sur de China, capturaron anualmente 21,200 tortugas con una mortalidad de 12,296 organismos (Nishemura y Nakahigashi, 1990); en 1991 las estimaciones adicionales del NMFS en la captura de tortugas por la flota palangrera con base en Hawaii, fue de 1,232 tortugas, de las cuales murieron 517. En una escala global, se estima que la mortalidad de tortugas marinas ocasionada por palangres usados por la flota japonesa para la pesca de atún es del 42% (Nishemura y Nakahigashi, 1990).

Mitigación

Las medidas de mitigación para reducir la captura de tortugas marinas, deben incluir la investigación de la distribución y abundancia de las tortugas marinas así como una reducción en el esfuerzo pesquero cuando las tortugas marinas ocurren en grandes concentraciones. Las alternativas incluyen: limitar los permisos para esta pesquería, modificar las cuotas de pesca, establecer límites estacionales con base en la distribución y abundancia de las tortugas, así como la recuperación de los palangres con una mayor frecuencia.

También debe efectuarse investigación sobre los artes de pesca para reducir las interacciones potenciales con las tortugas marinas. Deben buscarse áreas alternativas para colocar las artes, así como desarrollar nuevos tipos de anzuelos, carnadas y materiales para reducir la interacción con las tortugas. Los japoneses han informado que están desarrollando investigaciones con un material iridiscente de hule o plástico, que supuestamente las tortugas prefieren a los anzuelos cebados, sin embargo esta solución no considera la doble amenaza de las tortugas enredadas en las líneas de pesca.

La investigación sobre la disminución de la captura por palangres, aún se encuentra en una etapa muy temprana comparada con las soluciones técnicas en la pesquería de arrastre de camarón, esto es debido a que la captura incidental de tortugas por palangres es un problema que sólo se ha documentado hasta épocas recientes. Sin embargo este problema debe ser abordado ya que las pesquerías con palangres se están extendiendo rápidamente a través del mundo.

Palangres de Fondo

Los palangres de fondo se distinguen de los pelágicos en que son colocados en el lecho del mar, usualmente sobre un arrecife u otro sustrato duro. Los palangres de fondo utilizan como principio una línea principal o línea madre en la que se colocan a intervalos regulares reinales de diámetro más pequeño, con anzuelos cebados. Las especies más buscadas con este arte son los peces arrecifales (p.ej., huachinangos y pargos). La evidencia de la captura incidental de tortugas marinas con palangres de fondo es escasas aunque tienen el potencial de capturar tortugas que habitan en arrecifes, tales como la caguama (*Caretta caretta*) y carey (*Eretmochelys imbricata*).

Valoración del Problema

No hay datos nacionales o regionales que permitan estimar la extensión global de la mortalidad de tortugas debidas al esfuerzo pesquero invertido en los palangres de fondo.

Mitigación

Las posibles medidas para reducir la captura de tortugas marinas incluyen la extracción de los palangres con mayor frecuencia, colocar las artes en áreas en donde las tortugas no se encuentra en abundancia y utilizar anzuelos degradables que no causen problemas de largo plazo a las tortugas. Se necesita más investigación para definir la extensión del problema y para encontrar las posibles soluciones.

Redes Agalleras

Generalmente hay dos tipos de redes agalleras utilizadas en las pesquerías alrededor del mundo. Las redes pelágicas de deriva (utilizadas en el océano profundo) son colocadas para capturar pez espada y otros picudos, así como tiburones, macarelas y dorados. Estas grandes redes de deriva, son una técnica de pesca no-selectiva, por lo que además de la captura-objetivo también pescan otras especies, tales como tortugas, mamíferos, aves y otras formas de vida marina. Por otra parte, también hay agalleras que se usan en las zonas costeras alrededor del mundo para capturar peces costeros. El tamaño de las mallas es variable, dependiendo de la especie-objetivo, entre 2-3 in (5-7.6 cm) de luz de malla y 12-16 in (30.5-40.6 cm) como las utilizadas en las agalleras tiburonerías.

Valoración del Problema

Por la naturaleza no selectiva de las agalleras, es probable que las tortugas marinas sean capturadas tanto en los hábitats pelágicos como en los costeros. Como un ejemplo, la captura incidental de tortugas laúd (*Dermochelys coriacea*) en la pesca de pez espada con agalleras en Chile y Perú ha sido implicada en el reciente colapso de la colonia reproductora de la costa del Pacífico de México (Eckert y Sarti, 1997). Hasta fechas recientes México poseía la colonia anidadora de tortuga laúd más grande del mundo (Sarti *et al.*, 1996). La mortalidad de tortugas marinas enmalladas en las agalleras chilenas se ha estimado que es del 80% (Frazier y Montero, 1990).

En algunas partes del mundo, tales como Brasil, la mortalidad producida por las agalleras costeras es mayor que la producida por el arrastre (María Marcovaldi, Proyecto TAMAR, com. pers.). El proyecto Tamar (Programa Nacional de Investigación y Conservación de Tortugas Marinas de Brasil) está trabajando con los pescadores para marcar y liberar a las tortugas capturadas en las redes, sin embargo este proyecto necesita ser ampliado.

Mitigación

Las medidas para reducir la captura incidental de tortugas marinas en las redes agalleras incluyen la instalación de las redes en áreas en las que es improbable que haya tortugas, limitar la profundidad o la longitud de las redes, reducir el tiempo que permanecen colocadas y en el que son revisadas, el establecimiento de cuotas o restricciones para las especies-objetivo así como utilizar un tamaño de red, que reduzca la probabilidad de captura de tortugas.

Para reducir el problema de la captura incidental en la costa oriental de Florida (EE.UU.), el Estado de Florida ha limitado el tamaño máximo de las redes agalleras a 600 yds (554 m), ha establecido una zona de conservación de tortuga blanca en la zona de mayor captura, limitando el número de agalleras permitidas a una por pescador, ha prohibido el uso de redes de trasmallo (las cuales consisten de una doble agallera con tamaños de malla variable) y ha establecido que el tiempo de inmersión de la red sea de cero (esto es, que los pescadores son obligados a recuperar la red, inmediatamente después de que terminan de instalarla). Poco antes de que estas medidas fueran instrumentadas, los ciudadanos de Florida a través de enmiendas constitucionales, vedaron el uso de todas las redes agalleras en aguas estatales en noviembre

de 1996. Los administradores de las pesquerías alrededor del mundo deben tomar nota de la situación en Florida, la cual ilustra como el clamor público puede forzar a la instrumentación de medidas de manejo severas, mientras que medidas menos restrictivas pueden ser insuficientes o tardías.

Chinchorros, Chinchorros de Bolsa (Redes de Cerco) y Almadrabas

Los chinchorros son artes que pueden ser consideradas como redes agalleras de malla pequeña, que son jaladas a través del agua para capturar peces, tanto para alimento como para carnada. Usualmente un extremo de la red se ancla en aguas superficiales o en la costa y el otro extremo es transportado por un bote o por pescadores que van chapoteando fuera del mar, entonces son jaladas hacia aguas superficiales o hacia la costa, atrapando la especie-objetivo. Los chinchorros de bolsa (redes de cerco) son soltados desde embarcaciones y de botes. Las especies objetivo son encerradas por la red y el fondo se cierra para atrapar a la especie-objetivo. Las almadrabas emplean el principio de una trampa y generalmente se anclan con estacas formando un encierro o corral de red. Una sola red longitudinal, denominada línea guía, se ubica de manera perpendicular, desde la mitad de la red y es utilizada para guiar a las especies objetivo hacia la bolsa de la red. Las almadrabas son utilizadas en bahías costeras y colocadas en aguas tranquilas.

Valoración del Problema

Los tres tipos de arte (chinchorros de arrastre, chinchorros de bolsa y almadrabas) han sido relacionadas con la mortalidad de tortugas marinas (NRC, 1990). Sin embargo, la mortalidad de tortugas marinas en estos artes, probablemente no es significativa porque las tortugas usualmente no son forzadas a permanecer sumergidas y las dimensiones de la luz de malla son demasiado pequeñas para que una tortuga se enrede. Sin embargo, las almadrabas que se instalan con menor rigidez, tienen una mayor capacidad para acumular restos y organismos marinos.

La elevada mortalidad de las tortugas marinas capturadas en las redes de cerco parece ser resultado directo de los pescadores que las matan para obtener su carne.

Mitigación

Las medidas para reducir la captura incidental de las tortugas marinas en las almadrabas incluyen la

colocación de las redes en áreas en donde la probabilidad de que haya tortugas marinas es muy pequeña. Sin embargo, basados en la evidencia disponible, es probable que muy pocas tortugas mueran en las almadrabas debido al cuidado con el que se liberan. El tipo de línea guía utilizada en algunas pesquerías con almadraba puede modificarse, algunas veces simplemente con estirar la malla se anula su capacidad de captura. En el caso de los chinchorros de arrastre y los chinchorros de bolsa, dado que estos artes son atendidos constantemente por los pescadores, cualquier tortuga que sea capturada incidentalmente puede ser liberada de la red en una forma oportuna.

Líneas de Boyas y de Trampas

En Estados Unidos y en otras partes se ha documentado que las tortugas marinas se enredan en los cabos de las boyas que señalan las anclas y las trampas para cangrejos, langostas y peces. Las tortugas caguama se alimentan de langostas espinosas y cangrejos y se ha sabido que rompen las trampas para alcanzar a los crustáceos. La tortuga lora también se alimenta de cangrejos y también se ha sabido que destruye las trampas en busca de su presa. Además de enredarse en los cabos de las boyas, es probable que algunas tortugas sean eliminadas por los pescadores por el daño que producen en el arte de pesca.

Valoración del Problema

No hay datos regionales o nacionales con los cuales estimar la extensión global de la mortalidad de tortugas marinas debida al enredado accidental en los cabos de las boyas y las trampas.

Mitigación

Las alternativas obvias para mitigar el enredado de tortugas marinas en las líneas de las boyas o las trampas son la reducción del esfuerzo de pesca, el establecimiento de zonas restringidas de pesca y el requisito de tender las artes con más frecuencia. Las acciones de manejo para conservar las langostas espinosas y las existencias de cangrejos piedra, instituidas a nivel estatal y federal en los EE.UU, han incluido restricciones a las temporadas de pesca, límites en el número y tamaño de las trampas y la instalación de paneles biodegradables en las trampas para limitar su vida útil. Algunas de estas medidas reducirían las probabilidades de que las tortugas marinas se enreden.

Sedales y Anzuelos

No es posible cuantificar la abundancia de las artes de pesca que utilizan anzuelos y sedales alrededor del mundo. Los anzuelos y especialmente los sedales desechados y arrojados al mar, tienen el potencial de impactar adversamente a todas las especies de tortugas marinas. El enganchamiento accidental y la ingestión de anzuelos son problemas adicionales.

Valoración del Problema

No existen registros nacionales o regionales con los cuales estimar las dimensiones globales de la mortalidad de tortugas marinas debidas a la captura accidental por anzuelos y sedales.

Mitigación

Además de aplicar un esfuerzo educativo generalizado no hay otras medidas obvias o razonables para reducir esta captura. Deberá recordarse a los pescadores constantemente, que no deben desechar sus artes de pesca al mar y deberán ser estimulados para que utilicen anzuelos de material degradable. El esfuerzo educativo deberá incluir información sobre la manera adecuada de liberar a las tortugas. Donde sea posible deberán establecerse programas para notificar a las agencias de protección de los recursos marinos sobre las tortugas atrapadas por sedales y anzuelos. Esto debería ayudar por lo menos a asegurar la liberación adecuada de las tortugas, el registro de incidentes y el incremento de las oportunidades para marcar y efectuar otro tipo de actividades de investigación.

Resucitación y Liberación.

Las tortugas marinas ya sea que se encuentren muertas o moviéndose activamente, deberán liberarse sobre la popa del bote. Además, deberán ser liberadas solo cuando el arrastre (u otro tipo de arte) no se esté utilizando, cuando las máquinas con las que operan las artes de pesca estén en posición neutral y en áreas donde difícilmente sean recapturadas o dañadas por las embarcaciones. Cuando las tortugas estén en estado de coma o inactivas pero no muertas, deberá intentarse la resucitación por los siguientes métodos: (1) colocando a la tortuga sobre su caparazón (espalda)

y bombeando su plastrón (las placas del pecho) con una mano o pie, o (2) colocando a la tortuga sobre su plastrón y elevando su cuarto trasero varias pulgadas por un período de 1-24 horas. La cantidad de la elevación depende de la talla de la tortuga; para las tortugas más grandes se requieren elevaciones mayores. Las tortugas que sean resucitadas deben colocarse a la sombra y mantenerlas mojadas o humedecidas.

Literatura Citada

- Aguilar, R., J. Mas y X. Pastor. 1995. Impact of Spanish swordfish longline fisheries on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* population in the western Mediterranean, p.1-6. In: J. I. Richardson y T. H. Richardson (Compiladores), Proceedings of the Twelfth Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-361. U. S. Department of Commerce.
- Eckert, S. A. y L. Sarti M. 1997. Distant fisheries implicated in the loss of the world's largest leatherback nesting population. Marine Turtle Newsletter 78:2-7.
- Frazier, J. y J. L. B. Montero. 1990. Incidental capture of marine turtles by the swordfish fishery at San Antonio, Chile. Marine Turtle Newsletter 49:8-13.
- Henwood, T. A. y W. E. Stuntz. 1987. Analysis of sea turtle captures and mortalities during commercial shrimp trawling. Fishery Bulletin 85:813-817.
- NRC [National Research Council]. 1990. Decline of the Sea Turtles: Causes and Prevention. National Academy Press, Washington D.C. 259 pp.
- Pritchard, P., P. Bacon, F. Berry, A. Carr, J. Fletemeyer, R. Gallagher, S. Hopkins, R. Lankford, R. Márquez M., L. Ogren, W. Pringle Jr., H. Reichart y R. Witham. 1983. Manual of Sea Turtle Research and Conservation Techniques, Segunda Edición. K. A. Bjorndal y G. H. Balazs (Editores). Center for Environmental Education, Washington D.C. 126 pp.
- Sarti M., L., S. A. Eckert, N. García T. y A. R. Barragán. 1996. Decline of the world's largest nesting assemblage of leatherback turtles. Marine Turtle Newsletter 74:2-5.

La Crianza y Reproducción en Cautiverio de Tortugas Marinas: Una Evaluación de su Uso como Estrategia de Conservación

James Perran Ross

*Florida Museum of Natural History, Department of Natural Sciences, University of Florida,
Gainesville, Florida 32601 USA; Tel: +1 (352) 392-1721; Fax: +1 (352) 392-9367;*

email: chuck.oravetz@noaa.gov

La controversia sobre las “granjas” de tortugas marinas ha persistido durante los últimos 30 años, con muy poco cambio en las posiciones polarizadas y con muy poco análisis objetivo. Los que están a favor promueven las granjas como un método para salvar tortugas marinas, mientras que los que están en contra, afirman que las granjas contribuyen activamente a la disminución de las mismas. Este capítulo discute las implicaciones generales de las granjas de tortugas marinas desde una perspectiva de conservación y proporciona a los lectores algunas bases para que formen su propia opinión. La discusión está restringida a la crianza de tortugas marinas principalmente para fines comerciales, y se indicará si estas actividades generan o no beneficios para su conservación. Los aspectos técnicos de las granjas de tortugas marinas rebasan los alcances de este capítulo. Wood y Wood (1980) y Jacobson (1996) proporcionan una introducción a este material.

Existen dos formas para “criar” tortugas marinas: (1) mantener adultos en cautiverio los cuales se reproducen en cautiverio y cuya progenie es criada con fines de aprovechamiento (“Cría en Cautiverio”, método también conocido como “cultivo”) y (2) coleccionar tortugas de poblaciones silvestres (usualmente en forma de huevos) las cuales son criadas en cautiverio para su aprovechamiento (“Cría en Granjas”, forma también conocida como “engorda”). Los términos aquí empleados se derivan de los usados por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés), la cual regula el tráfico comercial internacional de programas de Crianza en Cautiverio y en Granjas en diferentes maneras. Sin embargo, en este capítulo, el término

“granja” es usado de manera intercambiable para describir cualquier instalación manteniendo tortugas marinas en cautiverio, ya sea a partir de fuentes silvestres o por crianza en cautiverio, y algunas veces de ambas, para producción comercial.

Limitantes de las Granjas

Tres factores afectan la factibilidad y viabilidad económica de las granjas de tortugas marinas y de la crianza en cautiverio: su hábitat marino, su lento crecimiento (medido en décadas en la mayoría de las poblaciones silvestres), y el poco conocimiento que se tiene sobre sus enfermedades y parásitos. Ya que las tortugas marinas deben ser criadas en agua de mar, las instalaciones para su manutención requieren ubicaciones cerca del océano y sistemas caros para abastecer un flujo constante de agua. Sin excepción, los intentos para mantener tortugas marinas para fines comerciales en encierros naturales o artificiales en el mar han fallado. Las tortugas marinas tienen una fisiología típica de reptiles y las especies de mayor interés comercial (la tortuga verde, *Chelonia mydas*, y la tortuga carey, *Eretmochelys imbricata*) tienen una dieta en su medio natural de muy bajo contenido proteico y de nutrimento. Estos dos factores ocasionan que el crecimiento en condiciones silvestres sea lento, incrementando el gasto para lograr tallas comerciales. Este factor puede ser contrarrestado mejorando la calidad de las dietas y el contenido proteico, así como incrementando la temperatura del medio, pero de nuevo, esto requiere incrementos en los costos. Las tortugas marinas también están sujetas a una amplia variedad de patógenos y parásitos. En condiciones naturales y a densidades de poblaciones silvestres éstos pueden tener consecuencias imperceptibles,

pero en cautiverio donde los organismos sobreviven en hacinamiento y frecuentemente bajo condiciones poco higiénicas, las enfermedades epizooticas causan mortandades catastróficas (p.ej., Jacobson, 1996).

Estos factores crean limitantes a las granjas de tortugas marinas por las cuales deben desarrollarse sobre una base altamente tecnificada y de alta inversión de capital. Un conocimiento técnico especializado, supervisión e intervención veterinaria, sistemas de control de calidad del agua, dietas altas en proteínas cuidadosamente balanceadas y un control de temperatura del agua contribuyen a fomentar la productividad y rentabilidad de los proyectos pero con altos costos de producción. Esto ocasiona, a su vez, que los productos deban ser vendidos a altos precios. El abastecimiento del stock para las granjas a partir de fuentes silvestres es relativamente fácil, y esto puede conducir a estimaciones demasiado poco realistas sobre la cantidad de capital, tiempo y capacidad técnica que verdaderamente son requeridas para el desarrollo de una granja. Actualmente no existe ninguna granja de tortugas marinas en operación que sea económicamente exitosa y solo una granja de crianza en cautiverio de tortugas marinas-la Granja de Tortugas de la Isla Caimán, Isla Gran Caimán).

Para propósitos puramente de conservación, el financiamiento para criar un organismo se justifica para especies que se encuentren en peligro inminente de extinción y para las cuales los mecanismos de conservación *in situ* hayan sido infructuosos. Solo una tortuga marina, la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), manifiesta esta condición. Es aleccionador notar que un programa de crianza parcial en granja con su posterior liberación al medio natural (“head-start” en inglés; impulso inicial) que fue instituido para esta especie por el gobierno de los Estados Unidos fue suspendido después de 15 años y muchos millones de dólares, debido a la incertidumbre de los resultados y otras preocupaciones (Byles, 1993; Williams, 1993; Eckert *et al.*, 1994). Programas de largo plazo de “head-start”, incluyendo aquellos enfocados a la tortuga verde (Florida, EE.UU.; Huff, 1989) y la Carey (República de Palau; Sato Madriasau, 1991) también han sido discontinuados en años recientes al carecer de una evidencia de éxito.

Historia de la Cría en Granjas

Han habido tres intentos para establecer granjas de tortugas- en las islas Gran Caimán (Reino Unido)

en el Mar Caribe, en la isla Reunión (Francia) en el Océano Indico, y en las islas del Estrecho de Torres (Australia), todas con tortuga verde. También se iniciaron o planearon instalaciones en Suriname (Reichart, 1982) y en Indonesia, y en la actualidad unas están bajo desarrollo en Cuba.

Granja de Tortugas en Cayman

La “Granja de Tortugas Caimán” (CTF por sus siglas en inglés) fue iniciada bajo el nombre Mariculture Inc. en 1969, usando huevos de tortuga verde obtenidos en Costa Rica. Al principio se intentó criar tortugas en ambientes semi-naturales, pero rápidamente se hizo la conversión a un sistema de tanques cerrados localizado en la Isla Gran Caimán. El pie de cría (tortugas adultas) fue obtenido en México, Suriname, Costa Rica y la Isla Ascención e inició su reproducción en cautiverio (puesta de huevos) en 1973. La mayoría de la producción de la granja era a partir de huevos silvestres colectados bajo licencia en Isla Ascención, Suriname, y Costa Rica (por lo que se consideraría “cría en granja” bajo nuestras definiciones). La granja llevaba a cabo estudios sobre la biología reproductiva de tortugas marinas y exitosamente logró obtener la reproducción de tortugas criadas bajo cautiverio en 1975, por lo que para 1978 discontinuó la importación de huevos silvestres, apoyándose completamente para su producción en el stock tanto silvestre como el criado en cautiverio. Se suscitó una gran controversia sobre si la CTF había logrado legítimamente una adecuada reproducción en cautiverio, y se manifestaron preocupaciones acerca de los efectos que provocaría el volver a abrir el ya muy disminuido comercio internacional de productos de tortugas marinas.

Como resultado de la oposición internacional por parte de la comunidad científica, la CTF no recibió aprobación de la CITES para comercializar internacionalmente sus productos. En 1979, CITES adoptó una definición para “reproducción en cautiverio” que requería la producción de progenie de segunda generación la cual la CTF lograba con dificultades. Sin la aprobación CITES, la granja no podía vender sus productos en ninguna parte con la excepción del Reino Unido (siendo una dependencia del Reino Unido, este comercio era considerado doméstico). Además, la Ley de Especies en Peligro de Extinción de 1973 de los Estados Unidos prevenía la importación o tránsito a través de los Estados Unidos, lo que restringió aún más la comercialización

y ventas de la CTF. La granja pasó por varios dueños y serias dificultades económicas. La adición de un componente de turismo y la diversificación de productos que incluyeron carapacho, aceite y ventas locales de carne de tortuga en Gran Caimán tampoco logró proporcionar suficientes ingresos. La CTF se declaró en bancarrota en 1975 y fue asimilada por el gobierno de las Islas Caimán en 1983. Desde entonces, la CTF ha continuado operando en una escala reducida más que nada como una instalación turística y proporcionando empleos y carne de tortuga al mercado local. La granja también libera tortugas verdes inmaduras a las aguas que rodean la Isla Gran Caimán (Wood y Wood, 1993). La granja tuvo su primer ganancia operativa en 1988, 19 años después de haber sido establecida.

Granja Corail, Isla Reunion

La crianza en granja de tortugas marinas comenzó de manera experimental en 1972 y bajo la dirección del Instituto de la Pesca (Institutes de Peches) en la Isla Reunión, un Departamento francés en el extranjero, localizado en el suroeste del Océano Índico (Lebrun, 1975). La granja se abastecía con crías colectadas anualmente de playas de anidación de tortuga verde en las islas Tromelin y Europa, localizadas a 600 y 2,000 km de distancia, respectivamente. La granja generó carne y carapacho para ventas a turistas y el mercado doméstico francés desde 1980. Varios intentos para solicitar privilegios de comercio internacional bajo CITES fueron infructuosos y la granja permanece orientada hacia un mercado local y doméstico y con un ámbito de operaciones muy reducido. La instalación ha tenido problemas persistentes de crecimiento lento y enfermedades, lo cual se ha atribuido a la dieta artificial peletizada y a las bajas temperaturas prevalentes en el agua de la localidad. En 1996-1997, la granja Corail llevó a cabo una transición hacia la piscicultura, investigación y educación. No se ha introducido stock nuevo y se ha propuesto la liberación del que está en cautiverio. Los rastros de tortugas en las dos islas de anidación de Tromelin y Europa son contabilizados regularmente para apoyar la premisa de que la colecta anual de crías no amenaza la colonia de anidación. Los datos indican fluctuaciones normales, sin encontrar disminución en ninguna de las dos poblaciones en el período de la explotación de las crías (Le Gall *et al.*, 1986).

Estrecho de Torres

Después de estudios iniciados por la Universidad Nacional de Australia, una organización creada por el gobierno Australiano para asistir en el desarrollo de las comunidades aborígenes estableció en 1970 una red de granjas de tortugas marinas a nivel comunidad en las islas del Estrecho de Torres, Australia. Huevos de tortuga verde colectados de las extensas anidaciones en las islas de Bramble Cay y Rayne fueron distribuidos a unos 150 comunitarios de las islas del Estrecho de Torres. Se enfrentó con problemas de baja eclosión y alta mortandad en las etapas iniciales del proyecto. El proyecto fue criticado por una evaluación en 1972 (Carr y Main, 1973) y reorganizado para concentrar la crianza de tortugas en nueve islas con apoyo técnico más intensivo, cada proyecto con una capacidad para 100-500 tortugas pequeñas. Durante el período de 1974-1978, el proyecto llevó a cabo investigaciones de crianza y enfermedades, así como estudios generales sobre biología de tortugas marinas en la región, pero nunca fue capaz de resolver los problemas básicos de limitaciones en el suministro de alimentos para las tortugas pequeñas así como las enfermedades y parásitos. En 1980, después de una inversión por parte del gobierno de \$6 millones de dólares Australianos, el proyecto fue suspendido.

Beneficios y Desventajas

Una variedad de ventajas y desventajas para la conservación han sido atribuidas a las granjas de tortugas marinas. Sin embargo, los argumentos en general adolecen de una falta de información objetiva o cuantificable para poder ser evaluadas, lo cual ha conducido a un discusión altamente polarizada y emocional de los factores involucrados, con poco esclarecimiento de la realidad. Ehrenfeld (1974) y Hendrickson (1974) proporcionan dos puntos de vista contrastantes.

Producción de una Fuente Alimenticia para las Comunidades Costeras en la Zona Tropical

La noción del uso de tortugas marinas para producir proteína de alta calidad dentro sistemas marinos tropicales típicamente improductivos y proporcionar alimento a los lugareños fue inicialmente apoyado por Carr (1967) aunque posteriormente fue criticado por él mismo (Carr,

1984). El alto costo de criar a las tortugas hasta a un tamaño comestible asegura que el precio de la carne de una tortuga de granja sea más alto que el de una capturada en su hábitat natural. Para recuperar gastos, los productos de las granjas de tortugas deben ser vendidos a mercados foráneos o a turistas (Ehrenfeld, 1982; Dodds, 1982). Se dice que el sabor de las tortugas de granja, las cuales se alimentan de una dieta artificial, es inferior al del producto silvestre, causando una baja aceptabilidad entre la gente de la costa la cual está acostumbrada al verdadero producto. Por lo tanto, la tortuga de granja no se ha transformado en una fuente de proteína de bajo costo como se había concebido.

Substituto de Productos Silvestres

Se ha dicho que la producción de productos de tortuga en grandes cantidades a partir de animales de granja reduciría la demanda por productos de tortugas silvestres tanto en el mercado local como en el internacional, extendiendo una protección a las poblaciones silvestres de tortugas. Sin embargo, los altos precios podrían excluir a los productos de granja de la mayoría de los mercados locales. Los críticos de las granjas y del uso comercial y del comercio internacional de las tortugas en general, argumentan que cualquier incremento en la disponibilidad de los productos en el mercado internacional estimulará la demanda, la cual las granjas existentes no serán capaces de satisfacer, incrementando así la presión sobre poblaciones silvestres y el comercio ilegal. La evidencia objetiva sobre la posibilidad de que este escenario se materialice es contradictoria, y algunas teorías económicas sugieren que tal estimulación es ilusoria. Resulta claro que se requieren regulaciones nacionales efectivas con un control estricto del comercio para prevenir el comercio ilegal, y así evitar o minimizar dicho efecto.

Remoción de Animales Silvestres para Abastecer Reproductores en Granjas

Tanto en la crianza en cautiverio como en el de granja, el abasto de animales proviene de poblaciones silvestres. Para la crianza en cautiverio, un número relativamente pequeño de adultos reproductores de ambos sexos es requerido. El alto valor reproductivo de dichos adultos a la población, determinado por estudios de modelación (p. ej., Crouse *et al.*, 1987), puede hacer que los efectos ecológicos de dicha remoción sean significativos, aunque para sustentar

esta tesis faltan datos. Para la crianza en granja, una fuente continua de huevos de las playas de anidación es requerida. Algunos esquemas para la remoción de huevos han usado modelos inaceptables de la biología de las tortugas marinas para apoyar niveles de colecta excesivamente altos (ver Heppell *et al.*, 1995). La continua remoción de la mayoría de los huevos debe eventualmente causar un colapso en la población. Sin embargo, considerando la estrategia de ciclo de vida de las tortugas marinas y la muy alta mortandad natural en las etapas juveniles, se puede argumentar que la remoción de una pequeña proporción de los huevos no ocasionará estragos sobre el reclutamiento de adultos. Se necesita más conocimiento acerca de la sobrevivencia de los juveniles y las limitantes asociadas a la densidad del reclutamiento de adultos para evaluar este factor y calcular la proporción de huevos que puedan ser colectados de manera segura.

Producción de Animales para Reabastecimiento del Medio Natural

Una proporción de las tortugas criadas en granjas pueden ser liberadas al medio natural. Debido a la supuesta alta mortandad de tortugas marinas en las tallas más pequeñas, principalmente debido a la depredación, se argumenta que el reclutamiento a las poblaciones reproductivas silvestres puede ser acentuado al liberar tortugas de mayor tamaño las cuales están sujetas a una menor depredación después del proceso del "head-starting" (impulso inicial). Los que proponen este procedimiento hacen notar los casos documentados de sobrevivencia de largo plazo de las tortugas liberadas por este programa, y el crecimiento y movimientos que sugieren que se han adaptado exitosamente a la vida silvestre (Wood y Wood, 1993). Los críticos hacen la observación de que hasta la fecha no se conoce el caso de alguna tortuga criada en granja que se haya reclutado a una población reproductiva, y argumentan que los complejos movimientos migratorios de las tortugas marinas en sus etapas de subadultos son afectados y que es poco probable que la conducta sea normal (Dodd, 1982). La conducta y los movimientos aberrantes de algunas tortugas recién liberadas han sido ampliamente documentados. La introducción potencial de enfermedades y parásitos de las tortugas liberadas a la población silvestre es también una seria preocupación (Jacobson, 1996), y hay otras preocupaciones en cuanto a la liberación de tortugas

marinas de diferentes stocks genéticos en poblaciones silvestres (Dodd, 1982). Los criterios para evaluar el éxito del “head-starting” se describen en Eckert *et al.* (1994).

Investigación

Las granjas proporcionan una oportunidad singular para estudiar algunos aspectos de la biología de tortugas marinas. El mantener tortugas marinas en cautiverio permite una manipulación y experimentación que no son posibles en el hábitat natural de las tortugas. La CTF contribuyó enormemente al entendimiento de la fisiología de las tortugas marinas, apoyando investigaciones por parte de científicos visitantes y haciendo disponibles sus instalaciones y animales para estudios (Owens, 1995). La granja se dio a la tarea de mantener y reproducir a la altamente amenazada tortuga lora en 1980 y para 1984 ya estaban reproduciendo y criando a esta especie. La granja solucionó exitosamente numerosos problemas de cuidado incluyendo nutrición, enfermedades y fisiología reproductiva. La investigación en granjas es frecuentemente dirigida a cuestiones de mantenimiento y cuidado que solo tienen una aplicación indirecta en la conservación y en las poblaciones silvestres. Sin embargo, la mayoría de los críticos aceptan que las actividades de investigación, particularmente las llevadas a cabo en la CTF, han sido ampliamente benéficas a nuestro entendimiento general de la biología de tortugas marinas.

Lineamientos CITES

Una nueva perspectiva fue introducida entre 1992 y 1994 cuando un grupo de trabajo del Comité de Animales de CITES se reunió para redactar lineamientos para la evaluación de propuestas a la CITES para criar tortugas marinas bajo la Resolución 3.15 de la Convención. Intentando ir más allá de las poco productivas discusiones del pasado, el grupo de trabajo procedió bajo dos grandes suposiciones: (1) los beneficios de conservación requeridos por la Resolución 3.15 (y también necesitados para satisfacer a un grupo conservacionista muy escéptico) deben hacerse explícitas en cualquier propuesta, y (2) la solución a todos los efectos nocivos del incremento en el comercio internacional de productos de tortugas marinas debe ser llevada a cabo por medio de un muy estricto control del comercio internacional.

Regresando a los fundamentos de la biología de las tortugas marinas, el grupo de trabajo reconoció

que debido a sus hábitos migratorios, las tortugas marinas eran raramente o nunca la jurisdicción o “propiedad” de una sola nación, y por lo tanto representaban un caso especial para CITES lo cual justificaba soluciones extraordinarias. Respondiendo a los más recientes resultados sobre la composición genética de las poblaciones de tortugas marinas, y a la muy necesaria cooperación internacional para la conservación de tortugas marinas, el grupo de trabajo propuso que las unidades genéticas de la población fueran definidas y que todas las naciones en las cuales una población pasaba tiempo fueran identificadas. Se propuso entonces que la comunicación, la cooperación y un enfoque regional para la conservación de la población fuera un componente necesario de cualquier propuesta para establecer una granja con esa población.

Para enfrentar la necesidad de controles efectivos sobre el comercio, el grupo de trabajo propuso medidas que prevendrían que los productos de tortugas marinas entraran al comercio en cualquier modo que no fuera legal, aprobó granjas, y de nuevo hizo un llamado para fomentar la cooperación internacional y bilateral entre las naciones productoras y consumidoras para lograr este objetivo.

Estos dos nuevos enfoques de las granjas permitió un escenario prospectivo donde un proyecto de granjas de tortugas marinas se convertiría en el vehículo para programas de conservación coordinados a nivel regional. La aplicación de lineamientos similares para todo el uso comercial de tortugas marinas también resulta viable. La falta de fondos para desarrollar investigación, conservación, y vigilancia es el principal impedimento para todos los esfuerzos de conservación de tortugas marinas. Al enlazar el desarrollo de granjas comerciales de tortugas marinas a actividades de conservación requeridas podrían verse favorecidos los siguientes factores: una fuente de financiamiento, un incentivo, y apoyo político para cumplir con los requisitos CITES.

Las propuestas fueron aceptadas por los miembros de la convención CITES en 1994 (Resolución CITES 9.20). Los requerimientos para una cooperación regional y el conocimiento científico y biológico permanecen aún como obstáculos difíciles de cumplir con estas guías. Aún falta ver, por un lado, si las nuevas guías pueden ser de hecho aplicadas tal y como fueron concebidas (esto es, de que sean un factor muy positivo para la conservación de tortugas

marinas), y por otro lado, si los requerimientos para la cooperación y coordinación internacional son demasiado complejos para ser viables.

La primer propuesta para cambiar el listado CITES para una tortuga marina fue sometida por Cuba en la Décima Reunión de la Conferencia de las Partes de CITES en 1997 y fracasó en la obtención de los dos tercios de la mayoría que son los requeridos para su aprobación. Se anticipan propuestas adicionales de Cuba y otras partes.

Conclusión

No es posible demostrar que las granjas de tortugas marinas, ya sea para crianza o para reproducción en cautiverio, sean directamente benéficas o que son nocivas para la conservación de poblaciones silvestres. Lo que sí se puede demostrar es que son muy caros, que requieren de un conocimiento técnico avanzado, y que son, a la fecha, de poca viabilidad económica demostrable. El enlace de granjas a las actividades directas de conservación y un estricto control de intercambio, a través de una cooperación internacional, proporciona el potencial de que las granjas pueden contribuir a la conservación de tortugas marinas, pero este potencial aún no se realiza.

Literatura Citada

- Byles, R. 1993. Head-start experiment no longer rearing Kemp's ridleys. *Marine Turtle Newsletter* 63:1-3.
- Carr, A. 1967. Caribbean green turtle, imperiled gift of the sea. *National Geographic Magazine* 131: 876-890.
- Carr, A. 1984. *The Sea Turtle: So Excellent a Fish*. Univ. Texas Press, Austin. 280 pp.
- Carr, A. F. y A. R. Main. 1973. Turtle farming project in Northern Australia. Union Offset Co. Pty., Ltd., Canberra, Australia. 42 pp.
- Crouse, D. T., L. B. Crowder y H. Caswell. 1987. A stage-based population model for loggerhead sea turtles and implications for conservation. *Ecology* 68:1412-1423.
- Dodd, K. 1982. Does sea turtle aquaculture benefit conservation? p.473-480. *In: K. A. Bjorndal (Editor), Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Ehrenfeld, D. 1974. Conserving the edible sea turtle: can mariculture help? *American Scientist* 62:23-31.
- Ehrenfeld, D. 1982. Options and limitations in the conservation of sea turtles, p.457-463. *In: K. A. Bjorndal (Editor), Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Eckert, S. A., D. Crouse, L. B. Crowder, M. Maceina y A. Shah. 1994. Review of the Kemp's ridley sea turtle headstart program. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-3. U.S. Department of Commerce. 11 pp.
- Hendrickson, J. 1974. Marine turtle culture: an overview, p.167-181. *In: Proceedings of the Fifth Annual Meeting of the World Mariculture Society*. Louisiana State University Division of Continuing Education, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Heppell, S. S., L. B. Crowder y J. Priddy. 1995. Evaluation of a fisheries model for the harvest of hawksbill sea turtles *Eretmochelys imbricata*, in Cuba. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-5. U.S. Department of Commerce. 48 pp.
- Huff, J. A. 1989. Florida (USA) terminates "headstart" program. *Marine Turtle Newsletter* 46:1-2.
- Jacobson, E. R. 1996. Marine turtle farming and health issues. *Marine Turtle Newsletter* 72:13-15.
- Lebrun, G. 1975. Elevage a la Reunion de juveniles de la Tortue Verte *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). *Science et peche. Bulletin Institute Peches Maritime* No. 248:1-25.
- Le Gall, J., P. Bosc, D. Chateau y M. Taquet. 1986. Estimation du nombre de tortues vertes femelles adultes *Chelonia mydas* par saison de ponte a Tromelin et Europa (Ocean Indien) (1973-1985). *Oceanographica Tropicale* 21:3-22.
- Owens, D. W. 1995. Book Review: *Last Chance Lost? Or is it?* *Marine Turtle Newsletter* 71:11-12.
- Reichert, H. 1982. Farming and ranching as a strategy for sea turtle conservation, p.465-471. *In: K. A. Bjorndal (Editor), Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Sato, F. y B. B. Madriasau. 1991. Preliminary report on natural reproduction of hawksbill sea turtles in Palau. *Marine Turtle Newsletter* 55:12-14.

Shaver, D. 1996. Head-started Kemp's ridley turtles nest in Texas. *Marine Turtle Newsletter* 74:5-7

Shaver, D. y C. W. Caillouet, Jr. 1998. More Kemp's ridley turtles return to South Texas to nest. *Marine Turtle Newsletter* 82:1-5

Williams, P. 1993. NMFS to concentrate on measuring survivorship, fecundity of head-started Kemp's ridleys in the wild. *Marine Turtle Newsletter* 63:3-4.

Wood, F. y J. Wood. 1993. Release and recapture of captive reared green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the waters surrounding the Cayman Islands. *Herpetological Journal* 3:84-89.

Wood, J. y F. Wood. 1980. Reproductive biology of captive green sea turtles, *Chelonia mydas*. *American Zoologist* 20:499-505.

Rehabilitación de Tortugas Marinas

Michael Walsh

Sea World of Florida, 7007 Sea World Drive, Orlando, Florida 32821 USA; Tel: +1 (407) 363-2366; Fax: +1 (407) 363-2377; email: michael.walsh@anheuser-busch.com

Transporte a las Instalaciones

Una vez rescatadas, las tortugas marinas enfermas o heridas deben llevarse lo más pronto posible a un establecimiento donde se les brinde los primeros auxilios. Las tortugas no deben someterse a la aplicación de marcas en las aletas antes de ser evaluadas, ya que en animales con síntomas de anemia severa, el marcado puede causar pérdida de sangre. Otros procedimientos, como el lavado gástrico, también debe evitarse (ver Forbes, este volumen). El personal responsable del transporte, es parte integral del esfuerzo de rehabilitación y siempre debe proporcionar información esencial acerca de los datos específicos del rescate, la condición y la conducta de la tortuga. Si las instalaciones de atención médica se encuentran muy lejos, las personas responsables de recoger y entregar las tortugas deben tener un conocimiento de los problemas básicos y las complicaciones de un cuidado inadecuado. El equipo requerido para el transporte debe incluir contenedores de varios tamaños para poder mantener cómodamente a tortugas diferentes. Cajas de fibra de vidrio o de plástico son recomendables, ya que se limpian con facilidad y pueden reutilizarse. Contenedores con esquinas redondeadas y paredes con una ligera pendiente hacia fuera, evitan que una tortuga debilitada se apoye sobre una esquina (o pared recta) y que su respiración se obstruya.

Históricamente las tortugas han sido frecuentemente transportadas con el carapacho en posición invertida para disminuir sus movimientos, pero esta posición puede ser peligrosa para muchas tortugas, así que todas las tortugas deben transportarse con el plastrón hacia abajo. Tomando en cuenta que los especímenes débiles pueden ahogarse, las tortugas no deben transportarse en agua; especialmente agua fría en tiempos de estrés por baja temperatura. El

fondo del contenedor puede recubrirse con hule espuma y encima colocar lona ligeramente húmeda. Pueden colocarse toallas húmedas sobre el carapacho; pero debe evitarse que obstruyan la respiración. El carapacho y la piel pueden cubrirse con lanolina o jalea de petróleo (como Vaselina) para evitar su desecación. No transporte tortugas en vehículos abiertos durante temporada de calor o frío excesivos; el mejor intervalo de temperatura para el transporte es de 20 a 25°C. Las tortugas no deben levantarse por las aletas, pueden recogerse asiendo ambos lados del carapacho (que puede soportar mejor su peso) o usar una camilla con correas y tubos para que le proporcione el soporte adecuado.

Auscultación Inicial y Evaluación

Un retraso en la aplicación de terapia puede ser fatal en algunos especímenes. En primer lugar, la tortuga se evalúa visualmente. La inspección visual debe categorizar la condición general del cuerpo, por ejemplo: normal, bajo de peso o demacrado. Si bien estas categorías son subjetivas, los cambios anatómicos llegan a hacerse obvios con la práctica. Las tortugas con una severa pérdida de peso presentan disminución del tejido muscular y grasa. En el área del cuello, la parte posterior del cráneo tiene una protuberancia occipital prominente, la cual queda de relieve en tortugas delgadas. Además, los grupos musculares laterales y dorso-bilaterales del cuello, los cuales con frecuencia permanecen ocultos entre otros tejidos, con la pérdida de peso, quedan expuestos. El tejido blando de las aletas delanteras y el área del hombro, también disminuye en animales adelgazados. En animales muy adelgazados, el plastrón puede llegar a deprimirse o presentar una apariencia indentada en la parte central. Las ulceraciones en la piel del plastrón, también son más

comunes en animales crónicamente débiles y las espículas óseas del plastrón pueden perforar la piel y quedar expuestas. Las cuencas orbitales de los ojos pueden tener una apariencia hundida, especialmente cuando la tortuga eleva la cabeza. Animales crónicamente enfermos, pueden estar cubiertos con balanos, gusanos, y cangrejos. Sanguijuelas sobre la piel, ojos, boca y cloaca son señales seguras de enfermedad crónica.

El tratamiento inicial dependerá del comportamiento de la tortuga. Las tortugas fuera del agua pueden parecer más inactivas y menos sensibles de lo que en realidad se encuentran. Las respuestas clínicas de una tortuga normal cuando está seca deben de discriminarse de aquellas presentadas por animales más enfermos. Al estar secas, hay que observar la respiración. Los animales más fuertes usualmente levantan su cabeza al respirar. También pueden intentar apartarse de cualquier actividad. Cuando son colocados en una pileta con agua, el movimiento de las aletas es coordinado, y la cabeza se levanta en un ángulo de 45° con cada respiración. Si el auscultador clínico no está seguro de la conducta de la tortuga, puede realizar una prueba de corta duración para el monitoreo de la natación, ello le ayudará a verificar si la tortuga está en mejores condiciones de las que aparenta. Los especímenes enflaquecidos que no levantan su cabeza en el agua para respirar, no tienen coordinación y/o flotan con las aletas colgadas, deben mantenerse inicialmente fuera del agua. La mejor manera de mantenerlos fuera del agua, es colocarlas en un contenedor cerrado con el fondo revestido con hule espuma y cubierto con una lona, tal como se describió anteriormente. Pueden usarse toallas húmedas sobre el carapacho, excepto cuando la temperatura esté abajo de los 20°C y no haya cobertores eléctricos disponibles. También, para evitar la desecación del carapacho y la piel, puede aplicarse una ligera capa de lanolina, ungüento con vitaminas A y D, o jalea de petróleo (Vaselina).

Técnicas de Diagnóstico

Después de la evaluación inicial, se toma una muestra de sangre (ver Owens, este volumen) para un análisis completo, que incluya el conteo de células y la química sanguínea. Mientras éstos resultados se encuentren en proceso, puede realizarse una determinación rápida de glucosa, utilizando una banda indicadora para glucosa, por ejemplo la Chemstrip bG (Boehringer Mannheim Corp., 9115 Hague Road,

Indianapolis, Indiana 46256 EE.UU.). Adicionalmente, los resultados del volumen de eritrocitos aglutinados y de proteína total, pueden ser importantes índices con los cuales iniciar tratamiento. Los conteos completos de células (CBC por sus siglas en inglés) y la química sanguínea, aunque son análisis de alto costo, deben realizarse en cada animal enfermo, ya que nos conducen a un diagnóstico y tratamiento más efectivo. La anemia, común en tortugas enfermas, entorpece la terapia. Puede recurrirse a los hospitales locales, para solicitar en donación algunos de sus servicios, aunque inicialmente no tendrían el conocimiento necesario para interpretar los CBC. Las radiografías (rayos X) también son esenciales. Los cultivos bacterianos de heridas y heces fecales pueden proporcionar información sobre el tipo de organismos patógenos presentes. Las heces deben examinarse para detectar la presencia de organismos parásitos. Una evaluación citológica del colon también puede ser útil para determinar la presencia de infección e inflamación.

Técnicas de Tratamiento

Hipoglucemia

Una tortuga débil puede estar hipoglucémica, este diagnóstico puede determinarse con las bandas para glucemia (Chemstrips) y verificarse con la química sanguínea. Los niveles de glucosa normales varían de 70 a 120 mg/dl, pero puede variar en individuos saludables (como en la hembras que están poniendo huevos y están delgadas - Brenda Lee Philips, com. pers., 1996). A los especímenes enflaquecidos o demacrados y que tienen niveles de glucosa <60 mg/dl, debe considerárseles como candidatos para un tratamiento con suplementos de glucosa por uno de los siguientes métodos:

1. Suplemento oral. Depende en parte, de la habilidad de la tortuga para transferir material conteniendo glucosa (líquido o como papilla) al área intestinal para su absorción. La tortuga afectada debe estar más o menos estable, permitiendo que haya tiempo para que las complicaciones tales como regurgitación o constipación, sean evidentes. Si el tracto intestinal es funcional, puede administrársele hasta 1 ml de dextrosa al 50% por kilogramo de peso corporal, de 3 a 6 veces al día. Esta solución debe diluirse con solución de Ringer, solución salina o en "papilla" para hacerla menos hipertónica.

Desafortunadamente, este volumen puede ser difícil de administrar en tortugas de reciente hospitalización, y debe tenerse cuidado en balancear la administración oral con los niveles de glucosa en el suero sanguíneo. El uso de un tubo esofágico puede ocasionar acumulación de comida en el intestino superior, regurgitación y aspiración de comida, especialmente si las tortugas son mantenidas fuera del agua. El personal involucrado en estos procedimientos debe tener amplia experiencia, debido a las complicaciones potenciales relacionadas al tratamiento. Durante el procedimiento, la tortuga es colocada en una posición vertical con la cabeza hacia arriba ya sea con el uso de un soporte o sostenida por personal de apoyo (como se discutirá en una sección posterior). Si es posible, la tortuga debe canalizarse con un tubo e introducir agua solamente o comida marcada con colorante para ver si puede retener líquidos. Si debe administrarse seco, debe colocarse en un ángulo de 45 grados para evitar la aspiración.

2. La administración intravenosa es frecuentemente el método de elección para casos de hipoglucemia severa en otras especies. Aunque puede aplicarse a tortugas marinas, tiene numerosas desventajas incluyendo la pérdida del catéter, dificultad en la colocación y el mantenimiento cuando el animal recupere la actividad, y la necesidad de incrementar personal entrenado. La administración inter-ósea es otra alternativa, pero se requiere personal médico con experiencia y un monitoreo constante (Howard Krum, com. pers., 1996). Si no se tiene cuidado, los fluidos parenterales pueden ocasionar dilución de la sangre en pacientes severamente anémicos.
3. La glucosa en la cavidad intracelómica ha sido usada para tratar hipoglucemia moderada a severa. La tortuga se coloca sobre el carapacho con la región caudal elevada para permitir que el área intestinal se deslice hacia adelante. Una aguja de calibre 20, en un ángulo de 30 grados anterio-dorsal, se inserta lentamente en la región inguinal anterior. Una solución de glucosa al 5% ha sido administrada a aproximadamente 40 individuos en cantidades de 11-17 ml/kg de peso corporal dependiendo del nivel de glucosa del suero sanguíneo. Este método es usado para ganar tiempo y permitir que el suplemento oral sea efectivo. Como en todo procedimiento de

administración de suplemento de fluidos, se requiere supervisión de un veterinario para prevenir la sobrehidratación y problemas con los electrolitos. Las muestras de sangre para la determinación de la glucosa, deben tomarse por lo menos cada 12-24 horas para verificar la respuesta ante el tratamiento. Este es nuestro método preferido para una estabilización inicial. Si la tortuga bajo medicación no absorbe la glucosa desde el principio, como puede comprobarse por la ausencia de una respuesta y una continua disminución de glucosa en el suero sanguíneo, entonces debe administrarse un bolo alimenticio vía intravenosa. Esto, comúnmente (cerca del 10%), se ha visto en tortugas verdes juveniles enflaquecidas. Tan pronto sea posible, los complementos orales deben ser utilizados como primera opción y reemplazar a los métodos inyectables.

Complementos Alimenticios

La alimentación a través de un tubo es un tratamiento común para individuos nutricionalmente debilitados, pero tiene sus limitaciones. La técnica básica involucra la implantación de un tubo flexible dentro de la región distal del esófago el cual conecta, después de un giro hacia la izquierda, con el estómago. Como resultado de la anatomía de la tortuga, el material nutricional es enviado al esófago en un volumen menor al esperado. La tortuga se coloca en un ángulo de 45-90° con la cabeza hacia arriba y extendida, para con ello enderezar el esófago y facilitar el acceso. El tubo se lubrica y la boca se mantiene en posición abierta con un bloqueador de mordidas, cubierto con hule para evitar dañar el pico y el área oral de la tortuga. Debe tenerse cuidado de no extender excesivamente la articulación de la mandíbula temporal (mandíbula inferior). La cantidad de líquido o “papilla” administrada, dependerá del tamaño y la capacidad de coordinación de la tortuga. Como orientación, una tortuga de 3 a 4 kg solo podría tolerar inicialmente unos 10 ml de “papilla”. Si la tortuga se encuentra débil, debe mantenerse en un ángulo de 45° durante unos 5 minutos, para facilitar el movimiento del material suministrado.

Para evitar la regurgitación y la aspiración, la tortuga debe colocarse en el agua tan pronto como sea posible, evitando que la cabeza tenga una inclinación más abajo que el cuerpo. Animales muy débiles pueden tener una mejor respuesta con

alimento más espeso, que tiene menos probabilidad de regresarse por la glotis. Las tortugas en condiciones muy débiles, que no puedan mantenerse a flote en el agua continuamente, pueden colocarse en el agua durante 1 a 5 minutos después de comer, para permitir que regurgiten cualquier material de exceso de una manera segura. Alguna porción de material puede ser expulsado al agua por la nariz, lo cual no indica aspiración. Los especímenes que están demasiado débiles como para ser puestos en el agua pueden ser mantenidos con la cabeza y el cuerpo ligeramente elevados.

Aún cuando al inicio del tratamiento la alimentación pueda parecer un poco desalentadora, la cantidad puede ser incrementada en el curso de varios días. El número de comidas al día se determina por la condición y estado de la glucosa en la sangre del animal. Una dieta elemental de bajo residuo, llamada Vital (Vital HN, Ross Products Division, Abbott Laboratories, Columbus, Ohio 43215-1724 EE.UU.) se substituye frecuentemente por las soluciones de glucosa. Esta dieta proporciona energía con carbohidratos y proteínas que pueden ser absorbidos sin tener que ser procesados por el hígado. Las tortugas que no estén enflaquecidas y con niveles normales de glucosa pueden ser alimentadas 3 veces al día y deben pesarse dos veces por semana, hasta que se estabilicen o aumenten de peso. Otras tortugas pueden requerir ser alimentadas de 3 a 4 veces al día, y las tortugas con baja glucosa pueden necesitar hasta 6 comidas de bajo volumen por día cuando requieran de manera crónica un complemento de glucosa. Estos animales deben pesarse diario o por lo menos cada dos días para mantener la terapia dentro de un itinerario responsivo.

Consideraciones del Tratamiento

El tratamiento de tortugas enfermas o heridas puede requerir de terapia adicional más allá de un suministro de comida, protección y antibióticos. Un animal debilitado no solo es deficiente en proteínas y grasa, también puede tener una provisión inadecuada de minerales y vitaminas en los tejidos. Las tortugas verdes juveniles (*Chelonia mydas*), por lo regular, tienen niveles de calcio extremadamente bajos que coinciden con carapachos blandos. Estos especímenes responden bien a los complementos de calcio, que se puede iniciar con la administración de gluconato de calcio, vía subcutánea, hasta que el ani-

mal puede tolerar el suplemento vía oral. La necesidad de este suplemento también puede ser indicada por los altos niveles de enzimas musculares en el panel serológico. Estos animales frecuentemente presentan una miositis severa, que puede estar relacionada, entre otros factores, a un debilitamiento nutricional que deriva en una fatiga muscular. Además, debe administrarse oralmente la vitamina E en dosis de 20-30 UI de acetato dl- α tocoferol por kilogramo de peso corporal, una vez al día durante una semana y después cada dos días por una o dos semanas. Las investigaciones necesarias para clarificar con mayor precisión los niveles requeridos, se encuentran en curso.

Si la tortuga es mantenida bajo una dieta con predominancia de pescado, debe administrarse un complejo vitamínico (Mazuri Vitamins, Purina Mills, Box 66812, St. Louis, Missouri 63166-6812 EE.UU.) en dosis recomendadas de acuerdo a la cantidad de pescado ingerida. También se le proporciona una dosis inyectada de complejo AB que incluye tiamina en una proporción de 0.6-1.0 ml por cada 22 kilogramos de peso corporal. Esto también es seguido con suplementos multi-vitamínicos orales como se mencionó anteriormente. Los animales severamente anémicos pueden beneficiarse con suplementos de vitamina K. Al inicio puede administrársele una dosis de 0.5 mg por kilogramo de peso corporal, que por lo regular es requerido solo una vez. Los especímenes enfermos también pueden presentar deficiencia de hierro al ser comparados con especímenes normales. Una dosis libre de riesgos aún no ha sido determinada, pero 0.5 mg/kg de hierro elemental por día administrada entre 10 a 14 días no ha redundado en niveles serológicos excesivos. El hierro debe ser usado con precaución y bajo supervisión veterinaria.

Se ha encontrado que la constipación es una secuela común al enflaquecimiento, la deshidratación y la debilidad en tortugas verdes juveniles. Las tortugas caguamas (*Caretta caretta*), usualmente adultas, frecuentemente tienen grandes cantidades de restos de conchas en la región inferior del tracto digestivo. Inicialmente estas tortugas fueron tratadas con cirugía, pero la sobrevivencia fue baja ya que mostraban una tendencia a anemia severa y enflaquecimiento. Se encontró que eran malos candidatos para ser intervenidos quirúrgicamente, a menos de que también se les aplicaran transfusiones sanguíneas.

Una solución médica alternativa (para la

constipación) son los estimulantes intestinales como el metacloprómido (Danbury Pharmaceutical Inc., Danbury, Connecticut 06810 EE.UU.) en dosis orales de 0.5 mg/kg cada 48 horas o, si el animal no puede alimentarse, inyectada en dosis de 0.3 mg/kg una vez al día. Este tratamiento trabaja mejor cuando se combina con aceite mineral en días alternados. Este aceite puede ser usado en una proporción de 2.2 a 3 ml/kg de peso corporal en individuos pequeños. El aceite debe ser usado solamente después de que se ha visto que la tortuga puede controlar la ingestión, dándole agua primero. También puede ser administrado en cápsulas de gelatina. Las tortugas deben colocarse en el agua después de que se les dé el aceite, para evitar la aspiración. Las tortugas más grandes pueden no necesitar tanto aceite. Una tortuga de 45 kilogramos solo puede requerir 1.0 ml/kg. Los responsables del cuidado de la tortuga deben registrar diariamente si el animal está defecando. Los sistemas de sostén de vida para las tortugas marinas son muy afectados por el aceite por lo que un fraccionador de espuma puede ayudar a mitigar los problemas. Cuando las heces fecales no son observadas y se tiene dudas sobre si la terapia haya re-establecido la movilidad intestinal normal, entonces se puede administrar oralmente bario, en dosis de 5 a 15 ml/kg, en una solución al 30%, para evaluar el movimiento intestinal. Para individuos que no puedan manejar este volumen se pueden aplicar varias dosis más pequeñas.

Muchas tortugas tienden a presentar cargas apreciables de parásitos, como las tortugas verdes juveniles con infestación de tremátodos en los tejidos y las caguamas infectadas con tremátodos y nemátodos. Las tortugas enfermas pueden ser incapaces de soportar la adición de grandes números de parásitos, de tal manera que todos los especímenes deben recibir tratamiento para tremátodos y nemátodos. Nosotros aplicamos fenbendazol para los nemátodos en dosis de 50-100 mg/kg una sola vez, repitiendo la dosis en 2 semanas; y para los tremátodos praziquantel en dosis de 16 mg/kg una vez y repitiendo el tratamiento en 2 semanas.

Instalaciones Básicas

El principal objetivo para la mayoría de los programas de rehabilitación es el de regresar los animales al medio de donde salieron. En general, las instalaciones de rehabilitación más exitosas combinan métodos de cuidado básicos, empleados muy

trabajadores y personal veterinario con experiencia. La mayoría de las instalaciones pueden encontrarse con problemas si hay demasiados animales que estén siendo retenidos más tiempo del necesario. Las tortugas deben regresarse apenas de que obtenga un estado de salud adecuado que incrementará su sobrevivencia o cuando los problemas traumáticos han sido tratados con éxito.

Las instalaciones deben incluir tanques con sistemas de filtración si no se encuentran cercanas al mar así como sistemas para enfriar o calentar el agua. Los tanques deben requerir poco mantenimiento, ser fáciles de limpiar, adaptar y reparar. La mayoría de las instalaciones usan tanques de fibra de vidrio soportados sobre el suelo, que resultan más baratos. Con el tiempo, las áreas de las uniones o suturas tienden a pelarse y las tortugas pueden ingerir piezas de fibra de vidrio, así que los encargados deben inspeccionar los tanques regularmente. Los sistemas de filtración pueden ser de arena y/o cartuchos de acuerdo a lo requerido. Mientras que los sistemas de flujo cerca de la costa tienen muchas ventajas, son muy propensos a complicaciones de la fuente del suministro, incluyendo extremos de temperatura, dependencia de la calidad del agua circundante y presencia de peligros biológicos tales como mareas rojas o contaminación. La temperatura del agua debe permanecer entre los 22 - 26°C. Las temperaturas arriba de los 28°C pueden conducir a las tortugas a un proceso de letargo y pérdida de apetito. El techado o sombreado sobre los tanques puede minimizar el calor y la luz solar excesivos y proteger de los extremos de temperatura. Las tortugas juveniles también se benefician al disponer de cobertura en el 50% de su tanque para permitirles esconderse. Esto parece disminuir los niveles de estrés, especialmente en verdes juveniles.

Los niveles de salinidad se mantienen usualmente a 32-36 ppt. Los niveles de salinidad más bajos pueden ser usados para influenciar la hidratación y la remoción de sanguijuelas y balánidos, pero solo es usualmente recomendado cuando los niveles serológicos de sodio se encuentren por arriba de lo normal. Esto puede indicar un desequilibrio en la hidratación o la ingestión de agua salada. La ingestión excesiva de agua salada, normalmente en las tortugas saludables es manejada fisiológicamente ya que es excretada. Pero esta capacidad puede verse afectada por una enfermedad. Una salinidad baja puede usarse para ayudar a las tortugas con flotación excesiva, pero

puede obligar a otras a un funcionamiento forzado para permanecer en la superficie. Cambiar los niveles de salinidad por períodos cortos también puede ayudar a controlar el crecimiento bacteriano para microorganismos que están acostumbrados a alta salinidad. Las tortugas no deben dejarse en agua dulce o salobre por períodos prolongados de tiempo sin inspeccionar los niveles serológicos de electrolitos.

El cloro ha sido usado en sistemas cerrados (aquellos en donde no se añade agua nueva constantemente) por períodos cortos para ayudar a controlar infecciones severas de piel y carapacho. Los niveles de cloro de hasta 1 ppm parecen ser benéficos.

Trauma

Heridas por Embarcaciones Acuáticas

Las heridas ocasionadas a las tortugas por propelas de embarcaciones pueden ser desde leves a severas, e incluyen laceraciones de la cabeza, heridas a los ojos, heridas a las aletas, laceraciones y fracturas del carapacho. Las heridas son inicialmente examinadas para ver la profundidad y extensión del daño. Los detritos frecuentemente están presentes, así que es necesario lavar las heridas con solución salina estéril. Las heridas crónicas, ocasionadas por propelas y que se encuentren parcialmente cicatrizadas, pueden asociarse con otros problemas secundarios tales como enflaquecimiento o incremento en la flotabilidad. Estas heridas pueden haber retenido hueso muerto y detritos, atrapados dentro de los tejidos conectados a la superficie por la región fistular. Externamente puede parecer que las heridas hayan sanado, pero cualquier apertura pequeña debe ser examinada para detectar posibles conexiones a canales para detritos.

Los botes que se mueven con rapidez pueden pegarle en la cabeza o el carapacho a las tortugas ocasionándoles fracturas. Las heridas en el carapacho también pueden involucrar fracturas a la columna vertebral, lo cual frecuentemente implica complicaciones con problemas de flotabilidad. Clínicamente, estas tortugas pueden estar bien por períodos de tiempo prolongados o pueden presentar problemas con enfermedades granulomatosas de tejidos profundos. Si la espina dorsal es dañada, puede haber un incremento en la incidencia de constipación y colitis. Históricamente, las heridas al carapacho han sido tratadas con una variedad de métodos. El uso de acrílico, fibra de vidrio u otras técnicas de parchado duro para reparar el carapacho han sido retiradas.

Mientras que estos métodos pueden estabilizar la herida, un defecto en el sellado del carapacho puede atrapar detritos e inhibir la curación. La mayoría de las fracturas del carapacho requieren de 2 a 6 semanas para que el tejido dañado se restablezca. El material utilizado como parche duro debe removerse para maximizar la curación y promover la calcificación y reparación normal del carapacho. Si es requerido un método de estabilización del carapacho, debe permitir una limpieza regular del detritos de la herida.

La mayoría de las heridas traumáticas del carapacho responden bien a la técnica con Tegaderm®. La herida es limpiada, si es necesario se remueven los detritos, y se lava con una solución de betadina al 5% (si es que la herida no penetra a los pulmones). El carapacho que rodea la herida, se limpia y se seca. Los tejidos blandos expuestos son cubiertos con un ungüento de Vaselina con antibiótico triple, evitando cubrir las orillas de la herida. Una capa de Tegaderm® (3M Health Care, St. Paul, Minnesota 55144 EE.UU.) se aplica sobre la herida con un traslape de 1.5 cm sobre el carapacho seco. Piezas múltiples de Tegaderm® pueden superponerse en el centro de la herida. Todas las orillas de Tegaderm® expuestas son unidas unas a otras y al carapacho con pegamento de cianoacrilato (p. ej., Superglue - Loctite Corp., Cleveland, Ohio 44128 EE.UU.). Se deja que el pegamento se seque por unos cuantos minutos para después regresar la tortuga al agua. Se puede remover la venda en intervalos regulares, usualmente una vez a la semana, para limpiar la herida y después reaplicar el parche.

Las heridas no cicatrizarán si la condición del cuerpo de la tortuga no es adecuada para soportar el reemplazo de tejido o si continúa perdiendo peso. Una reparación adecuada del carapacho puede requerir muchas semanas de terapia. Las tortugas no deben liberarse con parches duros, como los de fibra de vidrio.

Conmoción por Bajas Temperaturas

Cuando la temperatura del agua disminuye por debajo de la norma estacional y por períodos prolongados, aumenta el número de tortugas que son enviadas a rehabilitación. Los síntomas de estos especímenes van desde delgados a visualmente en buen estado, con frecuencia aletargados, hipotérmicos, en algunos casos hipoglicémicos, además de que pueden tener otros problemas como septicemia.

mia. La evaluación inicial debe de incluir la temperatura corporal. La meta es elevar la temperatura corporal al nivel fisiológico preferido. En tortugas con corta exposición a las bajas temperaturas y que aún son capaces de coordinar y levantar sus cabezas en el agua, lo adecuado es ponerlas en agua salada más cálida. El agua a 26°C es frecuentemente adecuada y, si es necesario, puede incrementarse lentamente la temperatura. Los animales afectados crónicamente, enflaquecidos y sin sensibilidad pueden requerir de calor suplementario proporcionado con cojinetes térmicos con agua. Las técnicas de tratamiento usadas en otras especies incluyen enemas de agua tibia (difícil en tortugas) y líquidos intravenosos (también difícil). Otra técnica que puede ser usada es líquido intracelómico tibio, aunque esta técnica debe combinarse con una fuente exógena de calor y una evaluación continua de la temperatura corporal. Los efectos de la conmoción por baja temperatura en Florida pueden variar de aquellos observados en el Noreste de los EE.UU.

Se deben tomar muestras de sangre de tortugas no sensibles para una conteo total de células, análisis de la química sanguínea y una determinación rápida del nivel de glucosa. Debe tenerse cuidado de no sobrecalentar a la tortuga, suministrando una barrera de tela entre la tortuga y el cojinete térmico. Son preferidos los cojinetes de agua. Debe revisarse regularmente el cojinete y la temperatura corporal de la tortuga. Evite que el carapacho y la piel se sequen usando lanolina o vaselina. Debe prescindirse de material de tela húmedo, a menos que pueda mantenerse caliente. En animales agudamente afectados, puede no necesitarse antibióticos, aunque su uso, en tortugas que no reaccionan, debe ser consultado con el veterinario involucrado.

Ingestión de Anzuelos y Detritos

Los anzuelos pueden causar heridas severas, con la mayor parte del daño ocurriendo en el tracto superior del intestino, especialmente el esófago. Esto

puede incluir retención de anzuelos, perforación y laceración. Las técnicas de diagnóstico pueden abarcar inspección visual, radiología (Rayos X) y endoscopía. La remoción puede llevarse a cabo manualmente, con endoscopio o cirugía. La cirugía esofágica normalmente es difícil, debido a las complicaciones post-quirúrgicas, pero puede ser necesaria. Cada tortuga rescatada debe considerarse como una posible víctima de la ingestión de detritos, incluyendo material plástico y cuerdas de monofilamento. Las bolsas de plástico y los detritos pueden causar bloqueo intestinal, y el monofilamento u otro tipo de cuerdas de desecho pueden causar bloqueo o perforación. La radiografía puede ser una útil técnica de diagnóstico, aunque el material plástico no se evidencie en los Rayos X.

Exposición al Petróleo o Derivados

Las tortugas expuestas al petróleo o productos derivados de petróleo pueden afectarse por contaminación externa y/o ingestión. El petróleo y el chapopote adheridos externamente pueden ser removidos con algunos detergentes de cocina para lavar trastos (p. ej., el detergente de EE.UU., “Dawn”) o con aceites vegetales. El residuo oral puede ser degradado, usando grasas orgánicas como la mayonesa. Si se sospecha que ha ocurrido ingestión, los compuestos que contienen carbón activado pueden disminuir la absorción de hidrocarburos que pueden causar daño al organismo. Una terapia de apoyo adicional, como la administración de fluidos, también puede ayudar. Muestras de sangre seriadas pueden ayudar a controlar la terapia.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a John Kerivan, Ray Davis, Tom McHenry, Brenda Lee Phillips, Maggie Murphy, Kelly Pace, Ryan Lindell, Andy Cronkhite, y el resto del personal del Acuario en Sea World de Florida quienes donaron tanto tiempo y energía ayudando a las tortugas marinas.

Enfermedades Infecciosas en Tortugas Marinas

Lawrence H. Herbst

Institute for Animal Studies, Albert Einstein College of Medicine, 1300 Morris Park Ave, Bronx, New York 10461 USA; Tel: +1 (718) 430-8553; Fax: +1 (718) 430-8556; email: herbst@aecom.yu.edu

Una mejor apreciación del papel que juegan las enfermedades infecciosas en la ecología de las tortugas marinas y como causas de enfermedad y mortalidad individual o masiva, requerirá de una aplicación consistente de metodología apropiada de diagnóstico y una cuidadosa interpretación de los resultados. Este capítulo está dirigido principalmente a biólogos de campo, que ocasionalmente se encuentran tortugas enfermas, heridas o muertas, o que pudieran ser confrontados con eventos de enfermedades o mortalidad masivas y desean encontrar la(s) causa(s), o que podrían incorporar programas rutinarios para el monitoreo de salud y la identificación de posibles enfermedades infecciosas como parte de sus estudios poblacionales en general.

El propósito de este capítulo es el de proporcionar un panorama general de los procedimientos de diagnóstico y una guía para la colecta y manejo de muestras para su diagnóstico. Con el espacio disponible, no es posible proporcionar un atlas de enfermedades de tortugas marinas e instrucciones específicas para la diagnóstico de cada una. La diagnóstico y el tratamiento de enfermedades específicas requerirá la asistencia de uno o más especialistas en patología clínica, patología anatómica, microbiología, parasitología, inmunología y medicina especializada en reptiles. Si bien algunos procedimientos para la diagnóstico pueden ser llevados a cabo en el campo, muchos requerirán enviar el material a un laboratorio experimentado. La colecta y manejo adecuados de las muestras será crítico. Además, la mayoría de las enfermedades de tortugas marinas probablemente todavía no han sido descritas, así que una comprensión de los enfoques generales será, por ahora, más útil. Una reciente sinopsis de las enfermedades conocidas en tortugas marinas y una introducción a la literatura pueden ser

encontradas en Herbst y Jacobson (1995). Una revisión y descripción más detallada de enfermedades en tortugas marinas es proporcionada por Lauckner (1985).

Principios

Para comprender las enfermedades infecciosas en las poblaciones uno debe de comprender la diferencia entre el ser infectado por un agente causante de enfermedad y el haber contraído la enfermedad (afección evidente) causada por ese agente. Como regla, la infección será relativamente común en una población pero la enfermedad clínica es rara. Para cualquier agente infeccioso en una población de tortugas habrá individuos que nunca han sido infectados, individuos que están infectados pero no enfermos, aquellos que están tanto infectados como enfermos, e individuos que fueron infectados en el pasado pero ahora son inmunes. Las interacciones de los factores que influyen en el hecho de que la infección sea o no expresada como enfermedad clínica en una población pueden ser muy complejas.

Diferentes pruebas de diagnóstico pueden ser usadas para detectar o monitorear infecciones o enfermedades clínicas que afectaron en el pasado o estén activas en el presente. Los resultados de una sola prueba de diagnóstico deben ser interpretados en el contexto del panorama completo, incluyendo la historia y el patrón de la enfermedad en la población, manifestaciones clínicas, resultados de otras pruebas y lesiones visibles e histopatológicas. La detección o aislamiento de un agente infeccioso o la detección de los anticuerpos a ese agente solamente proporcionan información parcial en una investigación de un problema de enfermedad/mortandad. En algunos

casos, los hallazgos pueden ser completamente incidentales a la causa real de la enfermedad.

Observaciones de Campo: Descripción Detallada, Historial, Síntomas Clínicos

Todo trabajo detectivesco requiere una descripción completa de la escena y preservación de la evidencia física. Una cuidadosa y completa descripción del problema de salud hecha por el biólogo de campo es el primer y más crítico paso para llegar a una diagnosis. La especie, edad, tamaño y sexo de los animales afectados (descripción detallada), el inicio, duración, y desarrollo del problema (historial), las señales clínicas observadas y las lesiones, definirán el problema y guiarán en la selección de como llegar a la diagnosis. Por ejemplo, el varamiento masivo de tortugas con condiciones aparentemente normales de salud después de una drástica disminución de la temperatura del agua pudiera sugerir una infección aguda o shock hipotérmico, mientras que un evento similar en el verano podría ser el resultado de una infección aguda o una toxina. Aunque los síntomas clínicos tales como la pérdida de peso o depresión pueden ser no-específicas, cualquier conclusión acerca de la etiología o patogénesis basada en los resultados de las pruebas de diagnosis tendrían que ser consistentes con estas observaciones.

En la mayoría de los casos, la identificación de los procesos y causas de enfermedad y mortandad provienen de necropsias completas llevadas a cabo cuidadosamente sobre tortugas muertas y moribundas (ver Jacobson, en este volumen) y la examinación física y por biopsia de lesiones visibles en tortugas vivas. Al investigar un evento de enfermedad/mortandad en una población, muy frecuentemente es más informativo sacrificar y realizar una necropsia sobre una tortuga moribunda que sobre otra que murió espontáneamente ya que es más probable encontrar procesos patológicos primarios activos en la tortuga moribunda. Las respuestas inflamatorias crónicas y las infecciones secundarias pueden oscurecer los hallazgos en la que murió espontáneamente.

Análisis Fecal: Parasitología

Los contenidos de toda la región gastrointestinal deben de ser revisados en la necropsia en busca de helmintos intestinales. Muestras fecales frescas de

tortugas vivas pueden ser examinadas mediante frotis directa, flotación y técnicas de sedimentación en busca de infecciones evidentes de helmintos y protozoarios (Sloss *et al.*, 1994).

Microbiología Clínica

Un diagnóstico completo de probables enfermedades virales, bacterianas o micóticas incluiría intentos para aislar e identificar el agente microbiano por medio de cultivo. Los especímenes deben de ser colectados y transportados de tal manera que la viabilidad del patógeno sea preservada y que ocurran cambios mínimos en la composición de la flora causada por un crecimiento desproporcionado de especies con mayores tasas de crecimiento. Las muestras de sangre, fluidos de tejido, exudados, o biopsias histológicas que vayan a ser sometidas al cultivo microbiano deben ser colectadas en condiciones asépticas usando instrumentos estériles y una técnica con la cual el espécimen pueda ser representativo de los microbios encontrados en la lesión y no en los contaminantes. Estas muestras pueden producir resultados falsos y confusos y no vale la pena colectarlas si no pueden ser manejadas adecuadamente y transferidas a tiempo a un laboratorio microbiológico clínico con experiencia.

Se debe contactar al laboratorio que vaya a recibir las muestras con bastante anticipación para que puedan comunicarle al técnico de campo sobre las capacidades del laboratorio, fechas límites para envíos, cuales son los materiales de colecta adecuados, y las vías disponibles de transporte. Aunque muchas especies de bacterias y hongos pueden ser cultivadas usando un medio y procedimientos comunes, muchos otros microorganismos, tales como las especies de *Mycoplasma* y *Mycobacterium*, requieren de condiciones y medios de cultivo especializados. Otros organismos, tales como especies de *Chlamydia* y los virus, requieren un sistema de cultivo celular permisivo para su aislamiento. Se debe identificar un laboratorio de diagnosis que tenga acceso a medios de cultivo y cepas especializadas y que esté capacitado para llevar a cabo los procedimientos de cultivo requeridos para los agentes de interés. Aún especies rutinariamente aisladas pueden requerir modificaciones en los procedimientos para optimizar la recuperación. Es importante recordar que el no aislar un cierto microorganismo no lo elimina como causa potencial de la enfermedad bajo estudio. Los sistemas

apropiados de cultivo para ciertas bacterias, hongos y virus potencialmente patogénicos aún no han sido desarrollados.

Trabajo con Sangre

La sangre es un material de diagnóstico muy útil y fácil de obtener. Los patógenos y parásitos en la sangre pueden ser identificados en frotis de sangre. Los cultivos sanguíneos pueden ayudar a detectar una infección bacteriana sistémica. Un conteo completo y diferencial de células sanguíneas junto con un análisis bioquímico del plasma pueden detectar un problema y ayudar en la identificación del tipo de lesión que ha ocurrido. Por ejemplo, una concentración elevada en el plasma de ácido úrico sugiere una enfermedad en los riñones, mientras que un nivel elevado de kinasa de creatina sugiere que el tejido muscular ha sido dañado. Las pruebas de plasma también pueden detectar la presencia de anticuerpos para agentes específicos (antígenos) y para los mismos antígenos.

Los diferentes tipos de ensayos que pueden ser llevados a cabo en la sangre entera o plasma tienen diferentes requerimientos de colecta, manejo y almacenamiento los cuales pueden limitar su efectividad bajo ciertas condiciones de campo. Todas las muestras de sangre deben ser colectadas de un conducto vascular, tal como el seno cervical dorsal, solo cuando se cuenta con un entrenamiento adecuado y siguiendo los procedimientos recomendados (ver Owens, este volumen). Para la mayoría de los análisis se requiere típicamente de 3 a 5 ml de sangre entera. Las tortugas toleran fácilmente la extracción de hasta un 1 ml de sangre por cada 100 g de peso corporal si es necesario. Los frotis de sangre para el conteo de leucocitos, deben ser llevados a cabo esparciendo una gota de sangre entera sobre un porta-objetos, inmediatamente después de la colecta. Esto minimiza el aglutinamiento y los cambios en la morfología de las células sanguíneas que pueden ocurrir si se espera demasiado. Para conteos celulares sanguíneos completos, una muestra de sangre entera no coagulada debe ser enviada al laboratorio lo más pronto posible, preferencialmente dentro de un período de 24 horas. La sangre entera puede ser almacenada por períodos cortos de tiempo en un refrigerador y transportada sobre hielo.

El plasma para los ensayos bioquímicos debe ser separado de la sangre entera lo más pronto posible.

Una centrífuga clínica para uso en el campo es esencial. Los retrasos en la separación del plasma pueden causar cambios en muchos parámetros bioquímicos. Por ejemplo, la glucosa del plasma disminuirá al ser consumida por las células (que permanecen vivas) y el potasio se incrementará a medida que se filtra gradualmente de las células. La hemólisis de la muestra así como un almacenamiento prolongado a -20°C causará cambios drásticos en la actividad de ciertas enzimas. El plasma debe ser sometido inmediatamente a un análisis bioquímico o almacenado en nitrógeno líquido o un congelador ultra frío ($<-70^{\circ}\text{C}$).

Los resultados de los análisis bioquímicos del plasma o suero también pueden variar con el tipo de analizador usado y el programa de control de calidad del laboratorio (Bolten *et al.*, 1992). De manera similar al manejo de las muestras clínicas para análisis microbiológico, se deben hacer planes antes de que el trabajo de campo inicie para que las muestras de sangre puedan ser sometidas a un solo laboratorio de patología clínica que esté equipado para analizar material de tortugas. El laboratorio debe tener valores de referencia establecidos para la especie bajo estudio. La variación en los datos, debido a diferentes métodos de colecta, manejo y análisis entre estudios y entre muestras dentro de un estudio, hacen que la interpretación de datos sea difícil y debe de ser minimizada.

El plasma (1-2 ml) también debe ser almacenado en varias alícuotas para pruebas serodiagnósticas. Las muestras de plasma para la detección de anticuerpos pueden ser almacenadas en un congelador convencional (a -20°C), pero se debe tener cuidado de evitar el descongelar y congelar repetidamente las muestras ya que esto afecta la sensibilidad de las pruebas. El volumen celular compactado (PCV, por sus siglas en inglés) (o hematocrito, Hct), el cual es el porcentaje de volumen sanguíneo que consiste de células, puede ser medido al momento de la separación del plasma. Un bajo PCV ($<30\%$) no es solamente un criterio útil de pérdida de sangre posterior a un trauma, pero también puede indicar un problema de enfermedad crónica como parasitismo, infección, anorexia/inanición. Por lo regular, una microcentrífuga y tubos capilares son usados para medir el PCV, pero una centrífuga clínica regular y tubos de ensayo con fondo plano también pueden ser usados.

Pruebas Serodiagnósticas: Serología

Las pruebas serodiagnósticas son llevadas a cabo con el plasma o suero para determinar ya sea la presencia de anticuerpos a un agente causante de enfermedad en particular o la presencia de antígenos circulantes provenientes del agente en sí. El primer tipo de pruebas que se menciona es usado para determinar si los individuos en una población han sido expuestos a un agente causante de enfermedad en particular, mediante el hecho de que han provocado una respuesta inmune (anticuerpo) humoral contra el agente. El segundo tipo de pruebas es usado para determinar si el individuo está sometido a una exposición en curso (p. ej., una infección activa), mediante el hecho de que en ese momento tienen sustancias foráneas (antígenos) derivadas del agente causante de enfermedad que se encuentra circulando en su sangre. La alta sensibilidad y especificidad de este tipo de pruebas las hacen extremadamente valiosas en el monitoreo de salud de una población (vigilancia de enfermedades), en el cual la mayoría de las infecciones son subclínicas pero también cuando se trata de probar hipótesis específicas (diagnóstico diferencial) acerca de las causas de erupciones de enfermedades específicas.

El hecho de que los anticuerpos y algunos antígenos permanecen estables en plasma congelado por muchos años hace que sean posibles estudios epizootiológicos retrospectivos que pueden producir información valiosa en el historial de salud de largo plazo de poblaciones de tortugas y ayudar a establecer el momento exacto, quizás mucho antes de que la enfermedad clínica fuera reconocida, en que el agente infeccioso entró a la población.

Pruebas Diagnósticas Moleculares

La ciencia de la detección y caracterización de organismos patógenos ha avanzado tremendamente con el desarrollo de la hibridación de ácidos nucleicos (dot-blot de Southern y Northern, hibridación *in situ*) y las técnicas de amplificación (reacción en cadena de la polimerasa) y los incrementos continuos en la disponibilidad de sondas y cebadores ("primers") para ácidos nucleicos específicos (Persing *et al.*, 1993). Mientras que las pruebas diagnósticas moleculares existen para muchas bacterias y hongos que son compartidos por tortugas y otros vertebrados, aquellas para los organismos patógenos que son específicos para tortugas marinas aún están bajo desarrollo. Aún así, los especialistas en tortugas marinas deben

anticipar la eventual disponibilidad de estas pruebas y coleccionar los especímenes apropiados. Afortunadamente los tejidos, ya sea fijados en formol o congelados (a $<-70^{\circ}\text{C}$), pueden ser usados para muchas aplicaciones. Para las investigaciones que requieren ADN o ARN no degradado, especímenes de tejido fresco deben ser congelados inmediatamente y almacenados en nitrógeno líquido.

Enfermedades Específicas

El principal papel de un biólogo de tortugas marinas que no es un especialista en enfermedades, al diagnosticar enfermedades infecciosas específicas, es el de reconocer y describir problemas patológicos potenciales en la población y coleccionar y preservar las muestras adecuadas. Las siguientes secciones describen brevemente los tipos de muestras que se necesitarían para diagnosticar los principales agentes de enfermedades infecciosas.

Viruses

Un diagnóstico preliminar de una enfermedad viral usualmente resulta de un examen histopatológico de tejidos fijados obtenidos por medio de una biopsia o durante la necropsia. En combinación con un historial y la sintomatología clínica, la ocurrencia de una citopatología característica como la degradación celular (inflamación y lisis), formación sincitial (fusión de células adyacentes) y cuerpos de inclusión intranucleares o intracitoplasmáticos, proporciona la primera pista de que un agente viral puede estar involucrado. Un examen por microscopía electrónica de estos tejidos fijados puede confirmar la presencia de partículas tipo virus y proporcionar una identificación preliminar del agente. Un diagnóstico completo se logra por medio del aislamiento del virus a partir de muestras frescas o congeladas (a $<-70^{\circ}\text{C}$) en un sistema de cultivo de tejido apropiado, seguido de una caracterización inmunológica y molecular de lo que se aisló. En los casos donde un sistema de cultivo apropiado no ha sido desarrollado para el agente, se puede profundizar en la identificación mediante técnicas inmunohistoquímicas usando anticuerpos específicos al agente o por medio de técnicas moleculares/bioquímicas específicas al agente, si es que éstas están disponibles.

Mínimamente, un biólogo de campo debe de coleccionar tejidos de lesión en formol neutralizado, al 10%. Un examen por microscopía electrónica (ME) puede ser llevado a cabo en especímenes de tejido

fijados en formol e inclusive en aquellos preservados en parafina. Sin embargo, fijadores especiales para la ME deben ser usados cuando la descripción de la patología ultraestructural va a ser de importancia (ver Jacobson, en este volumen). Es también importante guardar especímenes de tejido congelados (a $<-70^{\circ}\text{C}$, preferiblemente en nitrógeno líquido) para el aislamiento de los virus. Aunque algunos virus pueden permanecer intactos e infecciosos por largos períodos de tiempo a temperatura ambiental, los virus más sensibles al ambiente pierden rápidamente su infectividad a menos que sean rápidamente congelados y almacenados a $<-70^{\circ}\text{C}$ (Fenner *et al.*, 1974). Muestras de tejido frescas puestas en un medio de transporte de virus (medio de cultivo de células libres de suero conteniendo antibióticos y antifúngicos) pueden ser enviadas en hielo a un laboratorio que posea una variedad de cepas celulares (incluyendo líneas celulares provenientes de tortugas) para el aislamiento de los virus. Sin embargo, el tejido congelado proporciona un recurso para experimentos adicionales de aislamiento.

Bacterias/Hongos

Una examen grueso combinado con una histología de las lesiones usualmente proporciona la primera evidencia de una enfermedad bacteriana o fungal. Además de las tinciones rutinarias de tejido tales como la hematoxilina y la eosina, las tinciones especiales como la de Gram (Brown y Brimm), el de impregnación de plata (Warthin-Starry, Plata Gomori Methamine), y tinciones de ácido rápido (Zeihl-Nielson), pueden ayudar a reducir por eliminación los posibles agentes. Frotis de los exudados de la lesión o frotis de impresión de los tejidos afectados pueden ser llevados a cabo, pasados por la tinción y examinados en el campo. El envío de especímenes para cultivo de bacterias y hongos debe seguir los mismos pasos discutidos anteriormente (microbiología clínica). Las técnicas de diagnóstico inmunológico y molecular también pueden ser aplicadas a tejidos fijados o congelados o aquellos aislados en cultivo.

Protozoarios

Las enfermedades causadas por protozoarios que han sido descritas en tortugas marinas hasta ahora son principalmente patógenos gastrointestinales. Mientras que un análisis fecal (frotis directos, flotación) puede ser de ayuda en la diagnosis, muchos

protozoarios gastrointestinales pueden ser comensales y el encontrar a los organismos dentro de las lesiones histológicas características es la mejor manera de identificar a las especies patogénicas. Las infecciones causadas por protozoarios en otros órganos también requerirá de una diagnosis histológica.

Parásitos Metazoarios

Los especímenes de ectoparásitos y epibiontes deben ser preservados en formol para su identificación. Los helmintos (tremátodos y nemátodos) pueden ser descubiertos llevando a cabo un examen gastrointestinal cuidadoso así como también en otros órganos huecos y en sus contenidos al llevar a cabo la necropsia. Los tremátodos cardiovasculares adultos (Spirorchidae) son encontrados examinando cuidadosamente el corazón, los pulmones y los principales vasos sanguíneos, así como por un tamizado de la sangre. La colecta de gusanos debe ser tan completa (cuantitativa) como sea posible de tal manera que la diversidad de fauna pueda ser examinada posteriormente. La sedimentación y flotación fecal ayudará a identificar huevecillos de helmintos, incluyendo aquellos de los tremátodos cardiovasculares, los cuales deben llegar al lumen gastrointestinal para tener acceso al medio externo. Los huevecillos de los tremátodos cardiovasculares también pueden ser recuperados mediante la sedimentación de tejidos que hayan sido digeridos con enzimas (Dailey y Morris, 1995; Herbst *et al.*, 1998).

La asociación de parásitos con su hospedero frecuentemente tiene una larga historia coevolutiva y la evidencia de parasitismo es un hallazgo incidental común. La demostración de una patología significativa es necesaria para directamente implicar parásitos particulares como causa de enfermedad y mortandad.

Precauciones Especiales

La distancia filogenética y las diferencias fisiológicas que separan a los reptiles de los humanos disminuye el riesgo de una transmisión de enfermedad de tortuga marina hacia el hombre. Sin embargo, las tortugas marinas pueden portar varias especies de bacterias que se sabe son patógenos humanos o son patógenos oportunistas en una gama amplia de especies de vertebrados. Estas especies incluyen *Mycobacterium*, *Salmonella*, *Vibrio* y *Chlamydia* (Acha y Szyfres, 1987). Adicionalmente, no hay información

suficiente acerca de otros agentes infecciosos de las tortugas como para estar seguros de los riesgos que puedan o no existir. Los trabajadores de campo deben darse cuenta que estos riesgos existen y contar con el material adecuado para inmediatamente limpiar y desinfectar cualquier herida que pueda llegar a ocurrir al manejar estos animales. Los trabajadores deben recibir atención médica inmediatamente si se llegan a infectar, aunque en pequeñas heridas, o si se enferman sistemáticamente después de trabajar con tortugas. Siempre se deben usar guantes al llevar a cabo necropsias.

Otra preocupación es la posibilidad de que los biólogos accidentalmente distribuyan la infección entre las tortugas por no observar las precauciones indispensables. Los instrumentos tales como agujas, marcas y aplicadores de marcas, laparoscopios, endoscopios y tubos estomacales, pueden transferir agentes infecciosos muy eficientemente. Materiales desechables económicos tales como navajas de bisturí y agujas no deben ser usadas en más de un animal. Los instrumentos que son usados repetidamente deben ser esterilizados o desinfectados entre animales. El adaptar técnicas de descontaminación al campo, aunque difícil, debe ser intentado seriamente. Linton *et al.* (1987) y Rutala (1990) proporcionan información muy útil. El lavar los instrumentos en agua caliente con detergente es una buena técnica. El hipocloruro de sodio (solución de blanqueador diluida 1:10) es un excelente y económico desinfectante, pero es corrosivo y se desactiva rápidamente con detritos orgánicos. Soluciones de glutaraldehidos o formol son esterilizantes efectivos pero sus residuos son muy tóxicos. Las soluciones de clorohexisina y las soluciones de yodo de povidona son efectivas y menos tóxicas a los tejidos, y pueden ser usadas para desinfectar la piel así como las superficies. El alcohol no es un desinfectante efectivo a menos que los instrumentos sean pasados por flama o inmersos por un largo período de tiempo. Sea cual fuere el desinfectante que se use, se debe permitir un tiempo de contacto adecuado para que surta efecto. Cuando se usan compuestos tóxicos o cáusticos, los instrumentos deben ser enjuagados exhaustivamente antes de que entren en contacto con tejidos de seres vivientes.

El Futuro

A medida que las poblaciones de tortugas marinas y los ecosistemas marinos son cada vez más

intensamente manejados, con tortugas individuales y poblaciones siendo manipuladas dentro y posiblemente movidas entre hábitats naturales y artificiales, el potencial de impactar con enfermedades infecciosas se hace más y más evidente. El monitoreo de salud se convertirá en una parte importante del manejo general de tal manera que enfermedades potencialmente devastadoras puedan ser descubiertas antes de que amenacen los esfuerzos de manejo y también para que aquellas enfermedades que ya están teniendo ese efecto puedan ser monitoreadas y controladas. En la actualidad, la mayoría del trabajo diagnóstico llevado a cabo en tortugas marinas es hecho de manera retrospectiva, en la necropsia o en la presencia de un brote de una enfermedad. Será importante transformar las evaluaciones periódicas de salud de poblaciones a procedimientos más prospectivos por medio del desarrollo e implementación de pruebas de sondeo en masa para aquellos agentes de enfermedades que nos preocupan.

Las pruebas serodiagnósticas son altamente sensibles y específicas para un patógeno en particular y son importantes componentes de un monitoreo de salud prospectivo para una población. El desarrollo de las pruebas serodiagnósticas para tortugas marinas se encuentra en las etapas iniciales de desarrollo. Se ha logrado un progreso significativo en la producción de anticuerpos monoclonales específicos para clases de inmunoglobulina de la tortuga verde (Herbst y Klein, 1995). Varios de estos anticuerpos monoclonales también pueden ser usados con otras especies de tortugas marinas. Con estos materiales, las respuestas de anticuerpos de las tortugas marinas hacia antígenos foráneos, incluyendo agentes infecciosos y toxinas, pueden ser detectadas. Las limitaciones al aplicar estos materiales de manera amplia en pruebas estandarizadas, ha sido la escasez de los antígenos.

Mientras que los anticuerpos monoclonales proporcionan la mitad del requerimiento para pruebas serodiagnósticas estandarizadas, repetibles y confiables, aún no contamos con fuentes confiables de antígenos adecuadamente caracterizados para pruebas estandarizadas con los cuales podríamos monitorear cualquier enfermedad. Aunque algunas pruebas inmunodiagnósticas preliminares han sido producidas (Herbst *et al.*, 1988), aun requieren mayor desarrollo y refinación antes de que se hagan disponibles para una aplicación más amplia. Aún así, se debe poner énfasis en el hecho de que los especímenes de plasma deben ser colectados y

archivados ya, porque cada colecta de muestras proporciona un imagen congelada del nivel de exposición a la enfermedad de una población de tortugas. Se le urge a todos los biólogos de campo que manejan tortugas marinas para otros propósitos considerar el coleccionar plasma para ser guardado y examinado posteriormente. Esta recomendación señala la obvia necesidad de establecer un registro o banco de plasma para almacenar estas muestras.

Literatura Citada

- Acha, P. N. y B. Szyfres. 1987. Zoonoses and communicable diseases common to man and animals, Segunda Edición. Pan American Health Organization, Washington, D.C. 963 pp.
- Bolten, A. B., E. R. Jacobson y K. A. Bjorndal. 1992. Effects of anticoagulant and auto-analyzer on blood biochemical values of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). American Journal of Veterinary Research 53:2224-2227.
- Dailey, M. D. y R. Morris. 1995. Relationship of parasites (Trematoda: Spirorchidae) and their eggs to the occurrence of fibropapillomas in the green turtle (*Chelonia mydas*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52 (Suplemento 1): 84-89.
- Fenner, F., B. R. McAuslan, C. A. Mims, J. Sambrook y D. O. White. 1974. The Biology of Animal Viruses, Segunda Edición. Academic Press, New York. 834 pp.
- Herbst L. H. y E. R. Jacobson. 1995. Diseases of marine turtles, p.593-596. In: K. A. Bjorndal (Editor), Biology and Conservation of Sea Turtles, Edición Revisada. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Herbst, L. H. y P. A. Klein. 1995. Monoclonal antibodies for the measurement of class-specific antibody responses in the green turtle, *Chelonia mydas*. Veterinary Immunology and Immunopathology 46:317-335.
- Herbst, L. H., E. C. Greiner, L. M. Ehrhart, D. A. Bagley y P. A. Klein. 1998. Serologic association between spirorchidiasis, herpesvirus infection, and fibropapillomatosis in green turtles (*Chelonia mydas*) from Florida. Journal of Wildlife Diseases 34(3):496-507.
- Lauckner, G. 1985. Diseases of Reptilia, p.551-626. In: O. Kinne (Editor), Diseases of Marine Animals, Volumen IV, Parte 2. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg.
- Linton, A. H., W. B. Hugo, y A. D. Russell. 1987. Disinfection in veterinary and farm animal practice. Blackwell Science, Oxford, U. K. 190 pp.
- Persing, D. H., T. F. Smith, F. C. Tenover y T. J. White (Editores). 1993. Diagnostic molecular microbiology: principles and applications. American Society for Microbiology, Washington, D.C. 641 pp.
- Sloss, M. W., R. L. Kemp, y A. M. Zajac. 1994. Veterinary clinical parasitology (6ª edición). The Iowa State University Press, Ames, Iowa. 208 pp.
- Rutala, W. 1990. APIC guidelines for selection and use of disinfectants. American Journal of Infection Control 18:99-117.

Toma de Muestras de Tejidos y Técnicas para la Necropsia

Elliott R. Jacobson

Department of Small Animal Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine, University of Florida, P. O. Box 100126, Gainesville, Florida 32610 USA; Tel: +1 (352) 392-4700 (x4773); Fax: +1 (352) 392-6125; email: JacobsonE@mail.vetmed.ufl.edu

Para una comprensión completa de los factores que ocasionan lesiones, enfermedades y mortandades en tortugas marinas es necesario analizar muestras de tejidos antes y después de la muerte del animal. En el examen *antemorten*, el muestreo individual o múltiple de los tejidos es llamado "biopsia", y se utiliza para estudios patológicos o biológicos. Mientras que el examen *postmortem* en humanos se conoce como "autopsia", en un animal se le conoce como "necropsia". En este capítulo se revisarán las técnicas utilizadas para biopsias (muestreo de tejidos) y necropsias. También, se discutirá por qué son importantes y cuándo deben efectuarse.

Técnicas para Biopsias

Una biopsia se realiza para tener mayor información sobre la naturaleza de una lesión y para determinar la terapia más adecuada. También, las biopsias pueden provenir de diferentes tejidos y proveer datos relativos al ciclo de vida de la población bajo estudio. Las biopsias de los tejidos de la piel se colectan para estudios genéticos, y las biopsias de hueso para la determinación de la edad. Información específica sobre la obtención de biopsias para estudios sobre el origen genético podrá encontrarse en FitzSimmons *et al.* (este volumen).

La sangre, un tejido líquido, es la biopsia comúnmente realizada por los biólogos en el campo. Generalmente, la sangre se obtiene del seno cervical de tortugas marinas juveniles y adultas (Owens y Ruiz, 1980); en neonatos, la sangre se colecta del corazón (cardiocentesis), pasando la aguja a través del plastrón en posición invertida (dorsalmente) (Samour *et al.*, 1984), o del seno cervical (Bennett, 1986). Antes de la colecta de la muestra, se debe limpiar el tejido epitelial alrededor del sitio elegido con etanol al 70%. Cuando se lleva a cabo la

cardiocentesis, al retirar la aguja, debe usarse un pegamento quirúrgico como el Vetbond® (3M Animal Care Products, St. Paul, Minnesota 55144 EE.UU.) o Nexaband® (Veterinary Products Laboratory, Phoenix, Arizona 85013 EE.UU.), para cubrir el orificio dejado en el plastrón. De lo contrario, podrían introducirse organismos patógenos a través del orificio y hacia el corazón y provocar una infección (pericarditis). Ver Owens (este volumen) para instrucciones detalladas en cuanto al muestreo de sangre.

La piel es el tejido sólido más común para las biopsias. En la mayoría de las situaciones, puede usarse un anestésico local, como el hidrocloreuro de lidocaína al 2% (HCl de lidocaína, Phoenix Pharmaceuticals, St. Joseph, Missouri 64506 EE.UU.) que se aplica alrededor del sitio de muestreo. Antes de realizar la biopsia, el sitio elegido y el tejido que lo rodea deben limpiarse quirúrgicamente; esto significa que debe limpiarse con tres aplicaciones alternas de etanol al 70% y un jabón quirúrgico de yodo (p. ej., Betadine Surgical Scrub: The Purdue Frederick Co., Norwalk, Connecticut 06856 EE.UU.). El uso de guantes quirúrgicos estériles es necesario. La muestra se obtiene usando una hoja de bisturí (#10 o #15), un punzón o sacabocados para biopsias (p. ej., Disposable Biopsy Punch: Premier Medical, Norristown, Pennsylvania 19404 EE.UU.). Después de la extracción de la muestra, la herida puede suturarse o dejar que cicatrice por granulación.

Dependiendo del tipo de lesión, se colectan muestras únicas o múltiples. La preservación subsecuente de la muestra dependerá de las diferentes pruebas de diagnóstico a las que serán sometidas. Para una evaluación histológica, debe fijarse una porción de cada muestra en formol neutralizado al 10% (FN), en una proporción muestra-volumen de formol de

1:10. El FN, solamente puede penetrar 6 mm en 24 horas, así que el tejido debe ser lo suficientemente delgado para permitir una fijación adecuada. Si los tejidos se mantienen por más de 48 horas en un fijador, deben transferirse del FN a etanol al 70%. Si las muestras van a someterse a ensayos de aislamiento microbiano, primero deben limpiarse con una solución salina estéril para eliminar el excedente de alcohol y después con Betadine, antes de colocarse en un contenedor estéril para su envío al laboratorio de diagnóstico. Los tejidos utilizados para el análisis histológico nunca deben congelarse porque este proceso induce la cristalización. De antemano, los responsables de la colecta deben contactar al laboratorio de diagnóstico para recibir información específica en cuanto al transporte de muestras. Las biopsias también pueden ser obtenidas de estructuras viscerales. Éstas potencialmente pueden obtenerse en el campo, pero en la mayoría de las situaciones son llevadas a cabo en un hospital veterinario bajo anestesia general. Un gas anestésico comúnmente usado es isoflurano (p. ej., Aerrane®, Fort Dodge Animal Health, P. O. Box 25945, Overland Park, Kansas 66225-5945 EE.UU.). Las biopsias pueden obtenerse de la región gastrointestinal usando un endoscopio de fibra óptica flexible y un dispositivo para biopsias. Las biopsias de otras estructuras viscerales, como el riñón o el hígado, pueden obtenerse por laparotomía o usando una técnica de ultrasonido como guía y varios aparatos automatizados de biopsias. De nuevo, hay que consultar con un hospital veterinario para analizar las opciones disponibles.

Técnicas de Necropsia

Para determinar la(s) causa(s) de muerte de una tortuga, debe realizarse una evaluación postmortem minuciosa. La calidad de la necropsia dependerá del conocimiento y entrenamiento de la persona que realice el examen. Idealmente, la persona debería contar con amplia experiencia y conocimiento de la anatomía de tortugas marinas. Información acerca de la estructura anatómica visceral de las tortugas marinas puede encontrarse en diversas fuentes (p. ej., Rainey, 1981). Que la necropsia sea llevada a cabo en el campo o en una instalación de diagnóstico veterinario determinará la profundidad del examen. Se debe estar preparado para coleccionar las siguientes muestras: (1) tejidos para análisis histopatológicos; (2) tejidos para microscopía electrónica; (3) muestras para microbiología; (4) tejidos para toxicología; (5)

muestras de contenido estomacal; y (6) parásitos.

De preferencia, las necropsias deben realizarse lo más pronto posible después de que ocurre el deceso. Si la necropsia se retrasa, el cuerpo de la tortuga muerta debe ponerse en un cuarto refrigerado o en hielo molido. Evite la congelación del cadáver, ya que esto causará cambios artificiales en los tejidos. Para que las necropsias sean más informativas, deben de realizarse dentro de un período de 24 horas después de la muerte.

Para obtener información más detallada, deben consultarse los procedimientos de necropsias para tortugas marinas descritos por Campbell (1996) y la guía de necropsias de tortugas marinas de Wolke y George (1981). El equipo necesario para una necropsia se enlista en la Tabla 1. Es importante ponerse ropa adecuada que pueda lavarse y usarse en la siguiente necropsia. Esto incluye botas de hule o protectores de zapatos y guantes de hule. Para reducir el riesgo de inhalar materiales extraños y patógenos potenciales, debe usarse en todo momento una mascarilla. Las hojas de reporte para necropsias varían entre las instituciones (se puede hallar un ejemplo en Wolke y George, 1981) y no se han estandarizado. Debe registrarse la información pertinente, incluyendo la especie, su peso, longitud y ancho de carapacho y plastrón, sexo (verificado por la examen interno), condiciones climatológicas, y las horas de inicio y terminación de la necropsia. Idealmente, una persona lleva a cabo el examen postmortem y otra registra la información. Alternativamente, puede usarse una grabadora y transcribir la información posteriormente. Para animales en cautiverio, debe registrarse un resumen del historial clínico de la tortuga. Para tortugas silvestres muertas, debe anexarse la hoja de campo con registros del varamiento al informe de la necropsia. Deben tomarse fotografías de todo el cuerpo de la tortuga, tanto dorsal como ventralmente, y de cualquier lesión.

Las necropsias se empiezan por el exterior y continúan hacia la parte interna de la tortuga de una manera metódica. El exterior de la tortuga debe examinarse minuciosamente, para describir todas las anomalías. Deben usarse dibujos dorsales y ventrales de tortugas para indicar la ubicación de las lesiones (es útil si la hoja de datos incluye una silueta patrón). Se anotan las heridas en el carapacho y en tejidos blandos. Se registra cualquier otro cambio, como inflamaciones que fusionan los espacios de huesos grandes y protuberancias cutáneas y

subcutánea. Deben colectarse muestras de todas las lesiones significativas para el análisis histopatológico. Las muestras se ponen en FN al 10% con una proporción de tejido-volumen de fijador de 1:10. Si se colectan tejidos duros como huesos grandes, deben fijarse en un contenedor separado de los tejidos blandos para permitir una penetración y fijación adecuada.

La apariencia general de la tortuga determinará si se continúa o no con la necropsia completa. Si la tortuga se encuentra en un avanzado estado de cambio postmortem: hinchada por los gases, la piel descolorida, o los escudos desprendiéndose del carapacho, el análisis de esos tejidos no producirán buenos resultados para una evaluación histopatológica.

La necropsia continúa con la tortuga yaciendo en posición dorsal (con el plastrón hacia arriba). El plastrón es removido completamente, separándolo del carapacho a lo largo del puente marginal, en ambos lados, y de la piel en las áreas de unión. El área gular de la mandíbula inferior es cortada por el centro y a lo largo de los bordes de la mandíbula. La incisión es extendida hacia la orofaringe y una vez terminada, pueden levantarse y quedar expuestas la lengua, glotis, y región proximal de la tráquea. Esto permite la visualización de la cavidad oral y la toma de muestras de los tejidos de interés. Las porciones de lengua y glotis son colectadas para análisis histológico. Así, puede ser muestreada el área de transición entre tejido saludable y anormal. Esta área es importante para buscar patógenos. La tráquea y el esófago son separados de la base craneal y de los miembros anteriores como una unidad. Enseguida las aletas anteriores y posteriores y sus uniones asociadas son removidas. Con la separación de esas porciones del cuerpo, puede visualizarse toda la cavidad celómica.

Antes de continuar con la recolección de más muestras, éste es un buen momento para examinar si en la cavidad celómica hay lesiones obvias. Deben describirse todas las lesiones detectadas, anotando su tamaño, color, forma y consistencia. Si se observan fluidos en exceso o con falta de color en la cavidad celómica, debe obtenerse una muestra para su cultivo. Una cantidad pequeña de fluido puede usarse para hacer un frotis y realizar un examen citológico. El examinar visualmente la cavidad celómica para ver si hay cambios y colectar muestras en esta etapa de la necropsia es importante para asegurarse de que las

muestras para análisis microbiológico estén lo menos contaminadas posible. A medida que la necropsia progresa, la contaminación de los tejidos es inevitable. Las muestras de las lesiones pueden tomarse con equipo de cultivo apropiado o se pueden colectar porciones de manera aséptica (usando instrumentos ya sea flameados o estériles), puestas en un contenedor estéril y transportadas a un laboratorio de diagnóstico para su cultivo. La forma del transporte de la muestra, dependerá del tipo de cultivo que vaya a experimentarse. En general, las muestras deben transportarse ya sea en hielo molido o hielo seco. Si la muerte del animal es reciente (1 hora), puede colectarse sangre del corazón para el cultivo de organismos aeróbicos. De nuevo, hay que consultar a un veterinario o al laboratorio de diagnóstico para la selección de un medio de transporte adecuado.

En la continuación de la necropsia, todos los órganos principales son identificados (Rainey, 1981) y se toman muestras que incluyen lo siguiente: lengua, músculo esquelético, glotis, tráquea, pulmones, timo, tiroides, glándula suprarrenal, páncreas, corazón, hígado, vesícula biliar, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, vejiga, órganos y conductos reproductores y cerebro.

Para microscopía electrónica, pequeñas porciones (1 mm³) de tejido de interés deben fijarse en solución de Trumps (McDowell y Trump, 1976). Si en el examen microscópico de tejido fijado en FN se observa un cambio, como la presencia de inclusiones que sugiera una infección viral, puede procesarse una pequeña porción de tejido para el análisis de microscopía electrónica. Incluso, es posible usar tejido montado en parafina para identificar la presencia de virus. La mayoría de los virus se preservan relativamente bien en parafina.

Para análisis de metales pesados pueden colectarse muestras de riñón, hígado, cerebro, músculo esquelético, páncreas, piel, estómago, contenido estomacal, heces fecales y orina; colocándolos en bolsas individuales de Teflón® FEP (propileno etileno fluorinado) o se pueden usar bolsas de plástico si es necesario, y se congelan con hielo seco o en un ultracongelador hasta que sean sometidas a análisis. Se recomienda el uso de navajas de titanio y hojas de Teflón. Si no están disponibles, una alternativa es separar los tejidos con los dedos, habiéndose enjuagado previamente las manos en alcohol y luego colocando las muestras en bolsas de Teflón (Becker *et al.*, 1994). Los instrumentos deben

Tabla 1. Lista de Equipo para Necropsias.

1. Traje de mecánico o ropa adecuada
2. Botas de hule o cubierta de hule para zapatos
3. Guantes de hule
4. Máscara
5. Cámara
6. Cuerda, etiquetas, botellas, pluma a prueba de agua
7. Fórceps (varios tamaños)
8. Tabla para cortar tejido
9. Navajas para necropsia y afilador
10. Navajas de bisturí (#20 y #10) y mango
11. Tijeras postmortem
12. Lámpara de alcohol o mechero de gas butano
13. Cerillos o encendedor
14. Alcohol al 70%
15. Contenedores con FN
16. Fijador para microscopía electrónica, como solución de Trumps (debe mantenerse en hielo)
17. Bolsas estériles de plástico que puedan ser selladas
18. Tubos criogénicos
19. Cotonetes para cultivo microbiano
20. Medio de transporte microbiano
21. Hielo seco y hielera
22. Balanza (hasta 250 g)
23. Sierra Stryker
24. Vernier
25. Porta y cubreobjetos
26. Hoja de necropsia y cuaderno

limpiarse entre colectas de diferentes tejidos/muestras para evitar la contaminación entre las muestras.

Para el análisis de compuestos orgánicos, deben colectarse muestras de grasa, hígado, riñón y músculo del esqueleto. Los especímenes pueden colectarse individualmente en frascos de vidrio enjuagados con acetona, cubiertos con papel de aluminio enjuagado en acetona (hay que enjuagar el lado brillante y ponerlo hacia el interior del frasco) antes de ponerle la tapa (Beasley, com. pers.). Esto evitará el contacto entre el espécimen y el sello de goma. Los frascos deben de llenarse lo más que se pueda y mantenerse en refrigeración hasta antes de la extracción para prevenir los contaminantes orgánicos. Esto disminuirá la pérdida de compuestos volátiles en el aire contenido en la porción superior del frasco. Después de la colecta, las muestras deben enviarse a un laboratorio apropiado lo más pronto que sea posible. Si esto no

puede cumplirse, los frascos pueden llenarse hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad y mantenerse congelados (por lo menos a -20°F) hasta que sean analizados. Para evitar que los frascos se quiebren se inclinan ligeramente al introducirlos al congelador. También pueden usarse frascos y bolsas de plástico; sin embargo, puede haber transferencia de sustancias no deseadas del plástico a los tejidos. Plásticos clorinados (cloruro de polivinilo) y plásticos con ésteres de ftalatos pueden presentar problemas (Beasley, com. pers.). Si se usan, asegúrese de darle a su analista frascos o bolsas vacías del mismo tipo. De esta manera puede hacer pruebas para ver si hay o no sustancias que interfieren el análisis o lo contaminen.

Al coleccionar helmintos para su identificación, los nemátodos deben de ser puestos en un plato que contenga agua de la llave, el cual se pone en un refrigerador por una noche para permitir que los parásitos se relajen. Después deben ser puestos en una solución AFA (alcohol-formol-ácido acético) consistiendo de 8.5 partes de etanol, 1 parte de formol comercial y 0.5 partes de ácido acético glacial. Los nemátodos deben de ser puestos en ácido acético glacial concentrado o etanol al 70% caliente para ser fijados y transferidos a una mezcla de 9 partes de etanol al 70% y una parte de glicerina. Todos los materiales presentados al parasitólogo deben de tener datos completos incluyendo la especie parasitada, el órgano o tejido parasitado, la localidad de la colecta, fecha de colecta, y colector.

Al final de la necropsia, el cuerpo de la tortuga debe de ser desechado de acuerdo con los reglamentos locales.

Las exámenes postmortem son la mejor manera de tratar de establecer las causas de mortandad en tortugas marinas. Sin embargo, no es siempre posible determinar la(s) causa(s) específica(s) de muerte. Aún la mejor necropsia puede resultar en un diagnóstico no conclusivo. Muchos pesticidas y contaminantes pueden causar cambios no detectables por microscopía óptica en los tejidos y tratar de establecer una relación causal es difícil, y más aún que dosis letales para estos compuestos aún no han sido determinadas. Aún así, las necropsias proporcionan información indispensable sobre las causas de morbilidad y mortandad las cuales no podrían ser derivadas de otros métodos. Desafortunadamente, existen relativamente pocos reportes sobre causas de mortandad en tortugas marinas en el medio silvestre (Glazebrook y Campbell, 1990).

Literatura Citada

- Becker, P. R., D. Wilkinson y T.I. Lillestolen. 1994. Marine Mammal Health and Stranding Response Program: Program Development Plan, NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-94-2. U.S. Department of Commerce.
- Bennett, J. M. 1986. A method for sampling blood from hatchling loggerhead turtles. *Herpetological Review* 17:43.
- Campbell, T. W. 1996. Sea Turtle Rehabilitation. Section VII. Appendix. p.427-436. *In*: D. R. Mader (Editor), *Reptile Medicine and Surgery*. W. B. Saunders Co., Philadelphia.
- Glazebrook, J. S. y R. S. Campbell. 1990. A survey of the diseases of marine turtles in northern Australia. II. Oceanarium-reared and wild turtles. *Diseases of Aquatic Organisms* 9:97-104.
- McDowell, E. M. y B. F. Trump. 1976. Historical fixatives suitable for diagnostic light and electron microscopy. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine* 100:405-414.
- Owens, D. W. y G. J. Ruiz. 1980. New methods of obtaining blood and cerebrospinal fluid from marine turtles. *Herpetologica* 36:17-20.
- Rainey, W. E. 1981. Guide to Sea Turtle Visceral Anatomy. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-82. U.S. Department of Commerce. 82 pp.
- Samour, H. J., D. Riskey, T. March, B. Savage, O. Nieva y D. M. Jones. 1984. Blood sampling techniques in reptiles. *Veterinary Record* 114:472-476.
- Wolke, R. E y A. George. 1981. Sea Turtle Necropsy Manual. NOAA Technical Memorandum . NMFS-SEFC-24. U.S. Department of Commerce. 20 pp.

Grupos de Interés de las Bases y Legislación Nacional

Henri A. Reichart

348 Hickory Lane, San Rafael, California 94903 USA; Tel: +1 (415) 472-2939;

email: hareichart@aol.com

Hasta antes de la década de los 1960s, el interés de parte de los gobiernos por la buena condición de las poblaciones de tortugas marinas era muy escaso. Aunque en ese entonces muchos países contaban ya con legislación nacional para la conservación, las regulaciones específicas para la protección y manejo de tortugas marinas eran incidentales, superficiales o inexistentes. Con la creciente conciencia en las últimas décadas de que virtualmente todas las especies de tortugas marinas estaban amenazadas de extinción, y de que un recurso renovable con valor económico, cultural y ecológico podía perderse, gradualmente empezaron a emerger acuerdos internacionales y medidas legislativas nacionales para mitigar e incluso para detener la explotación de las tortugas marinas por el hombre. Mientras que el objetivo de dichas medidas legislativas ha sido recuperar las decrecientes poblaciones y así salvar a estas especies de la extinción, los resultados han sido heterogéneos.

En la mayoría de los países, las nuevas regulaciones para proteger a las tortugas marinas se integraron al marco general de las leyes de conservación ya existente. Este proceso no siempre ha sido la pauta ideal para la protección esperada. Por ejemplo, en muchos países las tortugas marinas fueron (y siguen siendo) consideradas tanto recurso pesquero (mientras están en el mar) como de vida silvestre (cuando anidan en tierra) y, por lo tanto, frecuentemente se encuentran situadas bajo jurisdicciones diferentes de los departamentos de Pesquerías y de Vida Silvestre. Esta situación ha causado confusión y controversia, y en algunos casos, una evidente contradicción legal. Es más, en lugar de gozar de la atención y recursos de los dos organismos normativos, las tortugas marinas frecuentemente son desatendidas, cuando cada agencia considera que la otra es quien tiene la obligación. Por consiguiente, debe recomendarse fuertemente, que se establezcan

líneas claras de jurisdicción en la legislación para la conservación de las tortugas marinas y que se eviten los sobrelapamientos (y otras excusas para la desatención) de las responsabilidades entre las dependencias oficiales.

Los principios casi universales (p. ej., sustentabilidad, gestoría y sentido del deber) son evidentes en las leyes de conservación en el ámbito nacional. Sin embargo, existe una inevitable variación en el detalle porque, además del obvio énfasis en la protección de los recursos naturales, las leyes nacionales están también basadas en las prioridades económicas y cultura locales. El aspecto cultural es singularmente importante. Por ejemplo, si los interesados en los recursos sienten que la ley es injusta y contraria a lo que ellos juzgan como violación a sus derechos tradicionales desarman la intención original de la legislación. En consecuencia, una consideración importante en el desarrollo de nuevas reglamentaciones para la conservación o el ajuste de las ya existentes, es lograr el consenso sobre todo entre la población local e indígena ya que frecuentemente son los más afectados pero los menos consultados.

Involucrar a los interesados nunca es fácil, sobre todo aquellos que puedan estar aislados geográfica o políticamente (ver Frazier, en este volumen). Para promover el diálogo y alentar el consenso, deben realizarse consultas públicas antes de tomar decisiones políticas. Estas consultas deben ser en forma de reuniones de consejos comunales o debates a nivel de las bases. Sería un error discutir la legislación propuesta únicamente con políticos locales o líderes comunales. La experiencia ha mostrado que, mientras que estos líderes pueden apoyar o estar de acuerdo con ciertas regulaciones, no siempre tienen el mandato o autoridad total de la comunidad o región. La persistencia de un saqueo creciente por parte de

los inconformes, es generalmente la consecuencia de su desacuerdo con la ley. El desarrollo de los asuntos legales de la conservación no debe ser, por lo tanto, de la exclusiva incumbencia de los políticos y tampoco debe permitirse que un solo grupo de interés en especial, ejerza una influencia excesiva en el proceso legal. Los tomadores de decisiones también deben tener la sabiduría de consultar a los especialistas en las distintas ramas de la legislación propuesta. El propósito primordial debe ser cubrir todas las facetas disponibles del tema y esto puede lograrse óptimamente a través de un enfoque multidisciplinario.

Además de tener presentes los puntos anteriores, los partidarios de la conservación también deben asegurar la integridad del proceso legal. Por ejemplo, si el diálogo local ha creado claramente una firme obstinación de parte de los cazadores hacia una reducción en los niveles de explotación, o la “negociación” logra proteger los huevos y crías, pero no a las hembras que nidifican, entonces, el siguiente paso no es reglamentar dicho acuerdo en la legislación (ya que esto solo asegurará la extinción), sino analizar más profundamente los asuntos involucrados, ¿Cuál es la base de la cosecha? ¿es la proteína?, ¿los ingresos?, ¿el comercio?, ¿estatus? Debe encontrarse la raíz, estar de acuerdo en esa identificación y sólo entonces renovar el diálogo con el propósito de satisfacer las necesidades por medios diferentes a aquellos consuntivos (sacrificio de tortugas, saqueo de nidadas, etc.). Las soluciones pueden incluir el realizar inversiones en fuentes alternativas de ingresos (p. ej., pesquerías poco explotadas, industrias rurales, protección/conservación de recursos, ecoturismo) y/o proteína (p. ej., cabras, gallinas, puercos, iguanas, maricultura en pequeña escala). Ciertamente se necesitará de financiamientos creativos.

La solución final no debe considerar solamente a la subsistencia tanto de los pescadores como del recurso, sino que debe de ir más allá de la legislación o programación social diseñada para aumentar la supervivencia de los pueblos indígenas y/o de las poblaciones diezadas de tortugas marinas. Dado que las amenazas para las tortugas marinas incluyen otros factores independientes de los efectos directos de la explotación humana, la protección legal, por si sola, no será suficiente para mitigar los problemas y promover la recuperación de la población. Las playas de anidación están siendo destruidas en una proporción sin precedente, para dar cabida a la in-

dustria con mayor crecimiento en el mundo: el turismo (ver Witherington en este volumen para una discusión de amenazas a los hábitats de anidación). El incremento en las tasas de captura de camarón y peces causan la muerte de numerosas especies cuya captura es incidental (especies no-objetivo), incluyendo decenas (sino no es que centenas) de miles de tortugas marinas cada año (ver Oravetz, en este volumen). Por ello, se requieren regulaciones y normas de apoyo complementarias en otros sectores dentro del marco jurídico para lograr abarcar el espectro completo de las amenazas que enfrentan las tortugas marinas en un determinado país.

Como en cualquier proceso de defensa, el primer paso es reunir los hechos. Si las poblaciones de tortugas marinas se han reducido sensiblemente, debe haber una razón. Es probable que la razón sea una combinación de la colecta local, colecta en algún otro sitio del área de distribución, captura incidental en aguas nacionales o extraterritoriales, y/o degradación de hábitat. El mecanismo para proveer de una protección óptima a las tortugas marinas puede diferir entre naciones y ningún determinado conjunto de leyes unificado sería congruente. Pero hay pautas generales que cumplirían decorosamente con los estándares internacionales, que pueden ayudar a los conservacionistas a recomendar acciones legales tanto a los grupos de interés como a los tomadores de decisiones. Para promover poblaciones sustentables, deben tenerse presentes como objetivos, los siguientes puntos (1) proporcionar la protección necesaria a todas las poblaciones locales para promover niveles poblacionales saludables; (2) establecer las restricciones obligatorias necesarias, tanto para la captura directa de tortugas como para la pesca incidental; (3) las sanciones y multas deben ser correspondientes con el valor del producto y debe estipularse el decomiso de equipo (incluyendo botes y vehículos); (4) debe identificarse y derogarse aspectos legales contradictorios y conflictivos; (5) debe promoverse la promulgación de nuevas leyes o fortalecer las existentes para proteger hábitats críticos y (6) los acuerdos internacionales relevantes deben ser apoyados por la legislación nacional.

Si la recuperación de la población es el objetivo primordial, algunas medidas deben ser, por necesidad, no negociables. Las tortugas adultas, especialmente las hembras en las playas de anidación, deben protegerse todo el tiempo y bajo cualquier circunstancia. No deben colectarse los huevos de las

tortugas, a menos que se pueda demostrar con fundamentos convincentes, que las cuotas de colecta solo consideran lotes de huevos que de cualquier manera se perderían. Desafortunadamente, en la práctica existen muy pocos sitios en el mundo en donde este caso puede aplicarse de manera razonable. En la actualidad, Costa Rica y Surinam han desarrollado iniciativas nacionales de colecta de huevos supervisadas regularmente y con resultados generalmente exitosos. En el primer caso, las arribadas sucesivas de tortugas golfinas, excavan un gran número (predecible) de nidadas en incubación puestas en las arribadas previas de la estación. En el último caso, más de un millón de huevos son destruidos cada temporada por erosión cíclica o por otras causas naturales; una fracción de estos huevos no-viables son colectados y vendidos al público. Sin embargo, sólo en sitios aislados de Costa Rica, México y la India siguen ocurriendo arribadas de tortugas golfinas de magnitud significativa y pocas naciones en el mundo tienen costas tan dinámicas como la de Surinam.

La condición de las tortugas marinas es tan dramática en muchas partes del mundo, que la única opción defendible -si las condiciones biológicas fueran el único elemento a considerar- sería una moratoria indefinida en la colecta de tortugas y huevos. En realidad, se necesita tiempo para involucrar a todos los grupos interesados en una agenda de conservación, mientras tanto los abogados podrían considerar el establecimiento de una fecha, después de la cual, la colecta deje de ser legal. Durante este tiempo, los colectores, vendedores y consumidores podrían prepararse para la moratoria- deben comprarse redes, ofrecer alternativas, educar al público y fortalecer la capacidad de ejecución y observancia de las leyes. Una vez establecida la moratoria en la captura y venta de tortugas marinas, sus huevos y productos, no debe ser levantada hasta que exista suficiente información que muestre que una cosecha controlada, no comprometería la recuperación total de poblaciones diezmadas.

Si los obstáculos para una moratoria completa son insuperables, los abogados deberán enfatizar ante los legisladores la urgente necesidad de una legislación nacional que imponga períodos de veda que abarquen la temporada completa de la anidación de todas las especies. Si se imponen límites de tamaño para proteger adultos en edad reproductora, estos límites deben estar basados en criterios que puedan ser cumplidos en el momento de la captura; p. ej.,

largo del caparazón en lugar del peso. Si los criterios no se pueden asegurar en el momento de la captura, las tortugas deben llegar a tierra vivas (los métodos potencialmente letales como el arpón, deben prohibirse). Se debe emplear la lógica en cada paso. Por ejemplo, adicionalmente al cierre de temporada para la captura, la posesión y venta de productos también debe prohibirse durante el cierre anual de temporada. De esta manera, la posesión no podrá ser justificada fácilmente, alegando que la tortuga arribó durante la temporada abierta. Si se protege a la tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*), la venta doméstica, la importación y la exportación de la concha se debe prohibir explícitamente, además de adecuar la legislación de exportación para reforzar los estatutos de la protección.

Durante todo el proceso de la gestión a favor de la protección, los conservacionistas deben hacer todos los esfuerzos para asegurar la veracidad de su información. Por ejemplo, las tendencias pueden enfatizarse en lugar de estimaciones poblacionales precisas, si los datos de las tendencias son disponibles y las estimaciones poblacionales precisas no lo están (ver Gerrodette y Taylor en este volumen sobre una discusión acerca de estimación del tamaño poblacional). Muchos políticos están bien informados y para que los proponentes logren impulsar el trámite para la legislación de la conservación, deben ofrecerse argumentos bien presentados y documentados. Sería arriesgado basar peticiones en datos superficiales o defender decisiones basadas en retórica emocional, especialmente a la vista de argumentos convincentes del *status quo* que probablemente sean presentados por cabildadores con intereses especiales. Los proponentes también deben buscar la forma de expresar el valor del recurso de las tortugas marinas en términos económicos. (p. ej., ingreso sustentable para el turismo) o valor funcional. Nunca se deben menospreciar las consideraciones éticas o estéticas aunque, por supuesto, muchos políticos son persuadidos principalmente por argumentos económicos.

Finalmente, en el establecimiento de legislación nacional para la conservación de tortugas marinas, uno debe esforzarse por hacerla compatible y complementaria con los acuerdos internacionales (ver Hykle, en este volumen). Una cosa es ratificar la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) o cualquier otro tratado internacional y otra

muy distinta es asegurar que las leyes nacionales no contradigan los objetivos de estos diferentes acuerdos.

En resumen, la legislación nacional debe ser clara en su intención, equiparable en sus objetivos, inflexible con relación a las necesidades básicas de la biología de las tortugas marinas (p. ej., reconociendo el lento crecimiento, madurez tardía y la importancia singular de hembras grávidas), adecuada en las áreas

de aplicación y penalización, holística (p. ej., incluir protección del hábitat) y armonizada con obligaciones internacionales relevantes. El involucramiento de los grupos interesados en el diseño y aplicación de leyes de conservación debe buscarse siempre de manera honesta y abierta. Marginar la participación de los grupos interesados locales, casi siempre asegura el fracaso de leyes de conservación nacionales.

Colaboración Regional

Romeo B. Trono

WWF - Philippines, P.O. BOX U.P. 209, Diliman, Quezon City 1101 Philippines; Tel: +63 (2) 433-3220 to 22; Fax: +63 (2) 426-3927; email: rtrono@mozcom.com

Rodney V. Salm

The Nature Conservancy, 923 Nu'uana Avenue, Honolulu, Hawaii 96817 USA; Tel: +1 (808) 537-4508; Fax: +1 (808) 545-2019; email: rsalm@tnc.org

El mar es un medio ambiente especial en donde algunos de los vínculos están establecidos por medio de los patrones de corrientes, migración de especies y dispersión pasiva de larvas que puede extenderse a través de miles de kilómetros. Consecuentemente, los temas generales de conservación marina y especialmente aquellos relacionados a especies con amplias áreas de distribución, tales como tortugas y cetáceos, necesitan ser abordados en un ámbito regional (multinacional). Existe consenso de que las medidas de conservación aplicadas independientemente o aisladamente a nivel nacional, son inadecuadas para detener efectivamente la persistente disminución de las poblaciones de tortugas marinas. Más aún, los esfuerzos de conservación en un país pueden ser anulados por actividades no sustentables dirigidas hacia la misma población de tortugas en otro país. Los programas de conservación verdaderamente exitosos, trascienden barreras geográficas y políticas. Cuando los estados comparten el mismo recurso marino, también comparten el reto común de una conservación efectiva.

Las tortugas marinas, realizan travesías rutinarias de cientos y en ocasiones miles de kilómetros entre hábitats específicos y, en algunos casos, separados por cuencas oceánicas enteras. Por lo tanto, se requiere una estrategia de manejo coordinado entre los países incluidos en su área de distribución. Algunas de las convenciones internacionales y estrategias globales de conservación actuales, incluyen previsiones relevantes para especies en peligro altamente migratorias incluyendo a las tortugas marinas. Estas convenciones (ver Hykle, en este volumen) y estrategias (p. ej., la “Estrategia Global de Biodiversidad”

desarrollada bajo el auspicio del Instituto Mundial de Recursos, la Unión Mundial para la Conservación (UICN) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), así como la “Estrategia Global para la Conservación de Tortugas Marinas” del Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG/SSC/UICN) proveen el marco para la colaboración regional. Al desarrollar estrategias para esta colaboración, los participantes deben inicialmente diagnosticar los puntos clave de conservación y enfocarse en aquellas áreas en donde los asuntos y necesidades nacionales requieren o puedan beneficiarse al ser tratadas a un nivel transnacional.

La colaboración regional al generar y compartir información de investigación tiene el potencial de guiar acciones de manejo con sentido y asistir en la determinación de prioridades de conservación. Adicionalmente, muchos de los asuntos relacionados con la conservación de tortugas marinas son comúnmente los mismos a través de la región y los países individuales tienen mucho que ganar al compartir sus experiencias. No existe una fórmula rígida para alentar la colaboración regional para la conservación de tortugas marinas. Se han empleado varios caminos en diferentes arenas geopolíticas. En el Pacífico Sur, el programa regional de tortugas marinas es un componente de un acuerdo regional más amplio que considera al medio ambiente en general. En el Mar Caribe, se logran de manera efectiva acciones de cooperación a través de una red internacional activa compuesta por expertos en tortugas marinas, coordinadores nacionales locales, y cientos de ciudadanos interesados a través de la región del Gran Caribe. En el Sureste de Asia, el programa regional

de conservación de tortugas marinas, está sometido al proceso formal bajo el auspicio de ASEAN, que es una organización regional que, como grupo, opera por consenso.

Cualquiera que sea el proceso empleado para establecer cooperación multilateral, es ventajoso usar un enfoque funcional; esto es, el programa debe enfocarse en su función, que es la conservación de las tortugas marinas a lo largo de una región geográfica. Evitar los obstáculos potenciales, como la geopolítica, tarifas, soberanía y seguridad nacional, acelerará la aceptación y generará el apoyo de los estados participantes. En los casos en que los estados se oponen a la cooperación, la planeación no oficial por grupos de conservación o la búsqueda de asociaciones a niveles gubernamentales bajos (tales como apoyo a proyectos entre los estados que tengan que ver con las tortugas marinas), pueden proveer de un vehículo para la cooperación. En particular, cuando los estados involucrados son naciones en desarrollo, el esperar grandes compromisos financieros por parte de los gobiernos puede crear resistencias posteriores. Una forma de cubrir parcialmente la necesidades de financiamiento es integrar la iniciativa de conservación regional a alguna agenda de trabajo intergubernamental ya existente.

El Programa Regional Ambiental del Pacífico Sur (SPREP por sus siglas en inglés) es un programa intergubernamental para las naciones oceánicas de las Islas del Pacífico. El exitoso Programa Regional de Manejo de Tortugas Marinas (RMTMP) en esta área, es un componente del programa general de biodiversidad del SPREP. Los representantes de los países participantes se reúnen anualmente para proveer información sobre la distribución y abundancia, áreas de anidación y alimentación, importancia cultural y uso tradicional, el estado de la legislación y aplicación de la ley, datos de marcaje (incluyendo recuperaciones a grandes distancias, lo que ayuda a definir qué países están incluidos en el área de distribución), los impactos de procesos costeros naturales, impactos por desastres naturales (p. ej., ciclones) y amenazas asociadas con el comercio internacional, captura incidental y desarrollos costeros mal proyectados. Basados en prioridades acordadas, establecidas en estas reuniones anuales, las propuestas de los proyectos se desarrollan y se someten al secretariado del SPREP para su financiamiento. Se mantiene un banco de datos colectivo. Usando este camino, el SPREP es capaz

de abordar de manera efectiva una variedad de puntos de conservación relacionados con tortugas marinas, las cuales constituyen un prominente recurso compartido.

El Programa Ambiental del Caribe (PAC), se estableció hace 20 años bajo el auspicio del PNUMA para trabajar bajo un marco de cooperación regional para la protección y manejo de los recursos costeros y marinos de la región. La Red de Conservación de Tortugas Marinas del Gran Caribe (WIDECAST), que es una organización asociada al PAC, está compuesta por coordinadores nacionales de más de 30 naciones y una red de trabajo bien desarrollada con los grupos de las bases. Sus objetivos principales son promover la capacidad regional para implementar programas de conservación de tortugas marinas científicamente adecuados (“por medio del desarrollo de un entendimiento técnico de la biología y manejo de las tortugas marinas por individuos e instituciones locales”), y para asistir a los gobiernos del Caribe para cumplir con las obligaciones del protocolo de SPAW (ver Hykle en este volumen).

Con la asistencia de los participantes de las redes de trabajo locales y los expertos regionales, los coordinadores nacionales pueden vigilar el desarrollo de los Planes Nacionales de Recuperación de Tortugas Marinas que sintetizan la información disponible y hacen recomendaciones de conservación. WIDECAST también patrocina oportunidades de entrenamiento, asistiendo en el diseño e implementación de los programas de conservación y manejo, y produce y distribuye materiales educativos. Con base en las experiencias en el desarrollo e implementación de planes nacionales de recuperación y a la petición de los gobiernos bajo el marco del PMAC, el WIDECAST actualmente está finalizando las guías regionales para el manejo de las tortugas marinas en el Gran Caribe. Tal como en el caso del PRMAPS, los representantes de los países participantes se reúnen anualmente para compartir información y discutir las estrategias de conservación nacionales y regionales.

En 1975, el Plan de Acción Mediterráneo (PAM) fue establecido por gobiernos de la región bajo el Programa Regional de Mares del PNUMA. El PAM, que está enfocado a la protección del Mar Mediterráneo, consiste de tres componentes: científico, socioeconómico e institucional, y el legal (Convención de Barcelona y Protocolos). El Protocolo de Áreas Especialmente Protegidas se adoptó en 1982 y

entró en vigor en 1986 (ver Hykle en este volumen). Las Partes de la Convención de Barcelona incluyeron la protección de las tortugas marinas entre sus objetivos prioritarios para el período de 1985-1995 (Declaración de Genoa, septiembre 1985). Por este propósito, ellos adoptaron en 1989 el “Plan de Acción para la Conservación de las Tortugas Marinas del Mediterráneo”. Los asuntos de significancia regional relacionados con las Áreas Especialmente Protegidas y las especies en peligro (incluyendo tortugas marinas) son coordinados por el Centro de Actividades Regionales para las Áreas Especialmente Protegidas (CAR/AEP), con base en Túnez. Las Partes de la Convención han nominado Puntos Focales Nacionales en sus respectivos países para enlazarse con el Centro en asuntos técnicos y científicos. Los Puntos Focales Nacionales se reúnen cada dos años. El Centro provee a las Partes con asistencia en una variedad de campos, incluyendo la organización de seminarios y cursos de entrenamiento. También provee con asistencia financiera, por ejemplo a entrenadores para la participación en cursos en técnicas de conservación de tortugas marinas (como el que se lleva a cabo cada año en la Estación Lara de Tortugas Marinas en Chipre) y para elaborar encuestas en las playas. La Unión Europea también provee de oportunidades de financiamiento para Estados Mediterráneos en proyectos relacionados con la conservación de tortugas marinas a través de los instrumentos de la CE tales como LIFE/Países Terceros o MEDA. El CAR/AEP mantiene relaciones con diversas organizaciones intergubernamentales y ONGs y mantiene inventarios y bases de datos *inter alia*.

El Programa Regional de Conservación ASEAN (concebido a finales de 1993) provee de un marco para la colaboración regional en investigación y conservación de tortugas marinas en el Sureste de Asia. La región ASEAN (Brunei, Indonesia, Malasia, Filipinas, Singapur, Tailandia y Vietnam) protegen a seis especies de tortugas marinas y agregaciones significativas de tortugas verdes y laúd. El programa regional promueve el desarrollo e implementación de seis grandes componentes llamados: (1) Establecimiento de Sistemas de Información, (2) Establecimiento de Instituciones, (3) Investigación y Monitoreo Orientados al Manejo, (4) Campañas de Educación e Información, (5) Esfuerzos y Vínculos Internacionales y (6) Manejo de los Recursos. Reconociendo que el cumplimiento completo de amplios programas regionales, tales como éste,

requieren grandes cantidades de financiamiento, se han hecho esfuerzos para instrumentar iniciativas de modelos de conservación. Una de dichas iniciativas es la vía bilateral entre los gobiernos de Filipinas y Malasia para manejar conjuntamente las Islas Tortuga Sabah de las Filipinas. En las Islas Tortuga Sabah de las Filipinas se encuentra la única colonia anidante de gran importancia en la región ASEAN.

Las áreas protegidas transfronterizas han ganado popularidad en las décadas pasadas como una vía nueva y pragmática para conservar especies en peligro y hábitats compartidos por varios países vecinos. El Área Protegida Patrimonial de Islas Tortuga (APPIT) toma su nombre de las Islas Tortuga, es un grupo de nueve islas situada a lo largo de los Límites del Tratado Internacional entre Filipinas y Malasia. Estas nueve islas tienen una superficie total de tierra de solamente 336 hectáreas, pero albergan una de las más grandes agregaciones de tortugas verdes (*Chelonia*) y de carey (*Eretmochelys*) en el mundo. Los movimientos documentados de tortugas adultas marcadas han demostrado que esta agrupación de islas constituye una sola colonia de anidación. Más de 17 millones de huevos fueron puestos entre 1984-1995, 72% en las seis islas Filipinas y 28% en las tres islas de Sabah (Malasia). Tristemente, el impacto de la colecta masiva de huevos, que es una fuente tradicional de ingreso para los isleños, ahora es evidente. Entre 1951-1980 la producción de huevos en las Islas Tortuga se desplomó en más de 88%. Aunque la mayoría de los huevos son colectados en las playas de anidación de Filipinas, la mayoría fueron vendidos en Malasia.

En respuesta a la crisis en las Islas Tortuga, El Fondo Mundial para la Naturaleza, Programa Filipinas (WWF-PP) desarrolló una propuesta de proyecto para establecer a las Islas Tortuga como un área de manejo transfronteriza para tortugas marinas. Se organizó un Grupo de Trabajo compuesto por representantes del Proyecto de Conservación de Pawika (un proyecto del Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Filipinas), WWF-PP y la fundación de la Tortuga Marina, para establecer el trabajo básico del APPIT. El Grupo, presidido por WWF-PP, elaboró como su primera tarea, el borrador de un Memorándum de Acuerdo (MA). En la Segunda Reunión de la Comisión Conjunta Filipinas-Malasia para la Cooperación Bilateral (CCCB) en Febrero de 1995, se creó un Grupo de Trabajo Técnico Conjunto (GTTC) para construir

en los esfuerzos del consorcio Filipino.

Después de mucha deliberación, el GTTC eventualmente acordó en un borrador final del MA estableciendo la APPIT. El MA estipula que las Partes contratantes procurarán desarrollar un programa de manejo integrado incluyendo como mínimo lo siguiente: (1) implementación de una vía integrada y uniforme para la conservación e investigación que esté orientada hacia un manejo adecuado del APPIT, (2) establecimiento de una base de datos centralizada y una red de información sobre tortugas marinas, (3) desarrollo de programas informativos de concientización apropiados dirigidos primordialmente a los habitantes de las Islas Tortuga sobre la conservación de tortugas marinas y la protección de sus hábitats, (4) instrumentación de un programa de manejo conjunto de recursos sobre tortugas marinas, (5) desarrollo e instrumentación de un programa de entrenamiento y desarrollo para el personal del APPIT y (6) desarrollar y llevar a cabo programas de eco-turismo.

En mayo de 1996, durante la Tercera Reunión de CCCB Filipinas-Malasia se forjó un acuerdo clave entre los dos gobiernos estableciendo el Area Protegida Patrimonial de Islas Tortuga (APPIT). El APPIT está considerada como la primer área protegida transfronteriza para tortugas marinas en el mundo. Debe hacerse notar que Filipinas tiene un reclamo territorial sin resolver sobre Sabah. Mientras que el presente gobierno no persigue agresivamente este reclamo, éste permanece como irritante en lugar de una sana relación entre las dos naciones. Es alentador ver que aún en la cara de sensibilidades diplomáticas, se puede lograr progreso en favor de temas urgentes de conservación.

Construido sobre el éxito de programas en otras regiones se realizó el Taller de Entrenamiento y la Sesión de Planeación Estratégica del Océano Indico Occidental (organizado conjuntamente por la Oficina Regional de Africa del Este de la UICN y el GETM) patrocinado por la Junta de Parques Natal en la Bahía Sodwana, Sudáfrica en noviembre de 1995. Basado en una serie de presentaciones nacionales y discusiones de grupo diseñados para determinar los puntos clave en la conservación de tortugas marinas a nivel

nacional y regional, la reunión redactó una Estrategia de Conservación de Tortugas Marinas para el Océano Indico Occidental. Modelado con base en la Estrategia Global del MTSG, esta estrategia aborda las siguientes necesidades: investigación y monitoreo; manejo integrado para poblaciones sustentables de tortugas marinas; desarrollo de capacidad para la conservación, investigación y manejo; conciencia pública, información y educación; participación comunitaria en la conservación; cooperación regional e internacional y recaudación de fondos. Se identificaron doce acciones prioritarias que necesitan llevarse a cabo a nivel regional para facilitar los programas nacionales. En enero de 1997, el MTSG organizó un Taller y Sesión para la Planificación Estratégica en Bhubaneswar, India en la que los participantes redactaron un Plan Estratégico para la Conservación de las Tortugas Marinas y Plan de Acción para el Océano Indico Norte. Acrecentando sobre sus predecesores globales y regionales, la estrategia del Océano Indico, también identifica acciones y programas que son necesarios para facilitar y promover la conservación de tortugas marinas en el ámbito nacional y regional. Un requisito para lograr ambas estrategia es el desarrollo de acuerdos específicos para un manejo colaborativo a nivel regional para alentar la integración completa de todos los estados en el programa y para facilitar las sociedades formales inter-agencia o bilaterales.

Mientras que no es posible describir o dar crédito a todos los ejemplos exitosos de colaboración internacional, esperamos que el lector se aliente por la panorámica presentada aquí y se inspire tanto para participar y perseguir oportunidades internacionales. Al menos alentamos a todos aquellos que trabajan en favor de la conservación de las tortugas marinas a integrar sus esfuerzos localizados, con los esfuerzos de colegas que trabajan con la misma población de tortugas en países a cientos o miles de kilómetros de distancia. Con esto intentamos no solo que nuestro campo de metodologías sea consistente y firme (como lo sostenido por este manual), sino que los recursos aplicados sabiamente a nivel local y nacional puedan contribuir a la sobrevivencia de las tortugas marinas a lo largo de sus rangos completos de distribución.

Tratados Internacionales de Conservación

Douglas Hykle

UNEP/CMS (Convention on Migratory Species) Secretariat, Martin-Luther-King-Str. 8, D-53175

Bonn, Germany; Tel: +49 (228) 815-2401/2; Fax: +49 (288) 815-2449; email: cms@cms.unep.de Y dhykle@cms.unep.de

Una variedad de instrumentos legales acordados entre gobiernos, sostiene mucho del trabajo de conservación relacionado con tortugas marinas. Esta sección describe un número de tratados de conservación que operan a nivel global o regional, que son directa o indirectamente relevantes a la conservación de estos animales. La cobertura es necesariamente incompleta: en el espacio limitado disponible solo es posible resumir las principales características de las convenciones más prominentes y concentrarse en aquellos aspectos de un tratado dado que son relevantes a la conservación de tortugas marinas. Cada subsección incluye información sobre la fecha de adopción del tratado, el acrónimo o la forma corta más comúnmente usada, la fecha de entrada en vigor y el estado de membresías al momento de escribir este documento. No se intentó presentar los muchos planes de acción regionales que han sido desarrollados a nivel mundial, teniendo algunos de ellos por lo menos un apoyo tácito gubernamental. Algunas de las convenciones adoptan un enfoque orientado a la conservación de las especies, otras ponen más énfasis en medidas encaminadas a la protección de hábitats, mientras que otras lo abarcan todo. Una característica común a todos los tratados es que su efectividad y utilidad dependen de la motivación política y disponibilidad de recursos para instrumentarlas.

Convenciones Globales

1. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre, 1973 (CITES: entró en vigor el 1° de Julio de 1975; 145 Estados Miembros).

Presumiblemente el tratado de vida silvestre mejor conocido, CITES procura regular el comercio internacional de un amplio rango de animales

silvestres y plantas a través de un sistema de permisos de importación y exportación. Las provisiones que gobiernan el comercio de un Estado miembro a otro de especies incluidas en el Apéndice I de la Convención, son particularmente restrictivas: se requieren permisos para certificar que los especímenes han sido obtenidos legalmente y que la importación no es detrimental para la sobrevivencia de la especie y que no es con propósitos primordialmente comerciales. Todas las tortugas marinas se encuentran incluidas en el Apéndice I: por lo tanto, el intercambio comercial de especímenes vivos o muertos, sus partes y derivados está efectivamente prohibido entre las Partes CITES- excepto para aquellos que incluyeron formalmente una reserva excluyéndolas de las provisiones de la Convención en relación a las especies en cuestión. En noviembre de 1994, la Conferencia de las Partes de CITES, adoptó los lineamientos para evaluar las propuestas que pueden someter las Partes para permitir el “Ranching” de tortugas marinas (criar especímenes tomados del medio silvestre en un ambiente controlado) con el propósito de regular el comercio internacional. Al momento de escribir este artículo, estos lineamientos no han sido puestos en práctica. CITES se beneficia de su amplia membresía y de las estructuras de instrumentación nacionales relativamente bien establecidas y atrae considerable atención de grupos gubernamentales y no gubernamentales. CITES regula solamente el comercio internacional y no impone medidas legales a sus Partes con respecto al aprovechamiento doméstico de tortugas marinas.

Secretariado: CITES Secretariat, 15 Ch. des Anémones. C.P. 456, CH-1219 Châtelaine-Geneva, Switzerland; Tel: (+4122) 979-9139/40; Fax: (+4122) 797-3417; email: cites@unep.ch; Sitio en el web: www.wcmc.org.uk/CITES

2. Convención para la Conservación de Especies Migratorias y Animales Silvestres, 1979 (CMS o Convención de Bonn): entró en vigor el 1° de noviembre de 1983; 57 Estados Miembros.

La Convención de Especies Migratorias, contiene medidas estrictas para la protección de tortugas marinas a nivel nacional y promueve la cooperación regional a través de Acuerdos especializados y actividades de investigación conjuntas. Las Partes, que son Estados del Area de Distribución para especies incluidas en el Apéndice I (el cual incluye a todas las tortugas marinas excepto *Natator depressus*), deben procurar conservar su hábitat para contrarrestar los factores que obstaculizan su migración y controlar otros factores que puedan ponerlas en peligro. Sobre todo, las Partes están obligadas a prohibir la captura de animales de estas especies, con algunas excepciones. Las especies migratorias de Apéndice II que requieren o que puedan beneficiarse significativamente de Acuerdos internacionales de cooperación los cuales pueden variar de tratados legalmente vinculantes, a memoranda de entendimiento menos formales. Los Acuerdos más formales, deben proveer de planes coordinados de manejo y conservación de especies; conservación y restauración del hábitat; control de factores que obstaculizan la migración; investigación cooperativa y monitoreo; y educación pública e intercambio de información entre las Partes.

Las tortugas marinas han sido identificadas como un grupo prioritario para concentrar acciones por los cuerpos de toma de decisión del CMS. La Convención patrocina la investigación básica (p. ej., encuestas de playas de anidación críticas, estudios genéticos que ayuden a dilucidar los patrones de migración), actividades de información (p. ej., carteles de identificación de las tortugas marinas del Atlántico, publicaciones tales como la revisión del estado del conocimiento de las tortugas marinas a lo largo de la costa atlántica de Africa, un prototipo de software con mapas SIG para las playas de anidación del Océano Indico) y fortalecimiento institucional (p. ej., entrenamiento regional/talleres de políticas, manuales de técnicas de conservación). Iniciando a nivel regional y con especial atención en los países en desarrollo, el CMS está trabajando hacia un marco global con vínculos para la conservación de tortugas marinas.

Secretariado: UNEP/CMS Secretariat, Martin-Luther-King-Str. 8, D53175 Bonn, Alemania
Tel: (49) (288) 815-2401/2; Fax: 815-2449

email: cms@cms.unep.de; Sitio en el web: www.wcmc.org.uk/cms

3. Convención sobre Diversidad Biológica, 1992 (CBD): entró en vigor el 29 de diciembre de 1993; 174 Estados miembros.

Los objetivos de la CBD son “ la conservación de la diversidad biológica, el uso sustentable de sus componentes y la justa y equitativa distribución de los beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos...”. Las Partes están obligadas *inter alia* a desarrollar estrategias nacionales (o adaptar las ya existentes), planes o programas para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica, llevar a cabo conservación *in situ* (p. ej., establecimiento de áreas protegidas, rehabilitación y restauración de ecosistemas degradados, regulación o manejo de actividades que afectan la diversidad biológica), realizar actividades de identificación y monitoreo y alentar los usos comunes de los recursos biológicos compatibles con la conservación o necesidades de uso sustentable. La Convención no se refiere explícitamente a la conservación de tortugas marinas, de hecho la CBD no contiene anexos de especies a los que se apliquen sus provisiones. De cualquier manera, provee de un marco en el que se persiguen los grandes objetivos de conservación. Mientras que la Convención ha atraído amplios apoyos políticos y financieros, se espera que la instrumentación de los componentes específicos de la CBD se logren a través de otros instrumentos.

Secretariado: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, World Trade Centre, 413 St. Jacques Street, Office 630, Montreal, Québec, Canada H2Y 1N9; Tel: (+1 514) 288 2220; Fax: (+1 514) 288 6588; Sitio en el web: www.biodiv.org

Convenciones Regionales

1. Convención sobre Protección de la Naturaleza y Preservación de la Vida Silvestre en el Hemisferio Occidental, 1940 (Convención del Hemisferio Occidental): entró en vigor el 1° de mayo de 1942; 22 Estados miembros.

Los objetivos establecidos en la Convención del Hemisferio Occidental son proteger y preservar todas las especies y géneros nativos de flora y fauna de la extinción, promover el establecimiento de áreas protegidas y fortalecer una mayor cooperación internacional. La protección estricta está de acuerdo

a las especies enlistadas en el anexo de la Convención (actualmente, una compilación de listas nacionales de especies) incluyendo cinco especies de tortugas marinas. Innovadora para su tiempo, la Convención atrajo una gran membresía y se dice que produjo el fundamento conceptual para la creación de áreas protegidas y estimuló la cooperación técnica. Por lo demás, sin embargo, la Convención no ha vivido todo su potencial - careciendo de un secretariado y sin un apoyo gubernamental amplio que la revitalice.

Depositaria: Organización de Estados Americanos, Secretariat for Legal Affairs, 19th Street and Constitution Avenue NW, Washington, D.C. 20006. Tel: (+1 202) 458 3395; Fax: (+1 202) 458 3250.

2. Convención para la Protección del Mar Mediterráneo contra la Contaminación, 1976 (Convención de Barcelona): entró en vigor el 12 de Febrero de 1978; 20 Estados miembros y la Unión Europea.

Protocolo concerniente a las Áreas Especialmente Protegidas del Mar Mediterráneo, 1982 (Protocolo SPA): entró en vigor el 23 de marzo de 1986; 20 Estados miembros y la Unión Europea.

La Convención de Barcelona tiene las provisiones generales para la protección del ambiente marino del Mar Mediterráneo, mientras que los asuntos sectoriales son cubiertos por una serie de protocolos. La Convención y los protocolos son los componentes legales del Plan de Acción del Mediterráneo (PAM), el cual funciona bajo el Programa de Mares Regionales del PNUMA. En 1995, la Convención de Barcelona se enmendó (nuevo título: Convención para la Protección del Ambiente Marino y la Región Costera del Mediterráneo). Las enmiendas, que aún no están en vigor, obligan *inter alia* a las Partes Contratantes a “tomar todas las medidas apropiadas para proteger y preservar la diversidad biológica, los ecosistemas poco comunes o frágiles, así como las especies silvestres de flora y fauna que son poco comunes, diezmadas, amenazadas o en peligro, y sus hábitats...” En 1985 las Partes Contratantes, en su Declaración de Genoa, adoptaron diez objetivos prioritarios. Entre ellos está la protección de tortugas marinas. Adicionalmente, una red de Centros de Actividad Regionales se encargan de los asuntos sectoriales (ver más adelante).

Secretariado: Coordinating Unit for the Mediter-

anean Action Plan (UNEP), Vas. Konstantinou 48, P.O. Box 18019, 11610 Athens, Greece. Tel: (+301) 72 73 100 (Conmutador); Fax: (+301) 72 53 196/7; E-mail; unepmedu@unepmap.gr

El Protocolo SPA actualmente en vigor, se encarga de los asuntos relacionados con el establecimiento de áreas especialmente protegidas. Adicionalmente a las provisiones relacionadas con las áreas especialmente protegidas, en 1989 se adoptó un Plan de Acción para la conservación de tortugas marinas. En Noviembre de 1998, este Plan de Acción fue revisado para ser sometido en la siguiente reunión de las Partes Contratantes (Octubre de 1999) para su aprobación. En 1995, se adoptó un nuevo Protocolo que, a su tiempo, entrará en vigor para reemplazar el actual Protocolo SPA (nuevo título: Protocolo concerniente a las Áreas Especialmente Protegidas y la Diversidad Biológica en el Mediterráneo). Este contiene obligaciones generales similares a las encontradas en la Convención de Diversidad Biológica. Adicionalmente, el Protocolo requiere que las Partes Contratantes protejan, preserven y manejen especies amenazadas o en peligro (incluyendo la prohibición de captura, posesión, matanza, intercambio comercial, disturbio, etc.), a establecer áreas protegidas y a coordinar esfuerzos de conservación bilaterales o multilaterales. En adición a la declaración de Áreas Especialmente Protegidas de Importancia Mediterránea (SPAMI's), el nuevo Protocolo tiene en Anexo una lista de especies en peligro para conservación y protección. Las tortugas marinas están incluidas en esta lista.

Secretariado: Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Centre International de l'Environment, 1080 La Chaaarguia, Tunisia. Tel: (+216 1) 795760; Fax: (+216 1) 797 349; email: racspa@tunisia.eu.net

3. Convención sobre la Conservación de la Vida Silvestre Europea y sus Hábitats Naturales, 1979 (Convención de Berna): entró en vigor el 1° de junio de 1982; 36 Estados Europeos y Africanos y la Unión Europea.

El propósito de la Convención es “conservar la flora y fauna y sus hábitats naturales, especialmente aquellas especies y hábitats cuya conservación requiere de la cooperación de varios Estados y promover dicha cooperación. Se da particular énfasis a las especies en peligro y vulnerables, incluyendo especies migratorias en peligro y vulnerables.” Las

Partes Contratantes *inter alia*, realizan la protección de las especies de flora y fauna incluidas en los Apéndices I y II, así como sus hábitats. Cinco especies de tortugas marinas se encuentran incluidas en el Apéndice II, como especies estrictamente protegidas. Estas son *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys kempii* y *Dermochelys coriacea*, con la mayor atención enfocada en las dos primeras. Las ONGs, participan activamente en el trabajo de la Convención y comúnmente son los principales promotores de las operaciones de protección y monitoreo. El Comité Permanente de la Convención, puede y adopta recomendaciones específicas y genéricas. Se han abierto varios archivos sobre asuntos de conservación de tortugas marinas y se han emitido recomendaciones a varios Estados. La Convención está construyendo una red de áreas protegidas conocida como Red Esmeralda de Áreas de Especial Interés para la Conservación y es también responsable de la coordinación de el Programa de Acción Europeo para Especies Amenazadas dentro del marco de la Estrategia Pan-Europea de Diversidad de Paisaje y Biológica.

Secretariado: Council of Europe, Environment Conservation and Management and Regional Planning Division, F-67075 Strasbourg Cedex, France. Tel: (+ 33 88 412000) Fax: (+33 88 413751); E-mail: gianluca.silvestrini@coe.fr; Sitio en el web: www.coe.fr.

4. Convención para la Protección y Desarrollo del Medio Ambiente Marino de la Región del Gran Caribe, 1983 (Convención de Cartagena): entró en vigor el 11 de octubre de 1986; 21 Estados miembros.

Protocolo concerniente a las Áreas Especialmente Protegidas y Vida Silvestre (Protocolo de SPAW): adoptado el 18 de enero de 1990; anexos adoptados el 11 de junio de 1991 (entrará en vigor en 2000 habiéndose obtenido las 9 ratificaciones necesarias).

La Convención de Cartagena urge a las Partes Contratantes a “tomar individual o conjuntamente, todas las medidas apropiadas para proteger y preservar ecosistemas raros o frágiles, así como el hábitat de especies diezmadas, amenazadas o en peligro en el área de la Convención.” Su Protocolo SPAW provee de un juego de medidas integrales beneficiando a las tortugas marinas, incluyendo el establecimiento de áreas protegidas, regulación o

prohibición de actividades destructivas, desarrollo de regímenes de manejo y cooperación internacional. Todas las seis especies que habitan el Gran Caribe (p. ej., *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Dermochelys coriacea*, *Lepidochelys kempii* y *L. olivacea*) están incluidas en el Anexo II de el Protocolo. El Artículo 11 del Protocolo, prohíbe para las especies del Anexo II: (a) la captura, posesión o matanza (incluyendo, en la medida de lo posible, la captura, posesión o matanza incidentales) o el intercambio comercial de estas especies, sus huevos, partes o productos y (b) en la medida de lo posible, la perturbación a dichas especies, particularmente durante los períodos de reproducción, incubación, estivación, migración y otros periodos de estrés biológico. Se permiten excepciones a las prohibiciones para propósitos científicos, educacionales o de manejo. Si bien aún no está en vigor, la adopción del Protocolo de SPAW ya ha estimulado el desarrollo de implementación del Programa Regional de Áreas Especialmente Protegidas y Vida Silvestre bajo el marco del Programa de Medio Ambiente del Caribe. Esto incluye actividades de conservación de las tortugas marinas implementadas a través de la red WIDECAST (ver Trono y Salm en este volumen), así como otras actividades relevantes (p. ej., establecimiento y manejo de áreas protegidas marinas el trabajo en red de MPA a través de la red CaMPAM).

Secretariado: Caribbean Environment Programme Regional Coordinating Unit, 14-20 Port Royal Street, Kingston, Jamaica. Tel: (+1 876) 922 9267-9; Fax: (+1 876) 922 9292; E-mail: uneprcuja@toj.com; Sitio en el web: www.cep.unep.org

5. Convención para la Protección de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente de la Región del Pacífico Sur, 1986 (Convención SPREP, por sus siglas en inglés): entró en vigor el 22 de agosto de 1990; 11 Estados miembros.

El Programa Regional de Medio Ambiente del Pacífico Sur (SPREP, por sus siglas en inglés), establecido formalmente en 1980, da su nombre a la convención que fue adoptada en una de sus reuniones en 1986. Las Partes a la Convención SPREP deberán “tomar todas las medidas apropiadas para proteger y preservar los ecosistemas raros o frágiles y las especies de flora y fauna diezmadas, amenazadas o

en peligro, así como sus hábitats” y “establecer áreas protegidas, tales como reservas y parques y prohibir o regular cualquier actividad que pueda tener efecto adversos sobre las especies, ecosistemas o procesos biológicos en dichas áreas designadas para ser protegidas”. El Programa Regional para la Conservación de Tortugas Marinas, desarrollado bajo el Programa de Conservación de Recursos Naturales del SPREP, promueve la conservación y el trabajo de monitoreo de tortugas marinas en la región del SPREP y ayudó a lanzar la campaña de Año de la Tortuga Marina en 1995.

Secretariado: South Pacific Regional Environmental Programme, P.O. Box 240, Apia, Western Samoa; Tel: (+685) 21 929 Fax: (+68520 231; E-mail: sprep@pactok.peg.apc.org.

Otros Instrumentos

Varios otros instrumentos legales son relevantes, directa o indirectamente, a la conservación de tortugas marinas, incluyendo la Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación por Barcos, 1973 (MARPOL: entró en vigor el 2 de octubre de 1983) la Convención sobre la conservación de la Naturaleza en el Pacífico Sur, 1976 (Convención Apia: entró en vigor el 28 de junio de 1990), la Convención de

Naciones Unidas sobre la Ley del Mar, 1982 (UNCLOS: entró en vigor el 16 de noviembre de 1994), el Acuerdo ASEAN en la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales, 1985 y el Convenio para la conservación de la biodiversidad y protección de áreas silvestres prioritarias en América Central, 1992. Otros tratados también pueden ser relevantes, pero aún no entran en vigor (al momento de escribir), tales como la Convención para la Protección, Manejo y Desarrollo del medio ambiente Marino y Costero de la Región del Este de Africa, 1985 (Convención de Nairobi) y sus Protocolos relacionados de Areas Protegidas y de Flora y Fauna Silvestres en la Región del Este de Africa, 1985. La Convención Interamericana para la Protección y Conservación de Tortugas Marinas, el primer tratado dedicado exclusivamente a las tortugas marinas y concluido en 1996, requiere de ocho ratificaciones antes de entrar en vigor. El objetivo de la Convención es "promover la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y de los hábitats de los que dependen...". La Convención aborda la cosecha directa, la captura incidental y la destrucción de hábitats y promueve a que los estados fuera de las Américas firmen protocolos complementarios consistentes con estas metas.

Aspectos Forenses

**A. Ann Colbert, Cheryl M. Woodley, Gloria T. Seaborn,
M. Katherine Moore y Sylvia B. Galloway**

*Marine Forensics Program, NOAA/NOS Charleston Laboratory, 219 Fort Johnson Road,
Charleston, South Carolina 29412 USA; Tel: +1 (843) 762-8500; Fax: +1 (843) 762-8700;
email: marine.forensics@noaa.gov*

Ciencia Forense

La ciencia forense se ha definido como “la aplicación de las ciencias naturales y físicas para la resolución de asuntos dentro de un contexto legal” (Thornton, 1994). Por lo tanto, la ciencia forense se ocupa con el crimen y los sospechosos, seguidos de una investigación y un análisis comparativo/analítico de la evidencia, y puede culminar en un testimonio de la interpretación del significado del análisis en el contexto del crimen.

El uso informal del término “forense” es popular hoy en día entre la comunidad de investigación de vida silvestre; mucha de esta investigación es típicamente para uso solamente de información y nunca se pretende llegar a una corte legal. Debido a que las pruebas forenses pueden tener un impacto significativo en el resultado de un juicio o un proceso de decisión público, debe evitarse el uso informal del término forense. El intento de inferir apoyo para el proceso legal mientras no se instituya un procedimiento formal de investigación, generalmente compromete la admisibilidad del análisis de la evidencia en una corte legal e impide el procesamiento de casos de aplicación de la ley. Es imperativo que el investigador que accede a conducir identificaciones bioquímicas de evidencia de vida silvestre para procedimientos legales, esté completamente consciente de las responsabilidades singulares que tienen los científicos forenses cuando apoyan el cumplimiento de la ley.

¿Cuándo se utiliza la ciencia forense en tortugas marinas?

En los Estados Unidos, las técnicas forenses para la identificación de especies han sido utilizadas en

esfuerzos de conservación relativos a las tortugas marinas desde finales de los años 70's por el Programa Forense Marino en el Laboratorio de Charleston del Servicio Nacional Marino y de Pesquerías [N.B. En 1997 el Laboratorio, con su Programa Forense Marino, entró bajo la jurisdicción del Servicio Nacional de Océanos (NOS) del NOAA.] Aún cuando la mayoría de los análisis de identificación de especies se han conducido en apoyo a actividades de aplicación de la ley para la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES) u otras violaciones del Acta de Especies en Peligro de Estados Unidos, se puede usar la misma tecnología para contestar preguntas de manejo e investigación. Un ejemplo de un caso legal involucró el decomiso de un trozo de carne roja que se suponía era de venado (*Odocoileus sp.*) durante el abordaje de un barco camaronero. La carne fue analizada forensicamente usando enfoque isoelectrico y se identificó positivamente como carne de tortuga caguama, *Caretta caretta* (Colbert, 1993).

¿Qué clase de muestras se pueden usar como evidencia?

El tipo más común de la evidencia de material que se sospecha sea comercio ilegal de tortugas marinas son carne, huevos, caparazón o cosméticos que podrían contener aceites de tortuga (ver Tabla 1). La ocurrencia de circunstancias inusuales o difíciles no deben eliminar la posibilidad de aplicar el análisis forense y la discusión con científicos forenses marinos generalmente llevan hacia nuevos caminos en el análisis de evidencia. Constantemente surgen nuevas preguntas en relación a la conservación de las tortugas

Tabla 1. Métodos de Colección y Análisis para Secciones Corporales de Tortugas Marinas

Tipo de Evidencia	Colección/Preservación	Análisis/ Metodología	Limitaciones de la Metodología
<i>Carne Cruda de Calidad Comestible</i>	Cadena de Custodia y Documentación Poner el tejido en bolsas de plástico, poner en hielo inmediatamente después de la colecta, entonces congelar lo más pronto posible . *Para Análisis de ADN, la carne puede secarse o salarse o colocarse en alcohol etílico si no se dispone de refrigeración.	Enfoque Isoeléctrico(IEF) ADN – RFLP o Secuenciación	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de estándares de ciertas localidades geográficas • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Huevos– Crudos</i>	Cadena de Custodia y Documentación Colocar los huevos en bolsas de plástico, hielo, refrigerar o congelar *Si lo anterior no está inmediatamente disponible, los huevos pueden mantenerse en arena mojada hasta por 48 horas.	Análisis de Lípidos ADN RFLP o Secuenciación	<ul style="list-style-type: none"> • Caguama, Golfina y Kempii son indistinguibles • Carencia de estándares de algunas localidades geográficas • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Huevos– Cocidos</i>	Cadena de Custodia y Documentación Colocar los huevos en recipientes de plástico y refrigerar o congelar	Análisis de Lípidos ADN – RFLP o Secuenciación	<ul style="list-style-type: none"> • Igual que para huevos crudos • Método bajo desarrollo • Disponibilidad de estándares a lo largo de distribución geográfica • Caracterización de marcadores adicionales requerida
<i>Sangre (Tomada del Animal)</i>	Cadena de Custodia y Documentación Refrigerar hasta por 48 hrs, Congelar a -20°C - -80°C Secar con tela de algodón, filtro de papel o cotonete Colocar en solución lítica (suministrada por un laboratorio forense).	ADN – RFLP o Secuenciación	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de estándares a lo largo de distribución geográfica • Caracterización de marcadores adicionales requerida
<i>Manchas de sangre</i>	Cadena de Custodia y Documentación Secar, embolsar el material que contiene la mancha Raspar la sangre seca en una bolsa de plástico o tubo, mantener seco.	ADN – RFLP o Secuenciación	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de estándares a lo largo de distribución geográfica • Caracterización de marcadores adicionales requerida
<i>Otros Tejidos Internos</i>	Cadena de Custodia y Documentación Solo se requieren pequeñas piezas de tejido, ~ .2-2cm ³ Refrigerar o congelar, Poner en sal para secar el tejido Poner en alcohol etílico.	Análisis de ADN	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Carapacho – Fresco, con Tejido Adherido</i>	Cadena de Custodia y Documentación Refrigerar; Ver lo anterior para preservación adicional de tejidos para análisis de ADN.	Análisis Visual/Morfológico IEF Análisis de ADN	<ul style="list-style-type: none"> • Subjetivo, basado en interpretación experta • Tejido no debe estar descompuesto • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Carapacho – Seco, sin Tejido Adherido</i>	Cadena de Custodia y Documentación Embolsar el material y documentar con cadena de custodia.	Análisis Visual/Morfológico	<ul style="list-style-type: none"> • Subjetivo, basado en interpretación experta
<i>Restos de Esqueletos</i>	Cadena de Custodia y Documentación Embolsar el material y documentar con cadena de custodia Mantener seco.	Análisis Visual/Morfológico Análisis de ADN	<ul style="list-style-type: none"> • Subjetivo, basado en interpretación experta • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Tejido Seco</i>	Cadena de Custodia y Documentación Embolsar material. Mantener seco.	Análisis de ADN	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Carnes Cocidas</i>	Cadena de Custodia y Documentación Embolsar material. Refrigerar hasta 1 sem y/o congelar.	Análisis de ADN	<ul style="list-style-type: none"> • Método bajo desarrollo • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Carnes Enlatadas</i>	Cadena de Custodia y Documentación Embolsar material COMO ESTA.	Análisis de ADN	<ul style="list-style-type: none"> • Método bajo desarrollo • Disponibilidad de estándares • Base de datos incompleta
<i>Aceites y Cosméticos</i>	Cadena de Custodia y Documentación Embolsar material COMO ESTÁ, Proteger del aire y luz solar.	Análisis de Lípidos	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados pueden ser confundido por aditivos • Concentración de Aceite de Tortuga puede ser menor que límite de detectabilidad
<i>Joyería/Productos de Piel/Penes Secos de Tortugas</i>	Cadena de Custodia y Documentación Embolsar material COMO ESTA.	Visual ADN	<ul style="list-style-type: none"> • Subjetivo, basado en interpretación experta • Nivel de procesamiento al que el tejido/piel ha sido sometido

marinas. El Programa Forense Marino intenta iniciar el desarrollo de métodos e investigación colaborativa para cubrir las nuevas necesidades. Estas actividades frecuentemente requieren la colecta de nuevas muestras estándares de algunas o todas las especies de tortugas marinas para comparar con la evidencia y para el desarrollo de bases de datos. Si no se cuenta actualmente con la capacidad para trabajar en un asunto forense de tortugas marinas, se hacen esfuerzos para localizar investigadores que puedan aportar apoyo técnico. En dichos casos, el programa Forense Marino puede referir una indagación a otro investigador, o puede actuar como enlace sobre el caso, de manera que se asegure que la evidencia es manejada de forma que sea aceptable en una corte y en la comunidad científica.

¿Qué clase de documentación se necesita para un análisis forense?

Los permisos son el primer requisito para manejar y procesar tortugas marinas, sus partes y productos. En el campo forense marino, la propiedad decomisada (evidencia) o muestras morfológicamente inidentificables, son comparadas con muestras especiales de un archivo. Estas muestras especiales llamadas estándares, tienen que ser colectadas de animales completos cuidadosamente identificados por expertos autorizados, quienes proveen de documentos firmados verificando la especie. Tanto las muestras como las evidencias son igualmente acompañadas por una “cadena de custodia” o un rastro auditable que se origina con el colector y que acompaña a la muestra todo el tiempo. Cada persona en posesión de una muestra de evidencia o estándar, firma y anota la fecha en la cadena de custodia cuando recibe y devuelve la muestra.

La cadena de custodia continúa al mantener la muestra bajo condiciones seguras con acceso limitado, mandando o transfiriendo la muestra de forma segura para que las alteraciones sean detectables, y usando las instalaciones de laboratorio donde se siguen los procedimientos de la cadena de custodia durante el análisis. Cualquier persona que firma la cadena de custodia potencialmente puede ser llamada para testificar en la corte acerca de su posesión de la muestra, así como la persona que verifica la identidad de la especie de las muestras estándar. El analista es la persona que más probablemente sea llamada a testificar con relación a las actividades forenses, y

debe poder testificar que el procedimiento fue realizado correctamente y que ningún individuo pudo alterar la muestra durante el análisis. Adicional a la documentación de la cadena de custodia, el analista debe producir un reporte de caso y ser capaz de proporcionar notas relacionadas con el caso y cualquier otra información de laboratorio que se le requiera.

¿Cómo son identificadas las muestras de evidencia?

En el campo, regularmente es difícil determinar definitivamente la especie de origen para huevos de tortuga marina o cualquier otro tejido, cuando el animal completo no está disponible. Cuando la especie de la muestra no puede ser conclusivamente determinada por observación visual, usualmente se hacen análisis químicos y bioquímicos para identificar la especie de manera confiable y definitiva. Los rangos de tamaño de los huevos, sin embargo se sobrelapan entre muchas especies y comúnmente más de una especie anida en una playa en particular. En dichas circunstancias los análisis químicos tales como química de lípidos o de ADN son normalmente necesarios.

La carne con piel o aletas se pueden identificar contando las garras y/o por la morfología de la piel y escamas en caso de contar con piezas suficientemente grandes. Sin embargo, si solo se dispone de un pequeño trozo de piel o carne, se necesitarán métodos como técnicas para el análisis del ADN o proteínas para hacer las identificaciones. El potencial existe ahora, a través de la aplicación de tecnologías de ADN para descubrir el parentesco de huevos o individuos híbridos resultados de la cruce entre dos especies y para determinar la identidad de fragmentos de hueso y escudo, así como hacer identificaciones de rastros de evidencia tales como salpicaduras de sangre. Los detalles de todos los métodos descritos en esta sección pueden encontrarse en el *Manual Forense Marino del Laboratorio de Charleston*, que es un protocolo de operación estándar interno.

¿Cómo se colectan y almacenan las muestras forenses?

La efectividad de las actividades forenses en casos de aplicación de la ley e investigación depende en gran medida del manejo de las muestras previo al

análisis. Se pueden cometer errores en la documentación de las muestras, en la colecta, almacenamiento, empaque y envío que pueden disminuir el valor o hasta excluir las muestras para análisis forense. Las muestras deben separarse para prevenir la contaminación de una muestra a otra. Por lo tanto, cuando se colectan diversas muestras, deben empacarse y etiquetarse individualmente y la cadena de custodia inicia en el punto en que la evidencia es decomisada.

Se reconoce que algunos investigadores o personal de vigilancia que trabajan en áreas remotas no siempre tienen acceso a las herramientas ideales de muestreo o a insumos para el envío, tales como hielo seco, paquetes de geles congelantes y envases de poliestireno. Si surgen estas situaciones, elija un método apropiado de preservación o almacenamiento de la Tabla 1 hasta que se arregle el envío o transporte al laboratorio. Aunque muchos tipos de muestras pueden congelarse de manera segura y entonces enviarse por servicios de mensajería por la noche en hielo seco o en paquetes congelados de gel, es preferible que se busque la asistencia forense llamando al Laboratorio de Charleston del NOAA/NOS al (843) 762- 8500; Fax: (843) 762 8700; email: marine.forensics@noaa.gov. Pregunte por el personal del Programa Forense y discuta el asunto antes de almacenar o enviar las muestras.

¿Cuál es el protocolo de transporte y envío?

Una vez que se ha informado al analista apropiado en el laboratorio de que se enviará un cargamento, las muestras deben enviarse al Laboratorio de Charleston del NOAA/NOS. El número telefónico del laboratorio es el (843) 762- 8500, código postal 29412, el cual debe usarse en la etiqueta de envío. Usar un código postal equivocado, puede causar tardanza en la entrega lo que puede resultar en la pérdida de las muestras para análisis forense. Los servicios del Programa Forense Marino están disponibles para científicos y personal de vigilancia de todo el mundo.

¿Quién conduce los análisis forenses?

Nuevamente utilizando a los Estados Unidos como ejemplo, existen actualmente dos agencias federales de vida silvestre y marina con programas

forenses activos: El Servicio de Pesca y Vida Silvestre (Laboratorio Forense Nacional de Pesca y Vida Silvestre en Ashland, Oregon) y el Servicio Nacional de Océanos (Programa Forense Marino, Laboratorio de Charleston, Carolina del Sur). El objetivo del Programa Forense Marino de los Estados Unidos, es proveer apoyo forense en asuntos de aplicación de la ley de recursos marinos, manejo, utilización, seguridad y conservación.

Los servicios forenses federales de los Estados Unidos se han hecho disponibles a cualquier persona sin ningún cargo, si la petición cae en la generalidad del alcance de los mandatos de la agencia. Sin embargo, si la petición de análisis de muestras no es estrictamente para propósitos de aplicación de la ley, y resulta en la detección de alguna actividad ilegal, la información debe hacerse disponible a las autoridades competentes. El programa interactúa libremente con agentes federales y estatales de aplicación de la ley, administradores de pesquerías, agencias estatales de recursos marinos y personal universitario involucrado con investigación marina. Cuando una petición excede las capacidades normales del programa, generalmente se realizan arreglos para acomodar la necesidad en una base contractual y colaborativa o en base a algún otro arreglo mutuamente aceptable.

¿Quién está calificado para conducir análisis forenses?

Los análisis forenses deben ser conducidos por científicos que estén familiarizados y que practiquen procedimientos forenses, que tengan experiencia en los métodos usados para identificar especies y entiendan los asuntos de intercomunicación y que estén bien conscientes de que pueden ser citados a testificar en apoyo a la evidencia u opinión que produzcan. Es muy beneficioso tener experiencia previa o entrenamiento para dar testimonio como testigo experto. Estos criterios para conducir análisis forenses pueden incrementar la posibilidad de que el científico sea calificado como “experto” en una corte legal.

Cuando se compila una base de datos nacional, se aconseja a los investigadores que sigan las guías forenses y también al identificar a las especies de las que se colectan las muestras estándares. Los investigadores interesados deben estar conscientes de que la identificación de especies por ADN requiere de una extensa base de datos de numerosos individuos

de tortugas marinas en cada categoría de la especie. Una base de datos confiable, con una examinación estadística completa, se deriva de una buena documentación y mantenimiento seguro de las muestras bajo condiciones que puedan soportar escrutinio legal y científico en una acción de aplicación de la ley relacionado con la conservación de las tortugas marinas.

Literatura Citada

Colbert, A.A. 1993. Law enforcement and science: Crossing Paths. *Fisheries* 18:31-34.

Thornton, J. 1994. Courts of Law vs. Courts of Science: A Forensic Scientist's Reaction of Daubert. *Shepard's Expert and Scientific Evidence Quarterly* 1:475.