

Tesis Doctoral

La tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental

González Carman, Victoria

2012-12-19

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

González Carman, Victoria. (2012-12-19). La tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:

González Carman, Victoria. "La tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2012-12-19.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

La tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental

Tesis presentada para optar al título de
Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Biológicas

Lic. Victoria González Carman

Directores de tesis: Dr. Claudio Campagna y Dr. Hermes Mianzan

Consejero de Estudios: Dr. Juan Carlos Reboreda

Lugar de trabajo: Laboratorio de Zooplancton, Instituto Nacional de Investigación y
Desarrollo Pesquero- CONICET

Buenos Aires, 2012

LA TORTUGA VERDE EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL

RESUMEN

El objetivo general de esta tesis fue contribuir al conocimiento de la población de juveniles de tortuga verde (*Chelonia mydas*) que habita las aguas templadas del Atlántico Sudoccidental. La tortuga verde es una de las siete especies de tortugas marinas del mundo. Se encuentra en peligro de extinción debido a siglos de explotación de hembras adultas y huevos en las zonas de reproducción. Los esfuerzos de conservación llevados a cabo hasta la actualidad resultaron en el aumento de algunas colonias, aunque otras continuaron disminuyendo debido a las diferentes condiciones ambientales y amenazas que los juveniles experimentan en sus zonas de alimentación y a lo largo de sus rutas migratorias. La determinación del estado de conservación requiere de la investigación y manejo de la especie a lo largo de todo el ciclo de vida y la distribución de la especie. Una de las poblaciones que se encuentra en crecimiento es la colonia de Isla Ascensión. Los juveniles de esta población son afectados por la captura incidental y la degradación de sus hábitats que ocurre en la costa de Sudamérica. Por ello se estudió el comportamiento de los animales en relación al uso de hábitat, la ecología trófica y se analizó el marco legal en que ocurre la captura incidental. Los resultados de estos estudios demostraron que los juveniles de tortuga verde exhiben un comportamiento diferente al que se conoce para el resto de su distribución y que esto podría tener consecuencias para su conservación. Los animales utilizan áreas neríticas y oceánicas para alimentarse, e incluso en algunas áreas neríticas no exhiben una dieta estrictamente herbívora y una alimentación bentónica, sino que consumen plancton gelatinoso. El cambio ontogenético no sería necesariamente abrupto e irreversible. Los animales adaptarían su comportamiento a las condiciones ambientales locales. Además, los juveniles están expuestos a numerosas pesquerías costeras y pelágicas, y se alimentarían en una serie de ambientes degradados. Al menos en Argentina, existe un abundante marco legal e institucional que podría utilizarse para implementar medidas que apunten a reducir su captura incidental. Si bien la magnitud de la mortalidad de los juveniles en la región se desconoce, las amenazas ocurren en un área de grandes dimensiones y de difícil manejo que abarca las jurisdicciones y regímenes legales de tres países e implica el trabajo con pesquerías artesanales para las cuales hay un vacío de información. Esta tesis propone sumar el seguimiento y protección de los juveniles para asegurar que la colonia de Isla Ascensión alcance los niveles poblacionales previos a la explotación o al menos la capacidad de carga del ambiente. Esta tesis aporta información novedosa y de relevancia que puede ser utilizada para el manejo y protección de los juveniles en sus zonas de alimentación a lo largo de la costa de Sudamérica.

PALABRAS CLAVE

uso de hábitat, ecología trófica, cambio ontogenético, captura incidental, marco legal, Isla Ascensión, Argentina

THE GREEN SEA TURTLE IN THE SOUTHWEST ATLANTIC

ABSTRACT

The main goal of this thesis is to contribute to the knowledge of the juvenile green turtle (*Chelonia mydas*) population in the temperate waters of the Southwest Atlantic. The green turtle is one of the seven sea turtle species of the world. The species is endangered due to the exploitation of eggs and adult females at their breeding grounds. Conservation efforts conducted to date resulted in the recovery of some colonies, although some other populations are continuing to decline owing to different environmental conditions and threats faced by juveniles in their foraging grounds and along their migratory routes. Research and management activities throughout the entire life cycle and distribution are required to improve the conservation status of a species. One of the colonies that is currently increasing is Ascension Island; however juveniles from this population are affected by habitat degradation and bycatch occurring on the coast of South America. For this reason, this thesis studies the habitat use, the trophic ecology and the legal framework in which bycatch of juveniles takes place. The results demonstrated that juvenile green turtles behave differently in this region than in the rest of its distribution with consequences to its conservation. The turtles used neritic and oceanic areas to forage, and even in some neritic areas they do not exhibit a strict herbivorous diet and benthic feeding, but rather they feed on gelatinous plankton. This shows that the ontogenetic shift is not necessarily abrupt and irreversible as been shown elsewhere. Instead, the turtles adapt their behavior to local environmental conditions. Besides, the juveniles are exposed to several coastal and high-seas fisheries and they forage along degraded habitats. At least in Argentina, a rich legal and institutional framework exists to reduce bycatch. Even though the mortality of juveniles in the region is unknown, attention should be focused on the threats that occurred within this large and difficult to manage area where three jurisdictions and legal regimes are involved, along with artisanal fisheries for which information is lacking. This thesis proposes the monitoring and protection of juveniles to ensure that the Ascension Island population will achieve pre-exploitation levels or at least the carrying capacity of the environment. It also provides novel and relevant information that can be used to the protection and management of juveniles in their foraging grounds along the coast of South America

KEYWORDS

habitat use, trophic ecology, ontogenetic change, bycatch, legal frame, Ascension Island, Argentina

PUBLICACIONES

A partir de los resultados de esta tesis doctoral se obtuvieron las siguientes publicaciones científicas y de divulgación:

González Carman V, Falabella V, Maxwell S, Albareda D, Campagna C, Mianzan H (2012) Revisiting the ontogenetic shift paradigm: The case of juvenile green turtles in the SW Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 429: 64-72.

González Carman V, Machain N, Albareda D, Mianzan H, Campagna C (2012) Legal and institutional tools to mitigate marine turtle bycatch: Argentina as a case study. *Marine Policy* 36: 1265-1274.

González Carman V, Prosdocimi L, Bruno I, Albareda D, Campagna C, Mianzan H (2012) Tortugas marinas en aguas argentinas. *Ciencia Hoy* 22(127): 13-19.

FINANCIAMIENTO

Los estudios realizados en esta tesis fueron financiados por el Zoológico de Buenos Aires, Wildlife Conservation Society, el Scott Neotropical Fund del Cleveland Metroparks Zoo, el Fondo para la Conservación Ambiental del Banco Galicia, el FONCyT PICT 1553 y el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN 2076 auspiciado por el US National Science Foundation Grant GEO-0452325.

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis doctoral fue un proceso de aprendizaje en materia académica pero también, y fundamentalmente, en el plano personal ya que implicó empezar a vivir sola a 400 km de distancia de mis seres queridos y amigos. Ahora que este proceso llega a su fin, me vienen a la mente todas aquellas personas que de una manera u otra me acompañaron. En primer lugar, quiero agradecer a mi familia: mamá, papá, Fede y Yaya. Ellos estuvieron desde el principio más remoto, cuando me regalaron un libro que hablaba del mar o fuimos de viaje al sur. Todo el tiempo alimentaron el motor de mi curiosidad y mi constancia. A ellos va dedicada esta tesis.

En segundo lugar quiero agradecer a Franco por todo el amor que me diste y me das, por el apoyo incondicional, por la compañía, los mates mientras escribía, la paciencia, por soportar mis desvelos, por sacarme a caminar por la costa para que me despeje, por ayudarme a marcar tortugas, en definitiva, por estar siempre. Me haces mejor persona y te amo. Gracias también a la familia Beltrame, que me abrió las puertas de su hogar, cocinaron comidas riquísimas y siempre me dieron buenos consejos.

También quiero agradecer a mis directores, Claudio y Hermes, porque a lo largo de este proceso me enseñaron, me aconsejaron y me alentaron. De cada uno aprendí cosas distintas por lo que se complementaron de modo perfecto. Gracias por confiar en mí.

Gracias a la educación pública y gratuita en la cual siempre me formé. Gracias al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas por darme dos becas para realizar el doctorado, a la Universidad de Buenos Aires donde realicé la licenciatura y el doctorado y al Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero por darme un lugar donde trabajar durante 5 años. En especial, quiero agradecer a María Delia por hacerme un lugarcito en su box, y a Hugo Benavidez, Daniel Brown, Daniel Hernández, Gabriel Genzano, Claudia Bremec, Marcelo Acha, Norma Brunetti y Carlos Guerrero por prestarme laboratorios, balanzas y ayudarme desinteresadamente! Gracias a las bibliotecarias inidepianas que me consiguieron incunables textos tortugueros!

Gracias también a las instituciones que forman parte del Programa Regional de Investigación y Conservación de Tortugas Marinas de Argentina por colaborar conmigo para que pueda conseguir las muestras. Gracias a Pappo y Karina de Fundación Mundo Marino, a Pablo Bordino de Aquamarina, a Lucrecia Díaz, Martín Sotelo y Victoria Massola de la Reserva de Bahía Blanca, a Raúl González y Guille Svendsen del Instituto Storni y a Diego Albareda del Zoo de Buenos Aires.

Gracias a Laura Prosdocimi por enseñarme a hacer mi primera necropsia de tortugas y gracias a Marcela Uhart, Valeria Fallabela, Paulo Barata, Sara Maxwell, Florencia Botto y Natalia Machain por estar siempre disponibles para responder mis preguntas y ayudarme a lo largo de las tareas que tuve que realizar durante la tesis.

No quiero dejar de agradecer a todas aquellas personas que me hicieron un lugarcito en sus hogares cuando viajaba para buscar alguna tortuga: Lucre, Maricel, Fernanda, Guillermo, Raúl, Victoria y la familia Bruno. Gracias Nachito por tu trabajo incansable, sos parte importante de esta tesis! También a los pescadores de San Clemente, Villa del Mar, Rosales e Ingeniero White, en especial a Mario Delgado, Roberto Ubieta, Claudio Silva, Lucas y Cristóbal Jorge y el tío Luis. Gracias a los voluntarios de la Reserva de Bahía Blanca y de Aquamarina. Gracias también a mis compañeros del laboratorio de Zooplancton del INIDEP y de Nágera, en especial a Georgi y Brenda, que me ayudaron y soportaron mis nervios, ansiedades y con las que también compartí muchos biscochitos satánicos, pastafrolas y otras delicias!

Gracias Lucy por estar siempre para escucharme desde que cursamos Física II aquel verano calcinante en Ciudad Universitaria, y a Euge, Paulita, Caro y Agus... no pudieron ser mejores compañeras y amigas!!!

Me sorprende que esta sección sea tan breve dada mi perfecta incapacidad de síntesis. Así que a todos aquellos que me olvidé...Gracias!

ÍNDICE

RESUMEN- PALABRAS CLAVE	i
ABSTRACT- KEYWORDS	iii
PUBLICACIONES	v
FINANCIAMIENTO	v
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
LAS TORTUGAS MARINAS AMENAZADAS	4
INVESTIGACIÓN Y CONSERVACIÓN.....	7
<i>Zonas de reproducción</i>	7
<i>Zonas de alimentación</i>	9
<i>Zonas de reproducción y alimentación: un enfoque regional</i>	11
LA TORTUGA VERDE EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL	13
<i>Amenazas</i>	13
<i>Distribución y ciclo de vida</i>	16
ESTUDIO DE LOS JUVENILES EN ZONAS DE ALIMENTACIÓN: IMPLICANCIAS PARA LA CONSERVACIÓN	17
ESTRUCTURA DE LA TESIS	20

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	21
OBTENCIÓN DE LAS TORTUGAS Y MEDICIÓN	23
USO DE HÁBITAT	25
<i>Fundamentos</i>	25
<i>Colocación del transmisor y liberación de las tortugas</i>	25
<i>Cálculo de la posición geográfica y recepción de los datos</i>	29
<i>Análisis de los datos</i>	30
ECOLOGÍA TRÓFICA	33
<i>Fundamentos</i>	33
<i>Muestreo</i>	36
<i>Análisis de los datos</i>	38
CAPTURA INCIDENTAL: MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	42
<i>Fuentes de información y análisis</i>	42
CAPÍTULO III. RESULTADOS	43
TORTUGAS	45
USO DE HÁBITAT	46
<i>Estacionalidad, migraciones y áreas de alimentación</i>	47
ECOLOGÍA TRÓFICA	52
<i>Examen del contenido del aparato digestivo</i>	52
<i>Análisis de isótopos estables</i>	57
<i>Ingesta de basura</i>	60
CAPTURA INCIDENTAL: MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	63

<i>ZEE de Argentina</i>	63
<i>ZEEs de Uruguay y Brasil</i>	68
<i>Aguas internacionales</i>	74
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	75
USO DE HÁBITAT	78
ECOLOGÍA TRÓFICA	80
IMPLICANCIAS PARA LA HISTORIA DE VIDA	83
<i>Revisando el cambio ontogenético</i>	83
<i>¿Es adaptativo venir al sur?</i>	84
REPERCUSIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE EN ARGENTINA Y LA REGIÓN	89
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS	97
BIBLIOGRAFÍA	105
APÉNDICE ESTADÍSTICO	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema general del ciclo de vida de las tortugas marinas. Diseñado en base al patrón de ciclo de vida tipo II de Bolten (2003) y CIA (2006).

Figura 1.2. Esquema de la estructura genética mitocondrial de las poblaciones de tortugas marinas en las zonas de reproducción y de alimentación. Los colores representan distintos haplotipos provenientes de diferentes colonias. Tomado de Bowen et al. (2005).

Figura 1.3. Zonas de reproducción (amarillo) y alimentación (violeta) de la tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental y principales corrientes. CB: Corriente de Brasil, CBN: rama norte de la Corriente de Brasil, CES: Corriente Ecuatorial del Sur.

Figura 1.4. Uso de hembras de tortuga verde para consumo en Isla Ascensión (Ascension Island Heritage Society).

Figura 2.1. Largo mínimo curvo (LMC) del caparazón.

Figura 2.2. Localidades donde fueron obtenidas las tortugas estudiadas. Las estrellas marcan los lugares de la costa argentina donde se recuperó y liberó a los animales con transmisores satelitales. En rosa se marca el área donde fueron incidentemente capturados los animales utilizados para el estudio de ecología trófica.

Figura 2.3. Transmisores utilizados para el seguimiento satelital de los juveniles de tortuga verde.

Figura 2.4. Colocación del transmisor satelital y marcado de los animales.

Figura 2.5. Liberación de uno de los juveniles de tortuga verde equipados con un transmisor satelital.

Figura 2.6. Funcionamiento del sistema de localización geográfica y relevamiento de datos satelitales de Argos (modificado de ARGOS, 2007).

Figura 3.1. Trayectorias individuales de 9 tortugas verdes juveniles (A-I) en el Atlántico Sudoccidental. Las estrellas indican la localidad donde los animales fueron capturados y liberados y los círculos indican donde la transmisión se detuvo. Los puntos rojos y azules indican las posiciones donde los animales estuvieron alimentándose o desplazándose, respectivamente. Los puntos grises son las posiciones donde el comportamiento fue incierto.

Figura 3.2. Uso de hábitat estacional de los juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. Los contornos de uso (UD) de 100% y 50% representan la distribución total y las áreas de uso intenso de las tortugas, respectivamente. Las líneas llenas grises representan las isotermas promedio mensuales de febrero, mayo, agosto y noviembre de 2009. Se resalta la isoterma de 20°C.

Figura 3.3. Tasa de movimiento (km d^{-1}) de los juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. Los puntos negros representan el valor de la mediana, los rectángulos representan los percentiles de 25 y 75%, y los bigotes indican los valores mínimo y máximo.

Figura 3.4. Diagrama de dispersión entre la profundidad y la distancia a la costa para todas las estaciones del año. Los puntos naranjas corresponden al verano/otoño y los puntos verdes al invierno/primavera.

Figura 3.5. Áreas de alimentación de las tortugas verdes juveniles en el Atlántico Sudoccidental. La distribución de los animales está representada mediante los contornos de uso (UD). Los contornos de 100% y 50% representan la distribución total y las áreas de uso intenso de las tortugas, respectivamente.

Figura 3.6. (a) Estómago, (b) intestino grueso y delgado, y (c) esófago de un juvenil de tortuga verde proveniente de la Bahía Samborombón, Argentina.

Figura 3.7. Material mucoso encontrado en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina.

Figura 3.8. Comparación entre los nematocistos hallados en el material mucoso presente en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina, y los nematocistos de sus potenciales presas. La escala simboliza 25 y 50 μm . Los números y recuadros indican una correspondencia entre los nematocistos hallados en los aparatos digestivos y los de sus potenciales presas.

Figura 3.9. Componentes mayoritarios de la dieta de los juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina. (a) *Heleobia* sp., (b) fanerógama terrestre y (c) pólipos de Anthomedusae y Leptomedusae con detalle de *Amphisbetia operculata*, (d) *Maetra* sp.

Figura 3.10. Componentes minoritarios de la dieta de los juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina. (a) ovicápsulas de *Rapana venosa*, (b) *Porphyra* sp., (c) huevos de pez, (d) *Ulva* sp. y (e) poliquetos.

Figura 3.11. Composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) en plasma, sangre total, glóbulos rojos, músculo y epidermis de tortugas verdes juveniles de la Bahía Samborombón, Argentina. Los puntos indican el valor medio y las barras la desviación estándar (ver valores en Tabla 3.7). Las letras y los números indican la comparación *post hoc* del N y C, respectivamente (ver Apéndice estadístico).

Figura 3.12. Composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) del plasma de los juveniles de tortuga verde (círculo rosa lleno = media, círculos rosas vacíos = valores individuales) en relación a las potenciales presas presentes en la Bahía Samborombón, Argentina. Los cuadrados indican organismos del plancton no gelatinoso (Na: *Neomysis americana*, At: *Acartia tonsa*), los rombos peces planctófagos (St: *Stromateus brasiliensis*, Ba: *Brevoortia aurea*), los triángulos organismos bentónicos o plantas semisumergidas (Sa: *Spartina alterniflora*, Rv: *Rapana venosa*, Ma: *Macra* sp.) y los círculos negros organismos del plancton gelatinoso (Mn: *Mnemiopsis* sp., Cl: *Chrysaora lactea*, Lt: *Liriope tetraphylla*, Ll: *Lychnorhiza lucerna*). Los puntos indican el valor medio y las barras la desviación estándar (ver valores en Tabla 3.7).

Figura 3.13. Resultados del modelo de mezcla bayesiano SIAR para la composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) del plasma de los juveniles de tortuga verde y sus potenciales presas, teniendo en cuenta el factor de discriminación para C y N según Seminoff et al. (2006a). Ma: *Macra* sp., Mn: *Mnemiopsis* sp., Cl: *Chrysaora lactea*, Lt: *Liriope tetraphylla*, Ll: *Lychnorhiza lucerna*. Los gráficos de barras muestran la distribución de las proporciones relativas para cada una de las potenciales presas, junto con el valor medio y los percentiles de 1-99%.

Figura 3.14. Cantidad y peso de la basura hallada en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina.

Figura 3.15. Variedad de basura hallada en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina.

Figura 3.16. Deformación de la pared intestinal causada por la ingesta de basura en un juvenil de la tortuga verde.

Figura 3.17. Ruta migratoria de las tortugas verdes y áreas de pesca de las flotas que operan en la ZEE de Argentina. El área gris muestra la zona común de pesca de Argentina-Uruguay. El contorno de uso (UD) de 100% representa la distribución total de los animales y los puntos las posiciones que se obtuvieron mediante el seguimiento satelital. El mapa es a fines ilustrativos y no pretende ser autoritario.

Figura 3.18. Diagrama de las agencias de fauna y pesca de Argentina. MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, CFP: Consejo Federal Pesquero, MAA: Ministerio de Asuntos Agrarios, INIDEP: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Figura 3.19. Ruta migratoria de las tortugas verdes y áreas de pesca de las flotas que operan en las ZEEs de Uruguay, Brasil y aguas internacionales. El área gris muestra la zona común de pesca de Argentina-Uruguay. El contorno de uso (UD) de 100% representa la distribución total de los animales y los puntos las posiciones que se obtuvieron mediante el seguimiento satelital. El mapa es a fines ilustrativos y no pretende ser autoritario.

Figura 4.1. Principales sistemas frontales y corrientes del Atlántico Sudoccidental. Las flechas rojas indican la Corriente de Brasil y las zonas grises los frentes según Acha et al. (2004), Mianzan y Guerrero (2000) y Piola y Matano (2001).

Figura 4.2. Superposición de las zonas de alimentación de los juveniles de tortuga verde e información sobre su dieta en el Atlántico Sudoccidental. El tamaño de las figuras indica su importancia en la dieta de las tortugas. (1) Santos et al., 2011, (2) Sazima y Sazima, 1983, (3) Nagaoka et al., 2012, (4) Guebert Bartholo et al., 2011, (5) Bugoni et al., 2003, (6) Barros et al., 2007, (7) López Mendilaharsu et al., 2006 y (8) esta tesis.

Figura 4.3. Presencia de *L. tetraphylla* frente a Mar del Plata produciendo una coloración rosa en el agua (cortesía H. Mianzan).

Figura 4.4. Área de alimentación y localidades donde se registró la ingesta de basura en juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. (1) da Silva et al., 2011, (2) Bezerra y Bondioli, 2011, (3) Guebert Bartholo et al., 2011, (4) Tourinho et al., 2010, (5) Bugoni et al., 2003, (6) Murman et al., 2011, (7) esta tesis.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Especies de tortugas marinas y su estado de conservación según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. A aquellas especies catalogadas como en peligro, en peligro crítico o vulnerable se las considera amenazadas de extinción (UICN, 2011).

Tabla 2.1. Ciclos de registro programados en los transmisores satelitales.

Tabla 2.2. Clasificación de las posiciones calculadas por el sistema ARGOS (ARGOS, 2007).

Tabla 2.3. Concentraciones elementales de C y N de las potenciales presas de la tortuga verde en Bahía Samborombón. Datos provistos obtenidos de Botto et al. (2011) y Gaitán (2012).

Tabla 3.1. Medidas morfométricas de las tortugas verdes juveniles estudiadas. LMC: largo mínimo curvo del caparazón.

Tabla 3.2. Resumen del seguimiento satelital de 9 tortugas verdes juveniles estudiadas entre 2008 y 2011. SB: sur de Brasil, RDP: Río de la Plata, URU: costa atlántica de Uruguay, BA: costa de la provincia de Buenos Aires. (*) la transmisión se detuvo prematuramente, (†) migración ida y vuelta.

Tabla 3.3. Profundidad y distancia a la costa de las aguas utilizadas por los juveniles de tortuga verde durante el otoño/verano e invierno/primavera en el Atlántico Sudoccidental.

Tabla 3.4. Áreas de alimentación de los juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. Las áreas (km²) corresponden al 50 y 100% del contorno de uso.

Tabla 3.5. Contenido del aparato digestivo de los juveniles de tortugas verdes (n = 63) provenientes de la Bahía Samborombón, Argentina. %P_{ind}: peso húmedo individual, %FO: frecuencia de ocurrencia, MMD: material muy digerido, MNI: material no identificado.

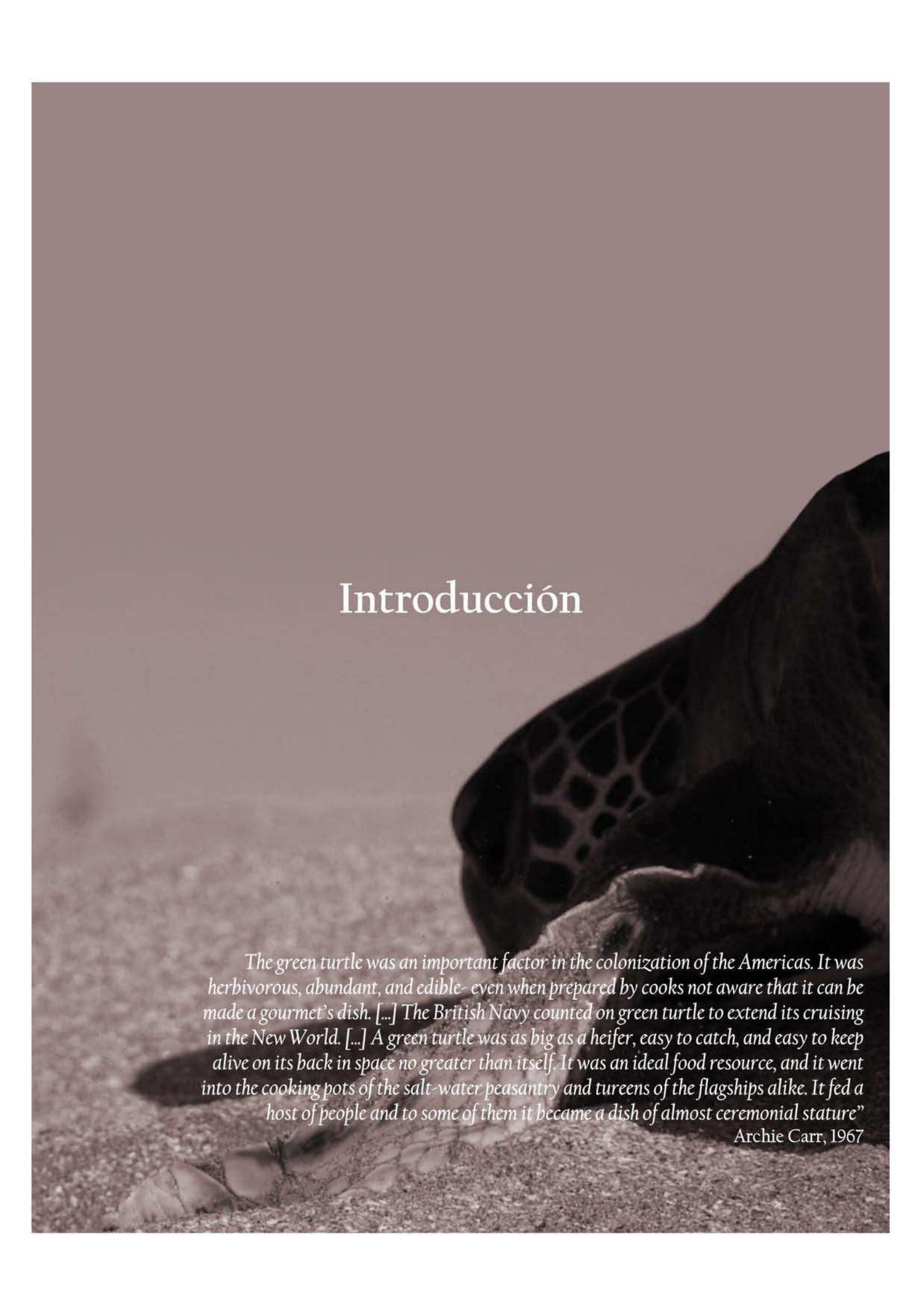
Tabla 3.6. Índices de importancia de las presas y organismos vegetales consumidos por los juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina. MNI: material no identificado, MMD: material muy digerido, %PSIRI: Índice de Importancia Relativa presa-específico, %IRI y %RI: Índices de Importancia Relativa.

Tabla 3.7. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) de los tejidos de tortugas verdes juveniles y sus potenciales presas en la Bahía Samborombón, Argentina. Las letras y los números indican la comparación *post hoc* del N y C, respectivamente (ver Apéndice estadístico). Los números entre paréntesis indican el tamaño muestral. DE: desvío estándar.

Tabla 3.8. Basura hallada en los aparatos digestivos de juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina. %FO: frecuencia de ocurrencia.

Tabla 3.9. Resumen de los aspectos más importantes de la legislación argentina pertinente a la conservación de las tortugas marinas. N: nacional, P: provincial, SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, MAA: Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires, OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible.

Tabla 3.10. Resumen de los aspectos más importantes de los tratados internacionales adoptados por Argentina relevantes para la conservación de las tortugas marinas. I: internacional, R: regional.



Introducción

The green turtle was an important factor in the colonization of the Americas. It was herbivorous, abundant, and edible- even when prepared by cooks not aware that it can be made a gourmet's dish. [...] The British Navy counted on green turtle to extend its cruising in the New World. [...] A green turtle was as big as a heifer, easy to catch, and easy to keep alive on its back in space no greater than itself. It was an ideal food resource, and it went into the cooking pots of the salt-water peasantry and tureens of the flagships alike. It fed a host of people and to some of them it became a dish of almost ceremonial stature"

Archie Carr, 1967

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO GENERAL

La tortuga verde (*Chelonia mydas*) está considerada como especie en peligro de extinción debido a la explotación de hembras adultas y huevos ocurrida durante siglos en las zonas de reproducción (Jackson, 1997; Seminoff, 2004). Los numerosos esfuerzos de conservación llevados a cabo desde las décadas del '50-'70 dieron como resultado el aumento de algunas colonias reproductoras (e.g. Costa Rica, Hawaii; Balazs y Chaloupka, 2004a; Tröeng y Rankin, 2005), aunque muchas otras continuaron disminuyendo (e.g. Galápagos, Guinea Ecuatorial, Turquía; Seminoff, 2004). El destino de las colonias depende, además de la protección en las zonas de reproducción, de las condiciones ambientales y los peligros a los que están expuestos los juveniles y subadultos en las zonas de alimentación y a lo largo de las rutas migratorias. Por lo tanto, la conservación de esta especie requiere del estudio de los animales durante toda su vida y a lo largo de toda su distribución (Godley et al., 2010; Hamman et al., 2010; Wallace et al., 2010a). Además, dada la naturaleza migratoria de la especie, se necesitan acciones multilaterales coordinadas a través de la legislación internacional y basadas en regulaciones locales que aseguren una plataforma de implementación de las medidas de manejo (Frazier, 2002; Upadhyay y Upadhyay, 2002).

Una de las colonias que se encuentra en crecimiento gracias a las acciones de conservación llevadas a cabo en las zonas de reproducción es la de Isla Ascensión (Broderick et al., 2006). Sin embargo, los juveniles de esta población no están protegidos sino que son afectados en las zonas de alimentación del Atlántico Sudoccidental por la captura incidental durante las actividades pesqueras (Domingo et al., 2006; Gallo et al., 2006; González Carman et al., 2011). Además, los hábitats se encuentran degradados a causa de la contaminación por metales, sustancias orgánicas y residuos sólidos, esta última evidenciada a través de la ingesta de basura por parte de los animales (Bugoni et al., 2001; Lutcavage et al., 1997; Tourinho et al., 2010). Se conoce muy poco acerca de la biología de los juveniles en esta región, especialmente en las aguas templadas al sur de los 34°S donde su presencia era considerada ocasional hasta hace relativamente poco tiempo (González Carman et al., 2011). Tampoco se conoce si estas amenazas están afectando el crecimiento de la

población de Isla Ascensión. Esta falta de información genera que la protección de los juveniles no sea prioritaria y que por lo tanto no se tomen las medidas de manejo necesarias. En este contexto, el objetivo general de esta tesis es contribuir al conocimiento de la población de juveniles de tortuga verde que habita las aguas templadas del Atlántico Sudoccidental. Se estudia el comportamiento de los animales en relación al uso de hábitat, la ecología trófica y el marco legal en que ocurre la captura incidental. Esta información permite entender aspectos básicos del ciclo de vida de los juveniles de tortuga verde que puede ser útil para la toma de medidas de manejo en pos de la conservación de la especie en la región.

LAS TORTUGAS MARINAS AMENAZADAS

En el mundo existen siete especies de tortugas marinas: tortuga verde (*C. mydas*), cabezona (*Caretta caretta*), laúd (*Dermochelys coriacea*), carey (*Eretmochelys imbricata*), olivácea (*Lepidochelys olivacea*), golfinia (*Lepidochelys kempii*) y aplanada (*Natator depressus*). Seis especies están consideradas amenazadas de extinción, y sólo una de ellas como poco conocida según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; Tabla 1.1; Pritchard, 1997; UICN, 2011).

Tabla 1.1. Especies de tortugas marinas y su estado de conservación según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. A aquellas especies catalogadas como en peligro, en peligro crítico o vulnerable se las considera amenazada de extinción (UICN, 2011).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE CONSERVACIÓN	AÑO
<i>Natator depressus</i>	tortuga aplanada	poco conocida	1996
<i>Lepidochelys olivacea</i>	tortuga olivácea	vulnerable	2008
<i>Chelonia mydas</i>	tortuga verde	en peligro	2004
<i>Caretta caretta</i>	tortuga cabezona	en peligro	1996
<i>Eretmochelys imbricata</i>	tortuga carey	en peligro crítico	2008
<i>Lepidochelys kempii</i>	tortuga golfinia	en peligro crítico	1996
<i>Dermochelys coriacea</i>	tortuga laúd	en peligro crítico	2000

En su mayoría son cosmopolitas y migratorias. Al ser animales ectotérmicos su distribución está restringida a latitudes tropicales y subtropicales, y sólo algunas especies pueden utilizar aguas templadas ricas en alimento (James y Mrosovsky, 2004; James et al., 2005, 2006, 2007; Seminoff y Jones, 2006). Su historia de vida comienza en el ambiente terrestre donde las hembras arriban brevemente para desovar. Luego de algunos meses, los huevos eclosionan y los neonatos se dirigen al mar donde transcurre el resto de la historia de vida. En la mayoría de las especies, la alimentación y el crecimiento ocurren en aguas oceánicas (>200 m de profundidad) durante los primeros años, aunque posteriormente los animales se trasladan hacia el ambiente nerítico (<200 m) donde

permanecen hasta alcanzar la madurez sexual y migrar hacia las zonas de reproducción (Fig. 1.1; Bolten, 2003; Musick y Limpus, 1997).¹

La explotación de las poblaciones de tortugas marinas comenzó con los primeros pobladores de América quienes las utilizaron como alimento, aprovechando también sus huesos y caparazón con motivo ornamental o utilitario (Bjorndal y Jackson, 2003; Frazier, 2003, 2005). Con la llegada de los europeos la explotación se intensificó y muchas colonias reproductoras fueron diezmadas (Bjorndal y Jackson, 2003; Jackson, 1997, 2001; Jackson et al., 2001). Si bien en la actualidad el consumo de carne y huevos de tortuga continúa en menor medida, existen otras nuevas amenazas. Entre ellas, la degradación de las playas de anidación por erosión, iluminación artificial o relleno que afectan el acceso de las hembras a las playas o modifican su comportamiento normal de anidación. La presencia humana en las playas trae consigo la presencia de animales domésticos o introducidos (perros, mapaches, etc.) que se alimentan, junto con los predadores naturales, de los huevos y las crías (Lutcavage et al., 1997).

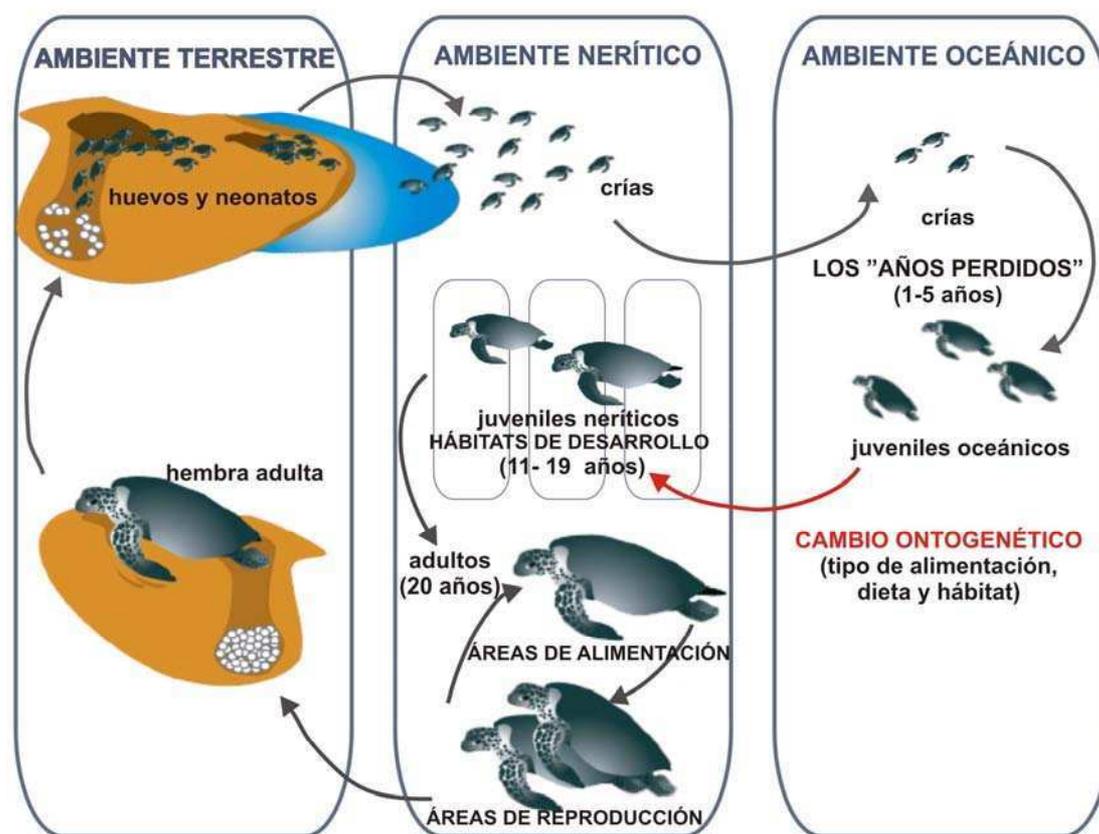


Figura 1.1. Esquema general del ciclo de vida de las tortugas marinas. Diseñado en base al patrón de ciclo de vida tipo II de Bolten (2003) y CIA (2006).

¹ Bolten (2003) postula que existen variaciones en el ciclo de vida de las tortugas marinas. Por ejemplo, la tortuga laúd posee hábitos oceánicos mientras que la tortuga aplanada permanece en el ambiente nerítico durante toda su vida.

A las amenazas en las zonas de reproducción se suman los peligros que las tortugas enfrentan en el mar y que afectan a los estadios con mayor valor para la conservación como los subadultos y adultos (Crouse et al., 1987; Crowder et al., 1994; Wallace et al., 2008). Se estima que un total de 85.000 tortugas de todas las especies son capturadas anualmente por las flotas pesqueras. Debido al pequeño porcentaje de las pesquerías que tienen observadores (1% de las flotas totales) y la escasez de datos de las pesquerías artesanales, es probable que la captura real esté subestimada por al menos dos órdenes de magnitud (Wallace et al., 2010b). La captura incidental, en conjunto con el consumo desmedido de huevos, ha causado que la población de tortuga laúd del Pacífico sea de tan sólo 2.300 hembras (Crowder, 2000; Ferraroli et al., 2004; Spotila et al., 2000).

En el mar las tortugas son también afectadas por la contaminación producida por los derrames de petróleo y los residuos sólidos generados por las ciudades costeras (e.g. bolsas plásticas) o las actividades pesqueras. La contaminación degrada los hábitats de alimentación y genera que los animales ingieran la basura o queden enmallados en ella (Lutcavage et al., 1997). Dependiendo de la cantidad y el tipo de basura, la ingesta puede tener efectos letales o sub-letales sobre los animales. En el caso de que se ingieran grandes cantidades o que se consuma algún material punzante o abrasivo, se pueden producir obstrucciones o perforaciones gastrointestinales que culminan con la muerte del animal en el corto plazo. Si se ingieren pequeñas cantidades o el material no daña la pared gastrointestinal, se produce una dilución alimenticia. Es decir, material no nutritivo suplanta al alimento en el estómago. Debido a que la tasa de consumo de alimento no se incrementa para compensar esta dilución, las tortugas ven reducida su ganancia de energía y nutrientes. A largo plazo, la dilución alimenticia afecta el crecimiento y la reproducción (McCauley y Bjorndal, 1999).

Las tortugas también padecen enfermedades como la fibropapilomatosis, una enfermedad neoplásica, debilitante, caracterizada por el desarrollo de tumores en la piel de las aletas, la boca, alrededor de los ojos y el caparazón. Puede también producir tumores internos en casi todos los órganos. Los tumores- que pueden crecer hasta un diámetro de 30 cm- interfieren con las habilidades de las tortugas para nadar, sumergirse, buscar alimento y evitar predadores. No se conoce aún el agente etiológico de la enfermedad, pero se han encontrado varios tipos de virus asociados. Se cree que posee también un componente ambiental, ya que su prevalencia estaría asociada con áreas contaminadas y densamente pobladas (Aguirre y Lutz, 2004).

INVESTIGACIÓN Y CONSERVACIÓN

Zonas de reproducción

Con los trabajos pioneros de Archie Carr en la década del '50, la investigación de las tortugas marinas se concentró en las zonas de reproducción donde sólo transcurre el 1% de su ciclo de vida (Carr, 1967). Existen motivos históricos y prácticos por los cuales esto es así. La explotación de las poblaciones comenzó en las playas donde las hembras desovan y el seguimiento de las poblaciones es logísticamente factible (Bjorndal, 2000). Pero además, las colonias reproductoras son la unidad de conservación por excelencia ya que las hembras exhiben fidelidad al sitio de anidación natal. Las diferentes colonias están caracterizadas por sus haplotipos mitocondriales, constituyendo así la unidad de diversidad genética (Fig. 1.2; Bowen et al., 2005; Meylan et al., 1990; Plotkin, 2003). La UICN define el estado de conservación de las especies de tortugas marinas a partir de las tendencias de ciertas colonias reproductoras reconocidas como sitios índice (Seminoff y Shanker, 2008).

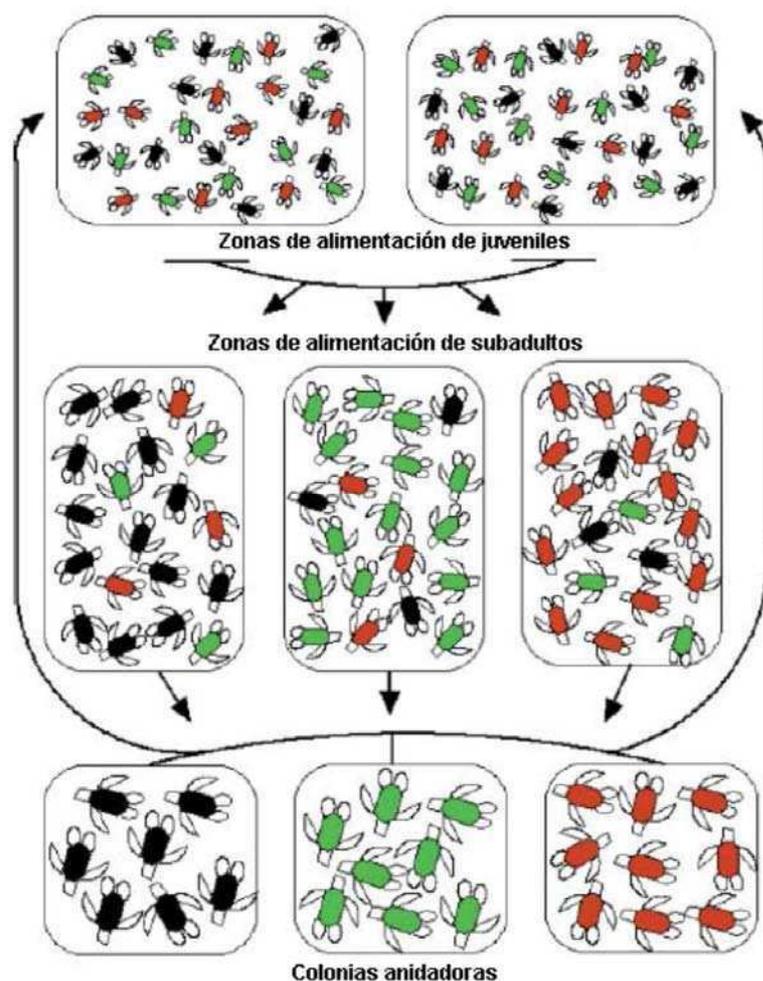


Figura 1.2. Esquema de la estructura genética mitocondrial de las poblaciones de tortugas marinas en las zonas de reproducción y de alimentación. Los colores representan distintos haplotipos provenientes de diferentes colonias. Tomado de Bowen et al. (2005).

En paralelo con los esfuerzos de investigación, muchos recursos han sido destinados a proteger a las hembras y sus huevos en las zonas de reproducción. Existen programas de reubicación de nidos hacia zonas más protegidas de las playas (zonas no inundables, sin predadores, etc.) e incluso programas de cría en cautiverio de neonatos de tortugas que, luego de alcanzar un determinado tamaño, son liberadas al mar supuestamente con más probabilidades de sobrevivir (Frazer, 1992). En la actualidad, algunas colonias cuentan con una historia de más de 30 años de investigación y conservación (e.g. Bjorndal et al., 1999; Chaloupka et al., 2008; Tröeng y Rankin, 2005).

La determinación del estado de conservación global de una especie realizada a partir de la observación de un determinado estadio durante un breve instante de su ciclo de vida posee ciertas consideraciones. La investigación en las zonas de reproducción brinda información demográfica únicamente de las hembras que se reproducen en una determinada temporada. Dado que las hembras se reproducen cada 3-4 años, una parte de la población no es muestreada (Chaloupka y Limpus, 2001; Hawkes et al., 2005). Por otro lado, existen marcadas fluctuaciones anuales en la abundancia de hembras que están asociadas a las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento que los animales encuentran en las zonas de alimentación (Broderick et al., 2001; Chaloupka, 2001; Limpus y Nichols, 1988; Saba et al., 2007). Por lo tanto, se necesitan varios años de datos para poder observar una tendencia poblacional confiable (Chaloupka y Limpus, 2001; Hawkes et al., 2005). Tampoco brinda información demográfica sobre los machos adultos o las cohortes de juveniles en el ambiente marino (Chaloupka y Limpus, 2001; Hawkes et al., 2005; Seminoff y Shanker, 2008). Las tortugas están desprotegidas en el ambiente marino y las acciones de conservación que se llevan a cabo sobre los nidos o las crías no apuntan a reducir las amenazas que enfrentan sino que se encargan de liberar más tortugas hacia un ambiente en el cual las poblaciones han demostrado que no puede prosperar debido a la captura incidental o la degradación de sus hábitats de alimentación (Frazer, 1992; Lutcavage et al., 1997).

Esto genera que la determinación del estado de conservación global de una especie en base a lo que sucede en sus zonas de reproducción muestre contradicciones. Las seis especies de tortugas marinas que están consideradas amenazadas de extinción poseen poblaciones que se encuentran en aumento (Seminoff y Shanker, 2008). Por ejemplo, la tortuga laúd está considerada como en peligro crítico de extinción en base a las disminuciones poblacionales observadas en las colonias del Océano Pacífico, a pesar de que muchas de las poblaciones del Atlántico están estables o incluso en aumento (Dutton et al., 2005; Spotila et al., 2000). Estas diferencias en las tendencias de las colonias se deben a que los animales están expuestos a distintas condiciones ambientales y peligros

en las zonas de alimentación y rutas migratorias que utilizan. Por lo tanto, la determinación del estado de conservación requiere del estudio de los animales durante toda su vida teniendo en cuenta las diferentes condiciones ambientales y amenazas que enfrentan a lo largo de toda su distribución (Godley et al. 2010; Hamman et al., 2010; Wallace et al., 2010a).

Zonas de alimentación

Para estimar de manera confiable y precisa la abundancia de las poblaciones de tortugas marinas es necesario muestrear la estructura demográfica completa teniendo en cuenta a las poblaciones residentes en las zonas de alimentación (Bjorndal et al., 2005; Chaloupka y Limpus, 2001; Chaloupka et al., 2008; Hawkes et al., 2005). Pero contrariamente a lo que sucede en las zonas de reproducción, en las zonas de alimentación convergen animales provenientes de diversas colonias dificultando el seguimiento de las tendencias poblacionales de las distintas colonias (Fig. 1.2; Bowen et al., 2005). La investigación en las zonas de alimentación requiere conocer la conexión con las zonas de reproducción sobre las cuales repercuten las condiciones ambientales y los peligros a los que están expuestos los juveniles y subadultos. Esto puede realizarse estudiando el comportamiento de los animales mediante técnicas de genética poblacional, seguimiento satelital, isótopos estables, entre otras (Godley et al. 2010; Hamman et al., 2010; Wallace et al., 2010a).

En las zonas de alimentación, el estudio del comportamiento de los animales en relación al uso de hábitat y la ecología trófica también permite obtener información que puede ser útil a su conservación. Un área intensamente utilizada o una ruta migratoria implican una significativa inversión de energía para obtener un beneficio que, teóricamente, es mayor al costo de haber invertido tiempo en ese lugar y no en otro potencialmente mejor (Charnov, 1976; Pyke et al., 1977). Por lo tanto la identificación de áreas de uso intenso dentro de la distribución de los animales es fundamental para entender a qué amenazas están expuestas las poblaciones (Cooke, 2008; Godley et al., 2010; Martin et al., 2007). En este sentido, McClellan y Read (2009) encontraron que las tortugas verdes y las flotas pesqueras preferían hábitats similares en las aguas costeras de Carolina del Norte (USA). Los animales estaban altamente expuestos a la captura incidental en redes de enmalle que sucedía en el área. Por otro lado, Fiedler et al. (2012) y Witt et al. (2011) observaron que las hembras de tortuga laúd de Gabón (África) estaban expuestas durante sus rutas migratorias por el Atlántico Sur a la captura incidental en pesquerías pelágicas con los valores de captura por unidad de esfuerzo más altos de todo el mundo.

El uso intenso o la migración hacia una determinada área están asociados a aspectos que tienen

que ver con la reproducción o la alimentación. Se supone que el comportamiento de alimentación exhibido por los individuos de una población ha sido favorecido por selección natural en el pasado debido a que maximiza algún beneficio individual como la ganancia de energía o el éxito reproductivo. Sin embargo, existen otros factores que también pueden influir. Puede suceder que los animales acepten alimento de baja calidad sólo porque habiéndolo encontrado tienen más para ganar consumiéndolo que ignorándolo y continuando la búsqueda (Charnov, 1976; Pyke et al., 1977). El tipo de alimento que los animales ingieren influye sobre su tasa de crecimiento y, a su vez, se relaciona con el tiempo hasta alcanzar la madurez sexual. Dado que los estadios más tempranos en la vida de las tortugas marinas son los que tienen la más alta mortalidad, una alimentación pobre en nutrientes y energía conlleva a una madurez sexual tardía que disminuye la supervivencia y el éxito reproductivo. Además, la recuperación de una población está directamente relacionada con el tiempo hasta la madurez sexual. Las tortugas que maduren a una edad más temprana contribuirán más pronto al crecimiento de su colonia reproductora (Bolten, 2003; Kubis et al., 2009; Werner y Gilliam, 1984).

Simultáneamente al estudio de las tortugas marinas en las zonas de reproducción y alimentación se hizo evidente que los distintos hábitats que los animales utilizan pueden encontrarse bajo jurisdicción de varios países, e incluso en aguas internacionales. La naturaleza migratoria y transzonal de estos animales hizo necesario recurrir a una herramienta que asegurara la toma de medidas de conservación multilaterales en un marco de cooperación. En este sentido, los tratados internacionales surgieron como una pieza clave para la protección de estos reptiles (Frazier, 2002; Wold, 2002; Campbell et al., 2002; Richardson et al., 2006). La Convención Inter-Americana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas es un instrumento internacional que los considera exclusivamente. Además, todas las especies se encuentran en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres que ha ayudado a reducir significativamente el comercio internacional de muchas especies, en especial de la tortuga verde y carey (Wold, 2002). Si bien se ha analizado extensamente el rol de los tratados internacionales en la protección de las tortugas marinas (e.g. Bache, 2002; Frazier, 2002; Hykle, 2002; Lutgen, 2006; Tiwari, 2002; Wold, 2002), son pocos los trabajos que también han explorado el contexto local (González Carman et al., 2012; Namnum, 2002; Upadhyay y Upadhyay, 2002). Las regulaciones locales son importantes debido a que los compromisos adquiridos a través de la legislación internacional son efectivos cuando existen normas que reflejan el espíritu de los mismos y provean de una plataforma de implementación para las acciones locales de conservación

(Campbell, 2007; Campbell et al., 2002; Richardson et al., 2006; Upadhyay y Upadhyay, 2002).

Zonas de reproducción y alimentación: un enfoque regional

La información proveniente de los estudios llevados a cabo en las zonas de reproducción y alimentación permitieron definir recientemente Unidades de Manejo Regionales (UMRs) que organizan a las poblaciones de tortugas marinas en unidades de conservación por encima del nivel de colonia reproductora pero por debajo del nivel de especie. Estas UMRs se definen en base a información acerca del ciclo de vida de las especies. Esta definición es dinámica, pudiendo mejorarse a medida que surge conocimiento nuevo acerca de aspectos básicos de la historia de vida de las tortugas marinas, especialmente en los múltiples hábitats que ocupan en el ambiente marino (Godley et al., 2010; Hamman et al., 2010 Wallace et al., 2010a).

Las UMRs proveen del marco necesario para mejorar la evaluación del estado de conservación de las poblaciones ya que contienen segmentos poblacionales que son funcionalmente independientes y apropiados para alcanzar objetivos de conservación a corto plazo (Wallace et al., 2010a, 2011). Permiten considerar la estructura demográfica, los factores ambientales y las amenazas que pueden estar afectando de manera diferencial a las poblaciones de una determinada región. Esto conlleva a una identificación y cuantificación de los peligros que los animales enfrentan a lo largo de toda su historia de vida con el fin de priorizar las acciones de conservación en términos del impacto relativo de las amenazas sobre las poblaciones (Bolten et al., 2011, Wallace et al., 2010a, 2011). Incluso permite analizar los factores sociales, políticos y económicos de los países que comparten las poblaciones de tortugas y que pueden afectar la factibilidad o eficiencia de las medidas de manejo. De este modo, la definición de UMRs permite subsanar algunas limitaciones que el enfoque de los sitios índice adoptado por la UICN tiene sobre la determinación del estado de conservación de las tortugas marinas, en especial permite entender la variabilidad en las tendencias poblaciones de las distintas colonias (Seminoff y Shanker, 2008; Wallace et al., 2010a).

La tortuga verde es una de las especies con una extensa historia de investigación y conservación en sus zonas de reproducción, y para la cual las tendencias variables de las diferentes colonias han generado un intenso debate acerca de su estado de conservación. La UICN afirma en base a datos científicos que la especie se encuentra en peligro de extinción en toda su distribución. A lo largo de tres generaciones las colonias reproductoras de las mayores cuencas oceánicas han disminuido más de un 50% como resultado de la explotación de hembras adultas y huevos que se llevó a cabo durante siglos en las zonas de reproducción. Estas estimaciones son conservadoras por lo que la

disminución real podría exceder el 70% (Seminoff, 2004). Sin embargo, existe también evidencia de que algunas colonias reproductoras están en aumento poniendo de manifiesto la necesidad de un enfoque regional para definir su estado de conservación (e.g. Broderick et al., 2006; Godfrey y Godley, 2008; Seminoff y Shanker, 2008).

Wallace et al. (2010a) y (2011) identificaron 17 UMRs en la totalidad de la distribución de la tortuga verde y, en base a la mejor información disponible acerca de los tamaños poblacionales y las amenazas, estas UMRs fueron clasificadas según el nivel de amenazas a las que están expuestas las poblaciones y el riesgo de extinción que enfrentan. Según Wallace et al. (2011), sólo las poblaciones del Mar Mediterráneo parecen estar expuestas a un elevado nivel de amenazas y poseen un elevado riesgo de extinción. Las poblaciones del Atlántico Norte y el Caribe, así como también las de la costa oeste de África están expuestas a un alto nivel de amenazas pero poseen un bajo riesgo de extinción. Asimismo, las poblaciones del Atlántico Sudoccidental y del Pacífico Oriental están expuestas a un bajo nivel de amenazas y poseen un bajo riesgo de extinción (Wallace et al., 2011). Recientemente, la colonia de Hawaii ha dejado de ser considerada como en peligro de extinción a ser una colonia cuyo estado de conservación es de preocupación menor (Pilcher et al., 2012). La colonia ha aumentado en los últimos 40 años gracias a la protección de las hembras, los juveniles y los huevos y es probable que, de seguir con esta tendencia, la población alcance la capacidad de carga del ambiente (Pilcher et al., 2012; Chaloupka et al., 2008; Chaloupka y Balazs, 2007). Otra de las colonias reproductoras que también muestra signos de recuperación es la de Isla Ascensión en el Atlántico Sudoccidental (Fig. 1.3).

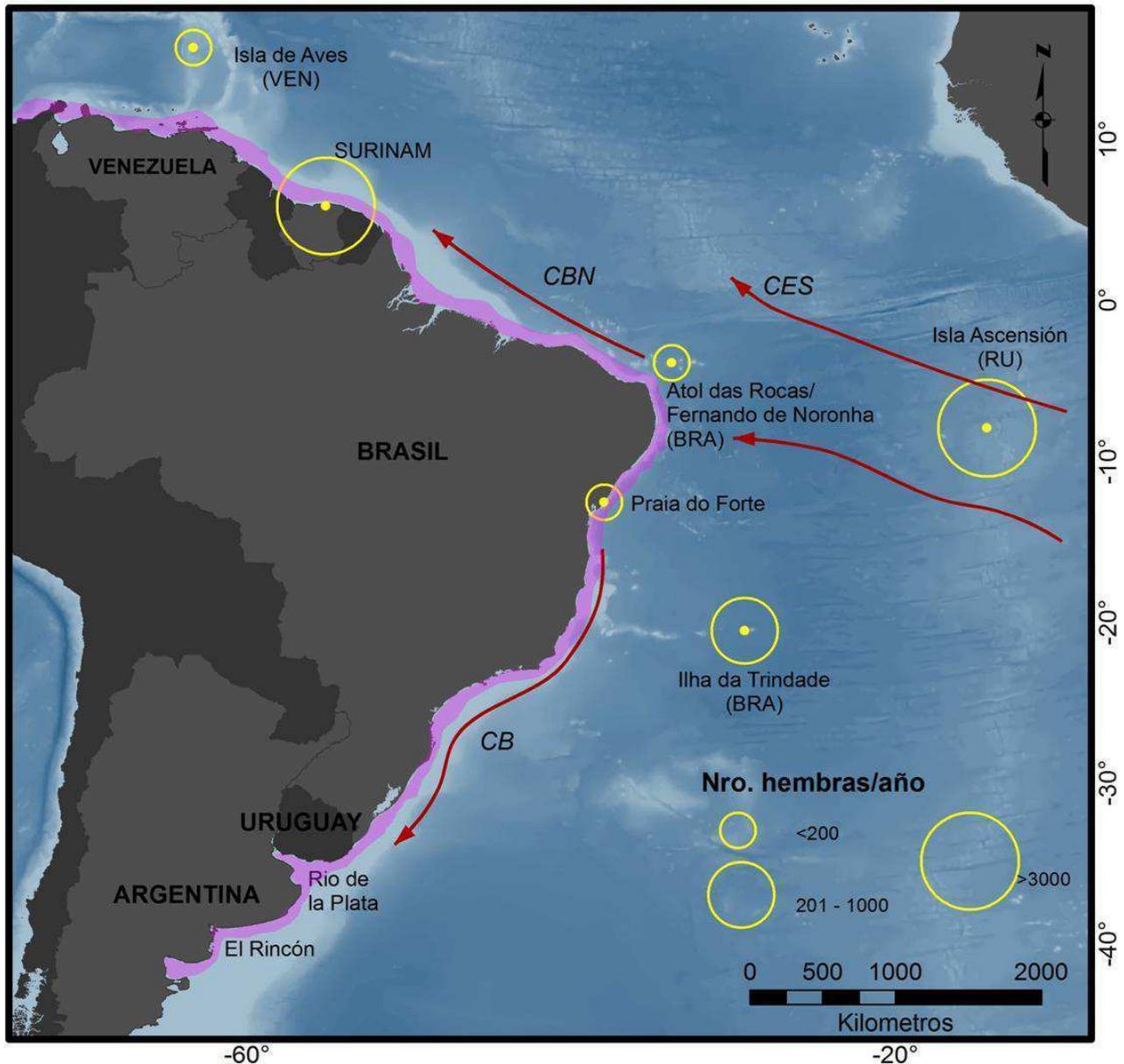


Figura 1.3. Zonas de reproducción (amarillo) y alimentación (violeta) de la tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental y principales corrientes. CB: Corriente de Brasil, CBN: rama norte de la Corriente de Brasil, CES: Corriente Ecuatorial del Sur.

LA TORTUGA VERDE EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL

Amenazas

La explotación de la colonia de Isla Ascensión (Reino Unido, 7°57'S, 14°22'O) se remonta al siglo XVI. Desde que el hombre llegó a la isla las crónicas hacen referencia a lo sencillo que era capturar a las tortugas y los poderes terapéuticos de su carne. En 1817, se produce la llegada de la marina británica y los animales se convierten en parte importante de la dieta de los residentes, pero

también en un lujoso banquete para la Corona. Dado que las tortugas sólo estaban presentes en la isla temporalmente para anidar, se construyeron estanques (*turtle ponds*) que permitían mantener a los animales y así proveerse de carne durante todo el año (Huxley, 1999). Se capturaban entre 200 a 1500 hembras de las 5.500 a 6.300 que anidaban cada año en la isla, por lo que se estima que la colonia contaba con un total de 19.000 a 22.000 hembras (Broderick et al., 2006). La explotación de las tortugas continuó aproximadamente hasta 1920, cuando la escasez de animales obligó a suspender su traslado a Inglaterra. A fines de 1950, se capturaban entre 3 a 5 animales por año y sólo para consumo local (Fig. 1.4; Huxley, 1999).

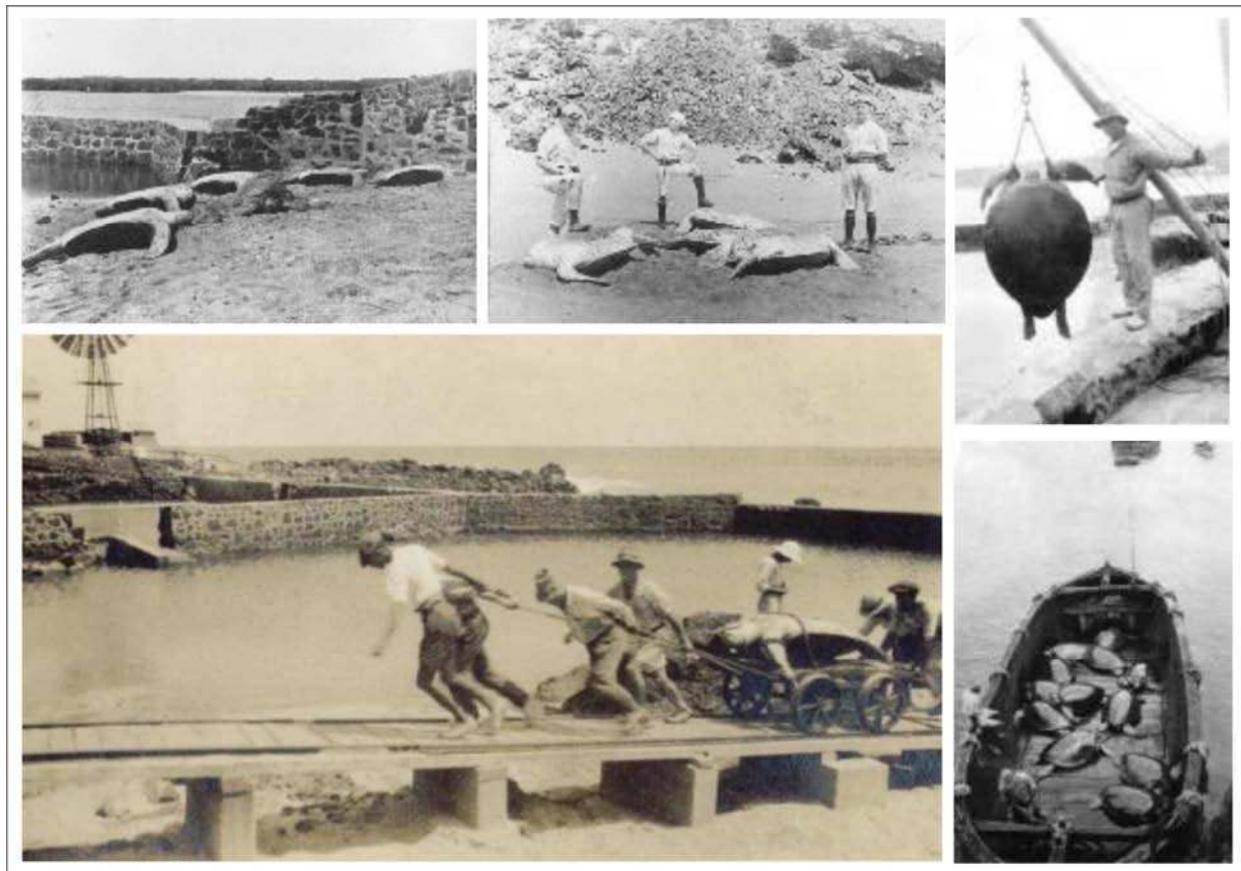


Figura 1.4. Uso de hembras de tortuga verde para consumo en Isla Ascensión (Ascension Island Heritage Society).

Broderick et al. (2006) sugieren que luego del cese de la explotación de las hembras y la protección aplicada a las mismas y sus huevos desde la década del '70, la colonia se ha incrementado un 285%. Incluso los adultos estarían protegidos en sus zonas de alimentación mediante la implementación de áreas marinas protegidas (Marcovaldi y Marcovaldi, 1999; Scott et al., 2012). En la actualidad la colonia de Isla Ascensión es la segunda en tamaño del Atlántico Sudoccidental, con un total de 3.800 hembras/año (Seminoff, 2004). En esta misma región le siguen en orden de

importancia las colonias reproductoras de Surinam (5°57'N, 54°51'O) con unas 1.000-3.000 hembras/año (Hirth, 1997; Seminoff, 2004), Ilha da Trindade (Brasil, 20°30'S, 29°20'O) con aproximadamente 600 hembras/año (Almeida et al., 2011), Isla de Aves (Venezuela, 15°40'N, 63°36'O) con 200 a 300 hembras/año (Bowen et al., 1992; Seminoff, 2004) y, finalmente, Atol das Rocas y Fernando de Noronha (Brasil, 3°51'S, 32°25'O) con 50-100 hembras/año (Bowen et al., 1992). Existen también algunos eventos de anidación en Praia do Forte, aunque esporádicos (Fig. 1.3; Brasil, 12°34'S, 38°00'O; Marcovaldi y Marcovaldi, 1999). Si bien es probable que la colonia de Ilha da Trindade haya sido también explotada, no existe documentación que lo demuestre (L. Bugoni, com. pers.) Hoy en día es ocupada por la marina brasilera y visitada regularmente por investigadores del proyecto TAMAR- ICMBio (Tortugas Marinas de Brasil) que monitorean su población desde hace 3-4 años (L. Bugoni, com. pers.) Isla de Aves fue decretada como Refugio de Fauna Silvestre y se encuentra bajo vigilancia militar permanente (Vera y Buitrago, 2012). Las colonias de Atol das Rocas y Fernando de Noronha cuentan con reservas nacionales desde 1979 en donde la investigación científica es la única actividad permitida. Por fuera de las reservas, la presencia humana está restringida y sólo algunas actividades de ecoturismo pueden realizarse. El proyecto TAMAR posee una base permanente allí (Marcovaldi y Marcovaldi, 1999). No existe información acerca del estado de protección actual del resto de las colonias.

Si bien los adultos y los huevos están protegidos (Broderick et al., 2002; Marcovaldi y Marcovaldi, 1999; Scott et al., 2012), la captura incidental de juveniles nacidos en su mayoría en Isla Ascensión ocurre a lo largo de los hábitats de alimentación sobre la costa de Sudamérica (e.g. Fiedler et al., 2012; Domingo et al., 2006; Gallo et al., 2006; González Carman et al., 2011; López Barrera et al., 2012; Naro Maciel et al., 2007; Proietti et al., 2009, 2012; Prosdocimi et al., 2012). También se ha observado la ingesta de basura por parte de los animales (Bugoni et al., 2001; Reis et al., 2010; Tourinho et al., 2010) evidenciando que estos hábitats se encuentran además degradados. En relación a la degradación del hábitat se ha detectado la presencia de fibropapilomatosis en tortugas de Brasil y Uruguay (Baptistotte, 2007; Santos et al., 2010; Laporta et al., 2006). En Brasil, la prevalencia promedio es del 15,4%, aunque recientemente se ha observado una prevalencia mayor al 50% en Espírito Santo. Esto, junto con el grado avanzado de los tumores en la mayoría de los casos, sugiere que la enfermedad sería severa al menos en esta área (Baptistotte, 2007; Santos et al., 2010; Reis et al., 2010; Torezani et al., 2010). En Argentina, la fibropapilomatosis y la ingesta de basura no han sido detectadas aún y se desconoce el efecto que estas amenazas tienen sobre la población de Isla Ascensión.

Distribución y ciclo de vida

Como se ha mencionado anteriormente, la tortuga verde habita las aguas costeras de Sudamérica, aunque los distintos estadios de desarrollo se distribuyen diferencialmente a lo largo de la costa. A latitudes por debajo de los 15°S se encuentran los juveniles más pequeños (< 20 cm de largo de caparazón) y los adultos (> 100 cm). En cambio, entre los 15°-45°S de latitud se encuentran los juveniles más grandes (20-100 cm). El hecho de que tanto los estadios más jóvenes como los más avanzados se encuentren al norte de la región (en concordancia con la localización de las zonas de reproducción mencionadas) sugiere que la reproducción ocurre solamente a esas latitudes (Barata et al., 2011).

Las hembras depositan alrededor de un centenar de huevos de los que, luego de un par de meses de incubación bajo la arena, eclosionan los neonatos. La probabilidad de supervivencia de los huevos y neonatos es baja en comparación con la de los adultos debido a la gran variedad de predadores que encuentran en la zona costera (peces, cangrejos, aves marinas, etc., Heppell et al., 2003; Burskik y Crowder, 1994; Wyneken y Salmon, 1992)². En el mar la dispersión de los animales depende de las corrientes que los desplazan pasivamente por los giros oceánicos y congregan en áreas de convergencia (Carr y Meylan, 1980; Carr, 1987; Musick y Limpus, 1997; Witham, 1980). Proietti et al. (2012) demostraron que los neonatos nacidos en Isla Ascensión dispersarían principalmente hacia las costas de Sudamérica, en especial hacia el norte de Brasil, gracias a la Corriente Ecuatorial del Sur (Fig. 1.3). Esta dispersión luego continuaría hacia el sur siguiendo la Corriente de Brasil, que también contribuiría a la dispersión de las tortugas nacidas en Ilha da Trindade. En cambio, las tortugas nacidas en Atol das Rocas y Fernando de Noronha se dispersarían en su mayoría hacia el norte de Brasil y el Caribe a través de la rama norte de la Corriente de Brasil. Lo mismo sucede con las tortugas nacidas en Surinam, aunque existe evidencia de que las corrientes también podría dispersar a las tortugas hacia África, y viceversa (Monzón Argüello et al., 2010; Proietti et al., 2012). Esta etapa oceánica, cuya duración se estima entre 1-5 años en el Atlántico Sudoccidental, es conocida como “los años perdidos” debido a las pocas certezas que existen acerca de la ecología de las tortugas lejos de la costa (Fig. 1.1; Bolten, 2003; Musick y Limpus, 1997; Trigo, 2004).

Posteriormente, las tortugas se trasladan a zonas cercanas a la costa y se inicia la etapa nerítica (Fig. 1.1; Bolten, 2003). Se cree que este traslado ya no depende de las corrientes, sino que es activo

² Chaloupka (2002) estiman una probabilidad de supervivencia de 0,44 para las crías de tortugas verdes de Australia.

(Musick y Limpus, 1997). Las tortugas se alimentan en los hábitats costeros hasta alcanzar la madurez sexual que ocurriría luego de los 40 años de vida (Frazer y Ehrhart, 1985; Frazer y Ladner, 1986; Goshe et al., 2010; Limpus y Chaloupka, 1997). Durante toda la vida de adultos, las tortugas alternan entre las zonas de alimentación y las zonas de reproducción que visitan cada 3 a 4 años (Mortimer y Carr, 1987). La migración reproductiva desde las áreas de alimentación al norte de Brasil hacia Isla Ascensión, aproximadamente más de 2.000 km, ocurre a contracorriente siguiendo señales químicas transportadas por el viento o el agua desde la isla y características geomagnéticas. Se cree que el apareamiento ocurre durante la migración o mismo en inmediaciones a las playas de anidación (Plotkin, 2003). Las hembras desovan un promedio de 3 veces durante la temporada reproductiva en intervalos de 10 a 16 días (Godley et al., 2001; Buskirk y Crowder, 1994). Una vez finalizada la reproducción, machos y hembras retornan (migración trófica o post-reproductiva) prácticamente en línea recta hacia las zonas de alimentación de Brasil manteniendo la misma dirección que la Corriente Ecuatorial del Sur (Fig. 1.3; Luschi et al., 1998).

ESTUDIO DE LOS JUVENILES EN ZONAS DE ALIMENTACIÓN: IMPLICANCIAS PARA LA CONSERVACIÓN

El estudio de los juveniles en las zonas de alimentación merece especial atención debido a que es en esta etapa del desarrollo que ocurren cambios importantes que pueden tener implicancias para la conservación de las especies. El traslado desde el ambiente oceánico al nerítico ocurre cuando los juveniles alcanzan aproximadamente los 20-40 cm de largo de caparazón (Bolten, 2003; Musick y Limpus, 1997). Durante este traslado los animales experimentan no sólo un cambio de hábitat sino también un cambio en la dieta y el tipo de alimentación (Bjorndal, 1997; Bolten, 2003). En la etapa oceánica, los juveniles de tortuga verde son omnívoros, siendo los organismos del pleuston (e.g. ctenóforos, moluscos pelágicos, sifonóforos, hidromedusas, sargazos, entre otros) sus principales alimentos (Bjorndal, 1997; Boyle y Limpus, 2008; Witherington, 2002). Por el contrario, en el ambiente nerítico las tortugas adquieren una dieta herbívora que mantendrán por el resto de sus vidas (Bjorndal, 1997; Bolten, 2003). De esta manera, ocurre un cambio ontogenético a tres niveles: ambiente oceánico → nerítico, dieta omnívora → herbívora, y alimentación pelágica → bentónica. Este cambio ontogenético sería abrupto e irreversible (Fig. 1.1; Arthur et al., 2008a; Bolten, 2003; Reich et al., 2007). En el ambiente nerítico, los juveniles tendrían una dieta que les permitiría aumentar su tasa de crecimiento y así alcanzar la madurez sexual en un tiempo menor que si continuasen alimentándose de organismos del pleuston (Bolten, 2003; Werner y Gilliam, 1984). Durante la etapa nerítica (aproximadamente dos a tres décadas) los juveniles exhibirían una gran fidelidad a áreas de alimentación pequeñas de tan sólo unas decenas de km² asociadas a praderas de

pastos marinos o macroalgas que constituyen su principal alimento (Bjorndal, 1997; Bjorndal et al., 2000; Godley et al., 2003; Hart y Fujisaki, 2010; Seminoff et al., 2002a). Estas características del ciclo de vida de los juveniles de tortuga verde condujeron a que los escasos esfuerzos de conservación llevados a cabo en las zonas de alimentación estén dirigidos a proteger a los animales de la captura incidental en pesquerías costeras que ocurre en áreas restringidas, usualmente asociadas a modificaciones de artes de pesca y áreas protegidas (e.g. Hart y Fujisaki, 2010; McClellan y Read, 2009; McClellan et al., 2009).

No son muchos los trabajos sobre el comportamiento de los juveniles en el Atlántico Sudoccidental, en especial a latitudes templadas ($> 34^{\circ}\text{S}$) donde hasta hace relativamente poco tiempo era considerado un hábitat demasiado frío para estos animales ectotérmicos (González Carman et al., 2011). Los pocos trabajos, sin embargo, constituyen evidencia de que los juveniles exhibirían un comportamiento diferente al conocido para el resto de su distribución. Por ejemplo:

- Los juveniles de tortuga verde no permanecerían durante años en latitudes $> 34^{\circ}\text{S}$. La mayoría de los reportes ocurre durante los meses cálidos, sugiriendo cierta estacionalidad en su presencia ¿Es efectivamente estacional la presencia de los juveniles? ¿Hacia dónde migran?
- Al sur de los 34°S , los juveniles de más de 20 cm de largo de caparazón no serían estrictamente neríticos. Sales et al. (2008), reportó que la flota de palangre pelágico brasilera captura incidentemente juveniles grandes (30-70 cm) en aguas oceánicas cercanas al talud. ¿Qué áreas utilizan los juveniles para alimentarse?
- Los juveniles no tendrían una dieta herbívora al sur de los $>34^{\circ}\text{S}$. La mayoría de los reportes de la especie provienen de áreas como el Río de la Plata (34° - 36°S) y El Rincón (39° - 41°S), provincia de Buenos Aires (Fig. 1.3; González Carman et al., 2011) que carecen de pastos marinos o macroalgas en abundancia (Boraso y Zaixso, 2008; Boschi, 1988; Mianzan et al., 2001; Parodi, 2004). En cambio, poseen una gran biomasa de plancton gelatinoso (e.g. medusas y ctenóforos) (Álvarez Colombo et al., 2003; Mianzan et al., 2001; Mianzan y Guerrero, 2000) que es el alimento exclusivo de la tortuga laúd (Bjorndal, 1997), y que también es aprovechado por la tortuga verde del Pacífico (*Chelonia mydas agassizii*) durante los eventos de El Niño (Quiñones et al., 2010). ¿Es el plancton gelatinoso parte importante de la dieta de los juveniles?

Estas preguntas permitieron plantear las siguientes hipótesis de trabajo y sus respectivas predicciones:

H1: Los juveniles de tortuga verde no permanecen durante todo el año al sur de los 34°S.

P1: La presencia de los juveniles será estacional al sur de los 34°S.

H2: Los juveniles de tortuga verde no son estrictamente neríticos al sur de los 34°S.

P2: Los juveniles de tortuga verde utilizarán áreas oceánicas al sur de los 34°S.

H3: Los juveniles de tortuga verde no son estrictamente herbívoros al sur de los 34°S.

P3: La dieta de los juveniles de tortuga verde estará compuesta por materia animal y vegetal al sur de los 34°S.

Si efectivamente el comportamiento de los juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental difiere de lo conocido para el resto de la distribución de la especie, es probable que las acciones de conservación que suelen aplicarse no sean adecuadas o suficientes. Diferentes medidas de manejo deben pensarse para animales cuya presencia es estacional en vez de permanente y que utilizan no sólo áreas costeras sino también oceánicas. La mayoría de los registros de la especie provienen de capturas incidentales y varamientos asociados a la interacción con pesquerías (e.g. Bugoni et al., 2001, 2003; Gallo et al., 2006; González Carman et al., 2011; Domingo et al., 2006), sin embargo se desconoce a cuántas pesquerías están expuestos los juveniles durante la etapa nerítica. Argentina, Brasil y Uruguay forman parte de la mayoría de los tratados internacionales que involucran a las tortugas marinas y que permitirían de algún modo coordinar acciones entre los países para reducir la captura (Domingo et al., 2006; González Carman et al., 2012). En el caso particular de Argentina, las tortugas no son las únicas especies amenazadas por la captura incidental sino que muchas especies de peces, mamíferos y aves marinas son también afectadas (e.g. Bordini et al., 2002; Crespo et al., 1994; Rabuffetti et al., 2008; Tamini et al., 2006). Algunas de ellas, como los tiburones, rayas, albatros y petreles cuentan con planes de acción nacionales que no sólo ponen en la agenda nacional la protección de las mismas, sino que proponen medidas de mitigación. Para algunas de estas especies, se emplean incluso observadores a bordo para registrar la información y estimar mortalidad (Consejo Federal Pesquero, 2009, 2010). Dados estos antecedentes es razonable pensar que en Argentina existe un marco legal e institucional favorable a las tortugas.

En base a lo expuesto anteriormente, se plantearon los siguientes objetivos específicos para esta tesis:

- Determinar el uso de hábitat de los juveniles de tortuga verde a partir del seguimiento satelital de algunos individuos capturados en las costas de Argentina.
- Estudiar la ecología trófica de los juveniles de tortuga verde a partir del examen del contenido del aparato digestivo y el análisis de isótopos estables de algunos tejidos.
- Identificar las pesquerías a las que los juveniles se encuentran expuestos en sus áreas de alimentación y rutas migratorias.
- Analizar las características del marco legal e institucional de Argentina en que ocurre la captura incidental.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis consta de 4 capítulos que son las secciones en que suele dividirse un trabajo de investigación: Introducción, Metodología, Resultados y Discusión. Metodología y Resultados están a su vez subdivididos en tres partes en las cuales se estudia el uso de hábitat, la ecología trófica y marco legal e institucional en que ocurre la captura incidental. En Discusión, se exploran las implicancias del comportamiento observado de los animales para el conocimiento actual acerca de su ciclo de vida y para la conservación de la especie en la región. Luego, la tesis consta de un quinto capítulo donde se enuncian las conclusiones y se proponen futuras líneas de investigación y medidas de manejo en base al estado de conocimiento y situación actuales. Se espera que las conclusiones de la tesis contribuyan a un mayor entendimiento del comportamiento de los juveniles de tortuga verde en la región y de sus repercusiones sobre el estado de conservación de la colonia de Isla Ascensión.



Metodología

Cm11208
BAHIA BLANCA

DOLA0139
CARADI

01/20/2008

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Los estudios realizados para esta tesis fueron llevados a cabo con permiso de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, el Organismo para el Desarrollo Sostenible de la provincia de Buenos Aires y el Consejo Provincial de Ecología y Medio Ambiente de la provincia de Río Negro.

OBTENCIÓN DE LAS TORTUGAS Y MEDICIÓN

Los animales muestreados en esta tesis fueron obtenidos durante el trabajo de campo que regularmente realizan las organizaciones que trabajan bajo el Programa Regional de Investigación y Conservación de Tortugas Marinas de Argentina (PRICTMA). Estas organizaciones relevan la presencia de tortugas marinas en puertos y playas a lo largo de la costa argentina, recuperando animales vivos y muertos que se encuentran varados o son incidentemente capturados por las flotas costeras.

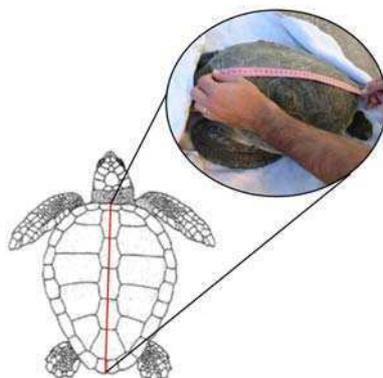


Figura 2.1. Largo mínimo curvo (LMC) del caparazón.

Entre febrero de 2008 y marzo de 2011, el Programa registró más de 400 tortugas verdes juveniles que fueron trasladadas a centros de investigación, rehabilitación, dependencias de guardaparques o acuarios. Todos los animales fueron pesados y medidos según Bolten (2000) que utiliza el largo mínimo curvo (LMC) de caparazón como medida de tamaño corporal (Fig. 2.1). Las tortugas vivas fueron marcadas en las aletas anteriores con caravanas metálicas provistas por el Cooperative

Marine Turtle Tagging Program del National Marine Fisheries Service (USA). Dado que las tortugas juveniles no presentan dimorfismo sexual, el sexo fue determinado sólo en los animales muertos a través del examen externo de las gónadas durante la necropsia según Wyneken (2001).

Para determinar el uso de hábitat de los juveniles de tortuga verde se realizó el seguimiento satelital de 9 animales. Ocho de ellos fueron capturados incidentalmente por redes de enmalle en las pesquerías artesanales de Magdalena, San Clemente y Bahía Blanca, mientras que un animal fue encontrado en una fosa de marea en San Antonio Oeste (Fig. 2.2).

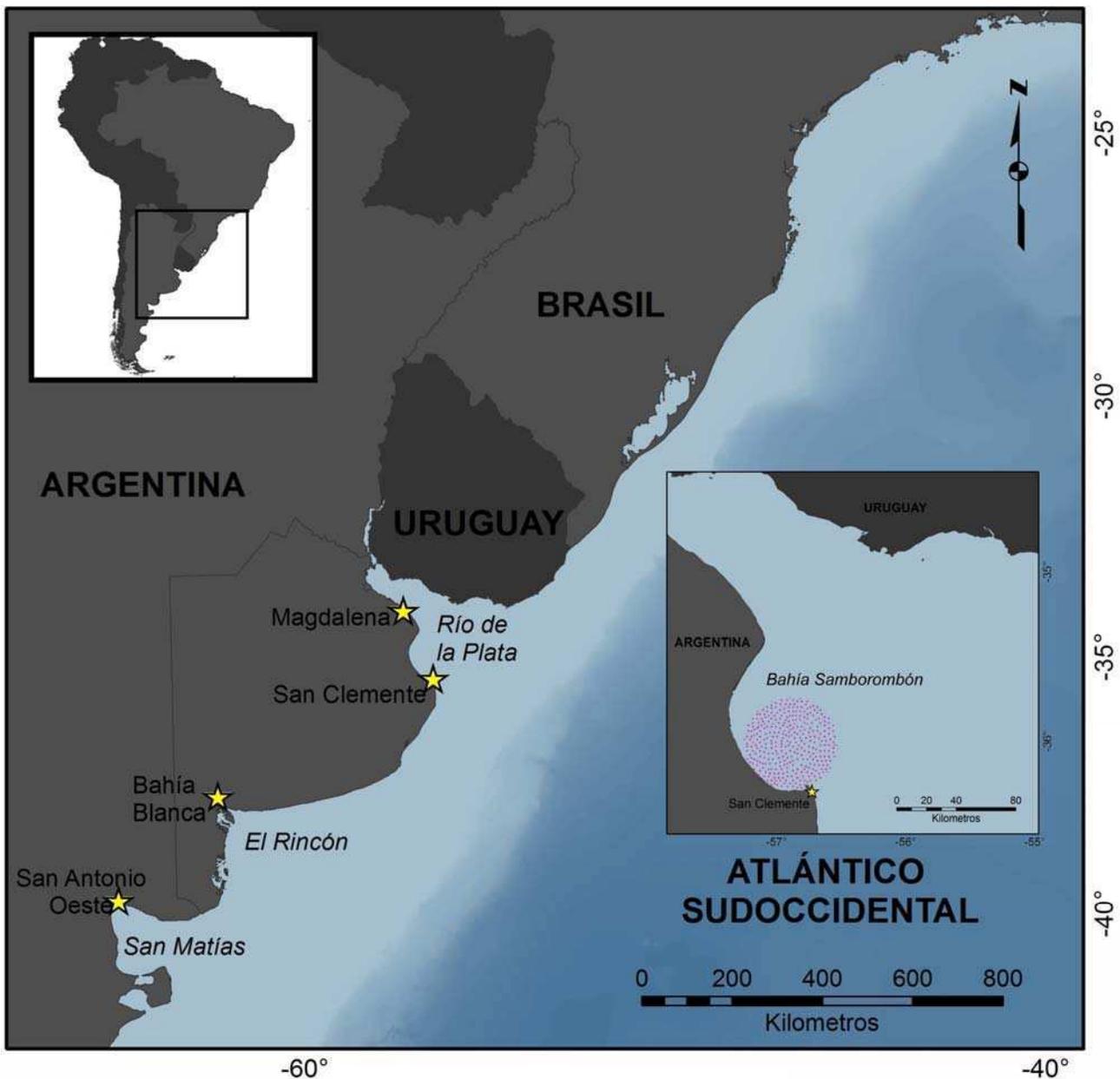


Figura 2.2. Localidades donde fueron obtenidas las tortugas estudiadas. Las estrellas marcan los lugares de la costa argentina donde se recuperó y liberó a los animales con transmisores satelitales. En rosa se marca el área donde fueron incidentalmente capturados los animales utilizados para el estudio de ecología trófica.

Para estudiar la ecología trófica de los juveniles de tortuga verde se colectó un total de 70 animales capturados incidentalmente por redes de enmalle en la pesquería artesanal de San Clemente del Tuyú que opera en las aguas costeras de la Bahía Samborombón (Fig. 2.2). Sesenta y tres animales estaban muertos por lo que fue posible examinar el contenido de sus aparatos digestivos y coleccionar muestras de músculo y epidermis a siete de ellos para el análisis de isótopos estables. En los siete animales restantes vivos se coleccionaron muestras de sangre y epidermis para el análisis de isótopos estables.

USO DE HÁBITAT

Fundamentos

El hábitat son los recursos y condiciones presentes en una determinada área que generan que la misma sea ocupada por una especie. Estos recursos incluyen alimento, refugio y otros factores necesarios para la supervivencia y reproducción de los animales. Los corredores migratorios o dispersivos y las áreas que los animales ocupan durante sus estaciones reproductivas y no reproductivas son parte del hábitat (Fretwell, 1972; Krausman, 1999). El uso de hábitat es la proporción en que un animal usa los recursos físicos y biológicos en un área por un determinado período de tiempo. Los animales tenderán a usar aquellos hábitats que maximicen algún beneficio individual (Fretwell, 1972).

En especies altamente migratorias y que pasan la mayor parte del tiempo sumergidas como las tortugas marinas, estudiar el uso de hábitat requiere de técnicas como la marca-recaptura, el análisis genético, de isótopos estables y el seguimiento remoto (e.g. Bolten et al., 1998; Godley et al., 2003; Hatase et al., 2006). La telemetría satelital es una de las mejores técnicas ya que brinda información detallada del movimiento de los animales en el mar (Cooke, 2008; Godley et al., 2008). Ha sido utilizada en el estudio de las tortugas marinas en numerosas oportunidades debido a que permite seguir inclusive sus migraciones transoceánicas (e.g. Brill et al., 1995; Luschi et al., 1998; Makowski et al., 2006; McClellan y Read, 2009; Seminoff et al., 2002a).

Colocación del transmisor y liberación de las tortugas

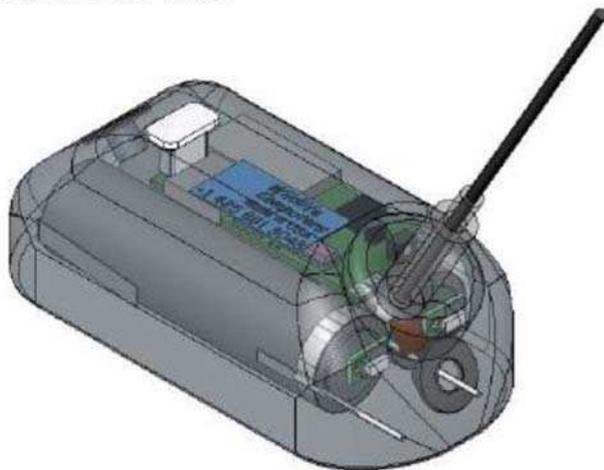
El seguimiento satelital de las tortugas fue realizado a través de transmisores que permitieron conocer la ubicación de los animales en el mar a lo largo del tiempo mediante coordenadas geográficas calculadas por el sistema de localización geográfica y relevamiento de datos satelitales ARGOS (Advanced Research and Global Observation Satellite). Se utilizaron dos modelos de

transmisores SPOT5 (Smart Position and Temperature Transmitting Tag, modelos 186 y 206) de Wildlife Computers (Fig. 2.3). A priori, los transmisores tienen una vida útil de al menos 8 meses de acuerdo a su batería. Se programaron los transmisores para que transmitan según ciclos de registro variables (Tabla 2.1).

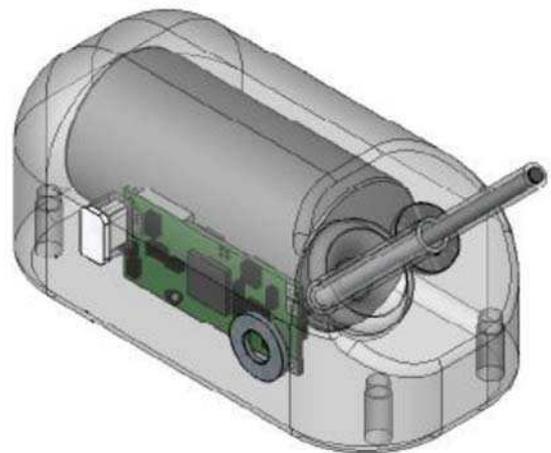
Tortuga	Ciclo de registro
A	10/14
B	10/14
C	12/12
D	12/12
E	12/12
F	12/12
G	24/0
H	12/12
I	24/0

Tabla 2.1. Ciclos de registro programados en los transmisores satelitales.

MODELO 206



MODELO 186



	Peso (gr)	Batería	Largo (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)
Modelo 206	80	2 x AA	71,5	24,2	34,0
Modelo 186	110	1 x C-cell	83,5	37,7	41,5

Figura 2.3. Transmisores utilizados para el seguimiento satelital de los juveniles de tortuga verde.

Previamente a la colocación del transmisor, se limpió el caparazón de las tortugas mediante la remoción de epibiontes, lijado de rugosidades y desengrasado con acetona y agua según Balazs (1996). La adhesión del transmisor al caparazón se realizó con masilla epoxi Tubolit® (Duque de Caxias-RJ, Brasil). Este material no levanta temperatura al secar y no es tóxico para el animal (Fig. 2.4).



Figura 2.4. Colocación del transmisor satelital y marcado de los animales.

Dado que los transmisores generan un aumento de la turbulencia durante el desplazamiento y reducen la flotabilidad de los animales (Watson y Granger, 1998), se moldeó la masilla de modo de reducir el efecto de la turbulencia sobre la capacidad natatoria de los animales y se procuró que el peso total de los transmisores sumado al de la masilla epoxi no supere el 5% del peso corporal según Wilson y McMahon (2006).

Según Cardona et al. (2012a) las tortugas liberadas luego de un extenso y complicado proceso de rehabilitación exhiben un comportamiento anómalo. Por lo tanto, se equiparon sólo aquellos animales que al momento de ser encontrados mostraron buenas condiciones nutricionales y clínicas según criterio veterinario. También se minimizó el tiempo de cautiverio y los disturbios ocasionados sobre los animales debido a la colocación del transmisor. Luego de equipados, los animales fueron mantenidos en piletas donde se evaluó que la natación y la respuesta a la oferta de alimento fuera normal luego de la colocación de los equipos. Se asume que ni el transmisor satelital ni su proceso de colocación interfirieron con el comportamiento posteriormente desarrollado por los animales.

Todas las tortugas fueron liberadas en cercanías del lugar donde fueron encontradas por primera vez con ayuda de los pescadores locales, personal de Prefectura Naval Argentina y las autoridades de fauna correspondientes (Fig. 2.5).



Figura 2.5. Liberación de uno de los juveniles de tortuga verde equipados con un transmisor satelital.

Cálculo de la posición geográfica y recepción de los datos

El sistema de localización geográfica y relevamiento de datos satelitales ARGOS permite localizar cualquier objeto en movimiento equipado con un transmisor compatible a lo largo del planeta. Los transmisores emiten señales de radio de una determinada frecuencia que son detectados por satélites de órbita polar. Los satélites luego transfieren mensajes a estaciones terrenas que los reenvían a centros de procesamiento. Estos últimos calculan la posición de los transmisores y envían los resultados a los usuarios (Fig. 2.6; ARGOS, 2007).

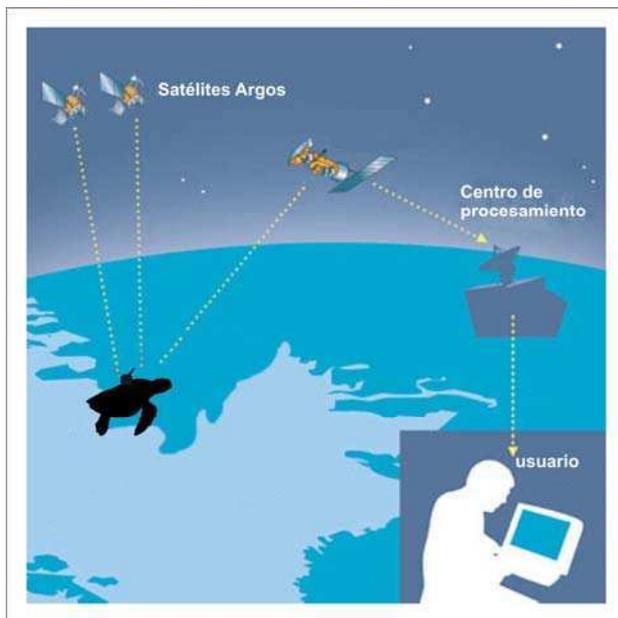


Figura 2.6. Funcionamiento del sistema de localización geográfica y relevamiento de datos satelitales de Argos (modificado de ARGOS, 2007).

El cálculo de las posiciones geográficas se realiza mediante la medición del Efecto Doppler sobre la frecuencia de transmisión de las señales. El Efecto Doppler es el cambio de frecuencia que ocurre en una onda de sonido o electromagnética cuando la fuente de vibración y el observador están en movimiento relativo. Dependiendo de la cantidad y calidad de señales recibidas por los satélites, se pueden calcular dos posiciones en función de ciertos parámetros relacionados con el radio terrestre, la altura a la que se encuentra el transmisor, entre otros. Para cada una de las posiciones, se realiza un análisis de cuadrados mínimos para refinar la estimación de la posición del transmisor. Para validar las posiciones estimadas se realizan test de plausibilidad y, finalmente, el sistema informa la posición de menor error (ARGOS, 2007).

ARGOS además clasifica las posiciones estimadas según su nivel de precisión. Las posiciones 3, 2 y 1 se calculan en base a 4 mensajes y poseen un error asociado que abarca desde menos de 150 a 1000 m. La posición 0 también se calcula en base a 4 mensajes pero posee un error mayor a 1000 m. Luego, las posiciones A y B- que se calculan a partir de 3 y 2 mensajes respectivamente- no poseen

una estimación de error. Por último, las posiciones Z son inválidas (Tabla 2.2; ARGOS, 2007).

Clase	Error estimado	N° mensajes recibidos por pasada del satélite
3	< 150 m	4 o más mensajes
2	150 << 350 m	4 o más mensajes
1	350 << 1000 m	4 o más mensajes
0	>1000 m	4 o más mensajes
A	-	3 mensajes
B	-	2 mensajes
Z	-	-

Tabla 2.2. Clasificación de las posiciones calculadas por el sistema ARGOS (ARGOS, 2007).

Análisis de los datos

Para filtrar los datos de posición provistos por ARGOS se utilizó la herramienta de Seguimiento y Análisis Satelital (STAT, Satellite Tracking and Analysis Tool; Coyne y Godley, 2005). Se utilizaron todos los tipos de posiciones (0-3, A y B) a excepción de las posiciones clase Z. También se filtraron aquellas posiciones que requerían velocidades de desplazamiento en línea recta mayores a 5 km h^{-1} o ángulos de giro menores a 10° por considerarse poco probables para los animales (Seminoff et al., 2008). Posteriormente, utilizando el software ArcGis 9.3® (Copyright © ESRI), se removieron manualmente posiciones improbables o erróneas (e.g. aquellas que cayeron en tierra) que permanecieron aún luego del filtrado por STAT.

En los datos de movimiento están incluidos dos fuentes de variabilidad: la que tiene que ver con el comportamiento de los animales (es decir, la variación importante biológicamente) y la que surge de realizar observaciones imprecisas sobre dicho movimiento (y que constituyen el error de estimación). Los datos de movimiento son además complejos ya que se trata de observaciones auto-correlacionadas espacial y temporalmente. El procesamiento de este tipo de datos implica submuestreo (con la consecuente pérdida de información) para que los supuestos de independencia y linealidad de las técnicas estadísticas clásicas se cumplan y su análisis se ha restringido a propiedades cuantitativas del movimiento como velocidad, ángulo de giro y direccionalidad, que no permite distinguir entre las dos fuentes de variabilidad (Patterson et al., 2008).

En esta tesis, en cambio, los datos filtrados se analizaron con una herramienta analítica relativamente nueva: los modelos de estado-espacio o switching state-space models (SSM; Jonsen et al., 2005; Breed et al., 2009). Los SSM permiten calcular la probabilidad de que el animal exhiba un determinado estado a partir de las características de las trayectorias de los animales (e.g. velocidad o ángulo de giro; Bailey et al., 2008; Breed et al., 2009; Jonsen et al., 2007; Patterson et al.,

2008). El estado de un animal consiste simplemente en una o más variables, como la posición geográfica o el comportamiento. Los SSM superan los obstáculos de procesamiento y análisis clásicos de los datos de movimiento evitando la pérdida de información valiosa y costosa, y dando cuenta de la variabilidad biológica separadamente del error de estimación. Es un método estadísticamente robusto que, dado su enorme potencial, ha comenzado a ser utilizado para estudiar el comportamiento de las tortugas marinas (e.g. Bailey et al., 2008; Hart et al., 2011; Jonsen et al., 2007; Maxwell et al., 2011).

Los SSM ajustan a los datos un modelo mecanístico del movimiento (conocido como modelo de proceso o process model) y un modelo observacional (observational model). Por un lado, el modelo de proceso se ocupa de la dinámica teórica del movimiento a lo largo del tiempo y el espacio. Predice la probabilidad del futuro estado de un animal a partir de su estado previo. Por otro lado, el modelo observacional relaciona los estados predichos por el modelo de proceso con las observaciones. Pero, en vez de usar un modelo simple en donde cada estado no observado se corresponde con una observación, tiene en cuenta el muestreo irregular de las observaciones, la calidad variable de las posiciones calculadas por ARGOS y el error de las mismas. De este modo explica la variabilidad biológica y los errores de estimación por separado.

Para esta tesis se estimaron las posiciones geográficas a intervalos de 5 horas con el software libre R y WinBUGS (R Developmental Core Team 2008; The BUGS Project, 2011). Este intervalo reflejó el número promedio de posiciones por día calculadas por ARGOS para cada animal. Además de las posiciones, se estimó el comportamiento de los animales mediante el ángulo medio de giro y la auto-correlación entre dirección y velocidad de las distintas posiciones según Bailey et al. (2008). Se diferenció entre tres posibles comportamientos: “alimentación” (estado 1), “desplazamiento” (estado 2) e “incierto” (estado 0). Cuando los animales encuentran abundancia de alimento realizan búsquedas en áreas restringidas evidenciadas por ángulos de giro agudos, una alta frecuencia de cambio de ángulos de giro y velocidades de desplazamiento bajas. En cambio, animales en un área pobre en alimento exhiben ángulos de giro obtusos, una baja frecuencia de cambio de los mismos y velocidades mayores. Una falta de superposición entre parámetros que representan comportamientos opuestos indica una verdadera diferenciación en el patrón de movimiento (Bailey et al., 2008; Hart y Fujisaki, 2010; Patterson et al., 2008; Turchin, 1991).

Una vez que se ajustaron los SSM a los datos, se realizó un análisis de densidad de Kernel (KDE) mediante la extensión Hawth's Analysis Tools (Beyer, 2004) de ArcGis 9.3[®] (Copyright © ESRI).

Este método no paramétrico ha sido ampliamente utilizado para determinar la distribución y las áreas de uso intenso de varias especies de tortugas marinas (e.g. Hart y Fujisaki, 2010; Makowski et al., 2006; McClellan y Read, 2009; Seminoff et al., 2002a) y ha sido utilizado en combinación con los SSM (Hart et al., 2011).

EL KDE genera una superficie continua que representa una función de densidad de probabilidad que permite identificar áreas intensamente utilizadas dentro de los límites de la distribución de un animal. Para ello, el KDE realiza una evaluación de cada posición geográfica en función de las demás posiciones circundantes según un radio de búsqueda o parámetro de suavizado h . Una posición rodeada por varias posiciones tendrá un valor de densidad mayor que una posición relativamente aislada (Seaman y Powell, 1996; Worton, 1989). Los cambios en el parámetro h resultan en grillas de densidad más o menos generalizadas. Por ejemplo, un valor de h alto se traduce en una grilla de densidad suave, útil para describir el rango de distribución de una especie pero no para identificar áreas de alta o baja intensidad de uso. Para la selección de este parámetro h deben tomarse en cuenta variables como la distancia entre puntos y la precisión de las localizaciones. En esta tesis se utilizó un valor de h de 40 km y un tamaño de grilla de densidad de 4.000 x 4.000 m que representan una resolución apropiada para identificar áreas de uso intenso para datos con precisión de centenas de metros o kilómetros (Falabella et al., 2009).

Las superficies generadas pueden ser mostradas como contornos de uso (UD, utilization contour) a volúmenes específicos para estimar porcentajes de rangos de distribución. Generalmente se suelen mostrar contornos de uso de 50, 75, 95 y 100% donde, por ejemplo, el rango de distribución de 95% abarca el 95% del volumen de la superficie generada. Estos contornos de uso pueden interpretarse como el tiempo que los animales transcurren en determinada parte de su distribución. Por ejemplo, el 50% UD es el área donde los animales están concentrados el 50% del tiempo, por lo que representa un uso intenso de la misma. En cambio, el 100% UD es el área donde están distribuidas todas las posiciones por lo que representa la totalidad de la distribución de los animales. Los contornos de uso también pueden interpretarse como la probabilidad de ocurrencia de un animal: la probabilidad de encontrar un animal es mayor dentro de los límites del 50% UD que de 75% UD (Falabella et al., 2009; Laver, 2005).

Para caracterizar el uso de hábitat se construyeron mapas de KDE estacionales y de áreas de alimentación con sus respectivos contornos de uso de 50, 75, 95 y 100%. En el mapa de KDE estacional se incluyó información de la distribución de las isotermas para los meses de febrero,

mayo, agosto y noviembre de 2009, que se consideran representativos de la variación estacional en la temperatura superficial del mar de la región para el período estudiado. Dicha información provino del satélite MODIS/Aqua, con una resolución de 9 km, obtenido a través de la herramienta on-line PO.DAAC Ocean ESIP Tool del Physical Oceanography Distributed Active Archive Center, NASA Jet propulsión Laboratory, Pasadena, CA.

También se evaluó si la profundidad y distancia a la costa de las aguas utilizadas por las tortugas variaba respecto a la estación del año. Esta información fue obtenidas del STAT que trabaja con datos del Atlas Digital GEBCO y ETOPO2 Global 2' Elevations datasets, distribuidos gratuitamente por el British Oceanographic Data Centre y el NOAA's National Geophysical Data Center (Coyne y Godley, 2005). Se ajustó a los datos un Modelo Lineal Generalizado (McCullagh y Nelder, 1989) con un factor fijo (ESTACIÓN, 2 niveles: verano/otoño e invierno/primavera) y otro aleatorio (INDIVIDUO, 9 niveles, ver Apéndice estadístico).

Por último, se calculó el porcentaje de tiempo que los animales utilizaron áreas donde que carecen de pastos marinos o macroalgas en abundancia, como el Río de la Plata, El Rincón y aguas de > 30 m de profundidad, según Boraso y Zaixso (2008), Boschi (1988), Mianzan et al. (2001) y Parodi (2004).

ECOLOGÍA TRÓFICA

Fundamentos

La Teoría de Forrajeo Óptimo busca entender los factores que determinan el rango de alimentos que conforman la dieta de un animal. Para obtener alimento, un animal debe gastar tiempo primero buscándolo y luego manipulándolo. En su búsqueda, un animal puede encontrar una variedad de alimentos por lo que el rango de su dieta dependerá de la energía que ofrezca el mismo y los tiempos de búsqueda y manipulación. Esta teoría supone que el comportamiento de alimentación observado en el presente ha sido favorecido por selección natural en el pasado y por lo tanto maximiza el fitness del animal. Un fitness alto es alcanzado mediante una alta tasa de obtención de energía neta (Charnov, 1976).

Tradicionalmente, los estudios de dieta en tortugas marinas se han basado en observaciones directas del contenido del aparato digestivo y, en algunos casos, de los restos de alimento presentes en las heces (Bjorndal, 1997). Esta técnica permite identificar y cuantificar directamente la totalidad de las diferentes presas u organismos vegetales consumidos, aunque provee una imagen instantánea

del consumo reciente y muchas veces se subestima la presencia de organismos sin estructuras rígidas que permanezcan aún luego de la digestión (Hyslop, 1980; Burkholder et al., 2011).

Otra técnica que ha comenzado a ser utilizada recientemente es el análisis de isótopos estables que se basa en el hecho de que la composición isotópica de los tejidos de un animal deriva en última instancia de la composición isotópica de su dieta y del ambiente en el que habita, brindando información sobre el nivel trófico de un animal, su dieta y la procedencia de la misma (Peterson y Fry, 1987). La proporción en la abundancia del isótopo estable pesado sobre el liviano del nitrógeno ($^{15}\text{N}:$ ^{14}N ; $\delta^{15}\text{N}$) y del carbono ($^{13}\text{C}:$ ^{12}C ; $\delta^{13}\text{C}$) en los tejidos de un animal cambia predeciblemente como resultado de procesos químicos, biológicos y físicos; fenómeno conocido como discriminación isotópica¹ (DeNiro y Epstein, 1981; Peterson y Fry, 1987). Por un lado, los isótopos estables del N ($\delta^{15}\text{N}$) se alteran durante el metabolismo. El ^{15}N es retenido preferentemente en el cuerpo durante la excreción, causando un enriquecimiento trófico de aproximadamente 3 a 5 ‰ del $\delta^{15}\text{N}$ de los tejidos de un animal respecto de su dieta (DeNiro y Epstein, 1981). Este enriquecimiento progresivo del ^{15}N en la trama trófica permite que el mismo sea de utilidad para determinar el nivel trófico de un animal (DeNiro y Epstein, 1981; Peterson y Fry, 1987). Se define entonces al factor de enriquecimiento trófico como:

$$\Delta dt^{15}\text{N} = \delta^{15}\text{N}_{\text{tejido}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{dieta}}$$

donde $\delta^{15}\text{N}_{\text{tejido}}$ es la composición isotópica del N en el tejido del consumidor y $\delta^{15}\text{N}_{\text{dieta}}$ es la composición isotópica del N en su dieta.

A diferencia del N, la proporción isotópica del C en los tejidos de un animal se encuentra enriquecida en tan sólo un 0-1 ‰ respecto de su dieta por lo que no suele utilizarse para inferir niveles tróficos. El C permite discriminar las fuentes de materia orgánica basales de las tramas tróficas. En el ambiente marino, las cadenas tróficas neríticas (basadas en productores primarios bentónicos como las algas o los pastos marinos) están más enriquecidas en $\delta^{13}\text{C}$ que las oceánicas (basadas en productores primarios pelágicos como el fitoplancton) debido a diferencias de temperatura, concentración de CO_2 superficial, entre otros factores. Esto permite inferir el hábitat (oceánico vs nerítico y bentónico vs pelágico) en que un animal se alimenta (Hobson, 1999; Hobson et al., 1994; DeNiro y Epstein, 1981; Rubenstein y Hobson, 2004). El C también refleja variaciones

¹ El cambio en un único paso entre la composición isotópica de un sustrato (dieta) y su producto (tejido del consumidor) es conocido como “fraccionamiento”. Sin embargo, en procesos biológicos que involucran múltiples reacciones bioquímicas es correcto utilizar el término “discriminación isotópica” (Bond y Hobson, 2012).

latitudinales. Las cadenas tróficas basadas en plancton (fitoplancton y material orgánico particulado) de las latitudes bajas están más enriquecidas en C respecto a las latitudes altas (Cherel y Hobson, 2007).

Debido a diferencias en las tasas de incorporación de C y N en los distintos tejidos de un organismo, es posible identificar cambios en la dieta que ocurrieron a distintas escalas temporales y espaciales (Peterson y Fry, 1987; Hobson et al., 1996; Dalerum y Angerbjörn, 2005). Por ejemplo, aquellos tejidos metabólicamente inertes, queratinizados, como las plumas, la epidermis o el pelo reflejan las condiciones de las tramas tróficas al momento del crecimiento de ese tejido (varios meses y años atrás) y permanecen inalterados en el tiempo aún si los organismos cambian de hábitat o de dieta. Por el contrario, los tejidos metabólicamente activos como la sangre, el hígado o el músculo rotan los elementos en cuestión de días, semanas o meses dependiendo del tejido en cuestión (Hobson, 1999; Rubenstein y Hobson, 2004). Phillips y Eldridge (2006) hablan de un “reloj isotópico” que permite determinar el tiempo en que ocurrió ese cambio. En el caso de animales migratorios como las tortugas, es posible inferir la dieta que tuvieron en hábitats ocupados previamente (Seminoff et al., 2009), aunque en los estadios juveniles de rápido crecimiento estas diferencias pueden verse suavizadas y por ende la aplicación del reloj estaría limitada (Reich et al., 2008). En tortugas, se sabe que el plasma integra la dieta consumida en un período de semanas a meses, mientras que la epidermis y los glóbulos rojos lo hacen en meses o más (McClellan et al., 2010; Pajuelo et al., 2012; Reich et al., 2008; Seminoff et al., 2007). Si bien no existen datos del período que integra el músculo en tortugas marinas, se conoce que en mamíferos terrestres integra una ventana temporal intermedia entre el hígado y el pelo (Tieszen et al., 1983). Por lo tanto, en una escala de semanas a varios meses, podemos situar a los tejidos muestreados en esta tesis del siguiente modo: plasma, sangre total, glóbulos rojos, músculo y epidermis.

Los isótopos estables, a diferencia del examen del aparato digestivo, permiten detectar aquellos organismos pequeños o rápidamente digeribles (Post, 2002). Esta técnica permitió observar que las medusas y los ctenóforos eran una parte importante de la dieta de las tortugas verdes en el oeste de Australia, si bien no habían sido registrados en el examen de contenidos estomacales (Burkholder et al., 2011). Además, permite determinar aquellos organismos que efectivamente contribuyen a la nutrición de los animales. Sin embargo, esta técnica posee algunas desventajas. Por un lado, para reconstruir la dieta de un animal a través de isótopos estables es necesario determinar la composición isotópica de los organismos que potencialmente forman parte de la misma (Gannes et al., 1998). Además, los diferentes tejidos de un animal poseen tasas metabólicas distintas y por ende

no reflejan la composición isotópica de la mayor parte de la dieta, sino de los nutrientes de la dieta con los que ese tejido es sintetizado (Gannes et al., 1997). Por otro lado, no permite una identificación precisa de las especies que forman parte de la misma (Post, 2002). Por lo tanto, el estudio de la dieta a partir del examen del contenido del aparato digestivo y el análisis de isótopos estables constituye una aproximación donde se complementan las ventajas y se compensan las desventajas de ambas técnicas (Burkholder et al., 2011).

Muestreo

Los aparatos digestivos fueron colectados durante necropsias y conservados en un freezer a -60°C hasta su procesamiento en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Para su examen, el contenido fue enjuagado con agua a través de un tamiz de 2 mm de malla, pesado y preservado en formol al 4% según Forbes (2000). Se realizó la cuantificación (peso húmedo) e identificación de las presas u organismos vegetales presentes en el esófago y estómago a través de una balanza con precisión 0,01 g y bajo lupa binocular; siendo identificados hasta el menor nivel taxonómico posible según Negri et al. (2004), Núñez Cortés y Narosky (1997), y con asistencia del Dr. Hugo Benavidez, el Dr. Diego Giberto y el Dr. Gabriel Genzano. El quiebre mecánico del alimento y los cambios de aspecto y volumen asociados al paso del alimento por el aparato digestivo hacen que una cuantificación del contenido de los intestinos no resulte apropiada y que por lo tanto sólo sea factible la determinación de la presencia o ausencia de los distintos organismos que son reconocibles aún luego de la digestión (Seminoff et al., 2002b). Para determinar la presencia de basura se examinó la totalidad del aparato digestivo.

Para identificar nematocistos o peines- estructuras propias del Phylum Cnidaria (que incluyen a las clases Scyphozoa, Hydrozoa y Anthozoa) y Ctenophora (Rupert y Barnes, 1994) e indicadores del consumo de plancton gelatinoso- se realizó el examen al microscopio del material encontrado y del raspado de la mucosa del aparato digestivo hasta aumento 1000x según Frick et al. (2001) y Nierop y Hartog (1984). Los nematocistos encontrados fueron luego clasificados acorde a su morfología según Mariscal (1974), Kokelj et al. (1993) y comparados con los nematocistos presentes en los cnidarios que, según su presencia y abundancia en la costa de la provincia de Buenos Aires (Rodríguez, 2012), podrían ser consumidos por las tortugas. Este material provino de la colección Medusozoa de la Estación Costera J. J. Nágera de la Universidad Nacional de Mar del Plata y el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero.

Para el análisis de isótopos estables se colectó una sección de 4x4 mm de epidermis

queratinizada de la cara interna de la aleta posterior derecha mediante un bisturí. Una sección de igual tamaño fue muestreada en el músculo pectoral durante la necropsia. La sangre fue extraída del seno cervical dorsal de las tortugas y conservada en heparina de sodio o litio que no alteran la señal isotópica según Hobson et al. (1997) y Lemons et al. (2012). Dado que los componentes de la sangre brindan información de la dieta de los animales en distintas escalas temporales, una parte de la misma fue separada mediante centrifugación en glóbulos rojos y plasma (5000 rpm durante 5 minutos). Todos los tejidos fueron conservados en frío a -60°C hasta su procesamiento en el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero y el Laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Las muestras de epidermis y músculo fueron enjuagadas en agua destilada, secadas a 60°C por 48 h y luego pulverizadas con mortero hasta que se obtuvo un polvo homogéneo. Las muestras de los distintos componentes de la sangre también fueron pulverizadas con mortero. Entre 0,8 y 1,2 mg de tejido fue colocado en cápsulas de estaño esterilizadas y analizadas en un analizador elemental Carlo Erba EA1108 acoplado a un espectrómetro de masas Thermo Scientific Delta V Advantage para la determinación de relaciones isotópicas, utilizando una interfaz ConFlo IV del Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) de la Universidad de Buenos Aires, Capital Federal, Argentina. Se utilizaron referencias internas del INGEIS calibradas con las siguientes referencias internacionales: IAEA N1 y IAEA N2 para el N, y LSVEC (carbonato de litio), NBS-22 oil y NBS-19 (carbonato de calcio) para el C. Los resultados de las muestras son expresados en una escala normalizada asignando los valores consensuados de $-46,6\text{‰}$ al carbonato de litio L-SVEC y $+1,95\text{‰}$ al carbonato de calcio NBS 19 (Coplen et al., 2006). Se obtuvo la composición isotópica y la relación entre las concentraciones elementales del C y N para todas las muestras.

Se expresó la composición isotópica de las muestras relativas al estándar siguiendo la notación convencional delta (δ) expresada en partes por mil (‰):

$$\delta = \left[\left(\frac{R_{\text{muestra}}}{R_{\text{estándar}}} \right) - 1 \right]$$

donde R_{muestra} y $R_{\text{estándar}}$ son las proporciones de los isótopos pesados y livianos en las muestras ($^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$, $\delta^{13}\text{C}$; $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$, $\delta^{15}\text{N}$) y en el estándar, respectivamente.

Análisis de los datos

En el examen del aparato digestivo, se exploró la dieta de los juveniles de tortuga verde a través del método de presencia-ausencia que permite registrar el número de muestras (i.e. aparatos digestivos) en donde una determinada presa u organismo vegetal está presente (Hyslop, 1980). De este modo se calcula la frecuencia de ocurrencia como:

$$\%FO = \frac{\text{nro. muestras con presa } i}{\text{número total de muestras}} \times 100$$

También se utilizó el método gravimétrico que registra el peso húmedo de los organismos a través del peso total:

$$\%P_t = \frac{\text{peso total presa } i \text{ en todas las muestras}}{\text{peso total contenido todas las muestras}} \times 100$$

o como peso individual:

$$\%P_{ind} = \frac{\text{peso presa } i \text{ en la muestra } j}{\text{peso total contenido muestra } j} \times 100$$

Al igual que el método volumétrico, esta última magnitud permite calcular el peso medio de cada presa u organismo vegetal presente en los estómagos, junto con su correspondiente desvío estándar. Se consideró como componente principal de la dieta a aquellas presas u organismos vegetales que tuvieron una $\%FO > 20$.

Para determinar la importancia de una presa u organismo vegetal en la dieta se utilizaron índices que combinan la abundancia y la frecuencia de los mismos en las muestras (Hyslop, 1980). Uno de ellos es el Índice de Importancia Relativa (RI, Relative Importance Index) el cual se basa en el Índice de Importancia Absoluta (AI) de la siguiente manera (Hyslop, 1980):

$$AI = \%FO + \%N + \%P_t$$

donde $\%N$ es el número total de elementos de la presa i . De este modo:

$$RI = \frac{AI}{\sum_1^n AI} \times 100$$

donde n es el número total de presas diferentes identificados.

Otro Índice de Importancia Relativa es el IRI (Index of Relative Importance), que considera el producto de las mismas magnitudes del RI (Pinkas et al., 1971; Cortes, 1997). En este caso:

$$IRI = (\%N + \%P_i) \times \%FO$$

donde $\%P_t$ es el peso total de la presa i en todas las muestras. Este índice ha sido ampliamente utilizado en estudios de dieta en numerosas especies por más de 20 años. Recientemente Brown et al. (2012) han cuestionado su uso debido a la existencia de interdependencia entre las medidas que caracterizan la dieta. Estos autores han propuesto entonces el uso de un índice parecido al IRI pero que en vez de utilizar el $\%P_t$, utiliza el peso específico por presa u organismo vegetal ($\%P_{sp}$). El mismo se calcula como:

$$\%P_{sp} = \frac{\text{peso total presa } i \text{ en todas las muestras}}{\text{peso total contenidos con presa } i} \times 100$$

Este nuevo índice, denominado Índice de Importancia Relativa Presa-específico ($\%PSIRI$, Prey-specific index of relative importance) realiza un tratamiento más balanceado de las medidas relativas de abundancia de alimento y posee un comportamiento menos erróneo a través de los distintos niveles taxonómicos en que los organismos de la dieta son identificados. De este modo, se calcula para cada presa i de la dieta:

$$\%PSIRI = \frac{\%FO \times (\%N + \%P_{sp})}{2}$$

En el análisis de isótopos estables se tuvo en cuenta que la presencia de lípidos en los tejidos afecta los valores de $\delta^{13}C$ debido a que éstos están empobrecidos en ^{13}C y típicamente poseen valores que son más negativos que aquellos para proteínas o carbohidratos (Post et al., 2007). Por lo tanto, siguiendo a Dodge et al. (2011), McClellan et al. (2010) y Wallace et al. (2009), se aplicó la normalización matemática de Post et al. (2007) el cual realiza la siguiente corrección al valor de $\delta^{13}C$ si $C:N < 3,5$:

$$\delta^{13}C_{\text{normalizado}} = \delta^{13}C - 3,32 + 0,99 \times C:N$$

Luego de esta normalización, se evaluó si la composición isotópica de los tejidos era diferente acorde a lo predicho por el reloj isotópico. Para ello se realizó un Modelo Lineal Generalizado (MGL, McCullagh y Nelder, 1989) con un factor fijo (TEJIDO, 4 niveles: epidermis, glóbulos rojos, músculo y plasma) y otro aleatorio (INDIVIDUO, 14 niveles). Luego se realizaron comparaciones

post hoc mediante el Unequal Test del Statistica 6.0 (Zar, 1996). No se incluyó en el modelo el nivel “sangre total” debido a que su señal expresa la señal conjunta del plasma y los glóbulos rojos (ver Apéndice estadístico).

Para la determinación del nivel trófico y el hábitat de alimentación, se comparó gráficamente la composición isotópica del plasma (que representa la dieta adquirida más recientemente) con la composición isotópica de las potenciales presas u organismos vegetales consumidos por los juveniles en la Bahía Samborombón (lugar del que provinieron las tortugas analizadas). Esta información provino de un estudio previo realizado por Botto et al. (2011) y Gaitán (2012) en donde se analiza la trama trófica del Río de la Plata en base a un muestreo llevado a cabo entre los años 2001-2004 y 2008-2009. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las potenciales presas también fueron normalizados según la corrección de Post et al. (2007). En esta comparación gráfica se tuvo en cuenta el factor de enriquecimiento trófico del plasma estimado por Seminoff et al. (2006a) en juveniles de tortuga verde mantenidos en cautiverio con una dieta experimental ($\Delta\text{dt }^{15}\text{N} = +2,92 \pm 0,03$, $\Delta\text{dt }^{13}\text{C} = -0,12 \pm 0,03$).

En base a la información procedente del examen del aparato digestivo y el análisis de isótopos estables, se estimó la proporción relativa de las distintas presas y organismos vegetales identificados como parte de la dieta según un modelo de mezcla bayesiano denominado SIAR (Stable Isotope Analysis in R) disponible como paquete libre del programa R (R Developmental Core Team 2008). Los modelos de mezcla permiten conocer todas las combinaciones posibles (0-100%) de las proporciones relativas de las potenciales presas en base a pequeños incrementos de cada una (e.g. 1%) y ciertos parámetros de tolerancia basados en el balance de masa entre las presas y los consumidores (Phillips, 2001; Phillips y Gregg, 2003). Esto puede realizarse aún en sistemas indeterminados, es decir, cuando se cuenta con más presas potenciales que elementos isotópicos para identificarlas. Como resultados de los modelos de mezcla se obtiene para cada presa un rango de proporciones relativas (Phillips y Gregg, 2003), pero sin cuantificación de cuán probable es dicho rango (Parnell et al., 2010). La aproximación bayesiana a los modelos de mezcla permite, sin embargo, obtener distribuciones *a posteriori* que representan la probabilidad de densidad verdadera para la contribución de las potenciales presas a la dieta de las tortugas. SIAR incorpora incertezas y variabilidad en la información (i.e. señales isotópicas de los consumidores, las presas y los factores de enriquecimiento tróficos) que se utiliza para crear el modelo, por lo que las probabilidades estimadas son más robustas. En esta tesis se ajustaron los datos al modelo a través de una Cadena

de Markov Monte Carlo que produce simulaciones de las posibles proporciones de las presas consistentes con los datos utilizando una distribución de Dirichlet *a priori* según Inger et al. (2010). La distribución de Dirichlet trata cada proporción de las presas como independiente, pero requiere que todas ellas sumen 1 (Parnell et al. 2010). Se corrieron 500.000 iteraciones de las cuales se descartaron las primeras 50.000 según Inger et al. (2010). Las distribuciones resultantes permitieron la identificación de la proporción más probable de las potenciales presas a través del valor de la media y de los percentiles de 1-99% (Inger et al., 2010; Parnell et al., 2010).

Como toda aproximación bayesiana, el SIAR permite incorporar información *a priori* que guía al modelo en el rango de valores posibles que las proporciones de las distintas presas pueden tomar. Esta información- que puede ser imprecisa o no dependiendo del conocimiento previo existente respecto a la dieta de los animales- puede provenir de corridas previas del modelo con set de datos diferentes, información de bibliografía, entre otros (Parnell et al., 2010). Para esta tesis se incorporó información previa proveniente de:

- las potenciales presas. Se incluyeron en el modelo aquellas presas que son abundantes en la Bahía Samborombón según Acha et al. (2008), Gaitán (2004), Mianzan et al. (2001), Schiariti (2008), Schiariti et al. (2006) y cuya presencia fue en algunos casos registrada en los contenidos del aparato digestivo. Las mismas son: el ctenóforo *Mnemiopsis* sp. (que junto con *Pleurobrachia pileus* representan más del 80% del carbono orgánico total en el límite externo del frente salino de superficie del Río de la Plata), las medusas *Liriope tetraphylla* (que alcanza valores medios de hasta 400 individuos/m³), *Lychnorhiza lucerna* (con biomasa tales que permitirían el desarrollo de una pesquería) y *Chrysaora lactea*, el copépodo *Acartia tonsa* (con más de 8.000 individuos/m³ en el frente de turbidez del Río de la Plata), el misidáceo *Neomysis americana* (con hasta 2.500 individuos/m³) y el bivalvo *Macra* sp. (que alcanza densidades de 1.500-2.700 individuos/m²).
- los valores de enriquecimiento trófico del plasma ($\Delta t^{15}\text{N} \pm \text{DE} = +2,92 \pm 0,03$ y $\Delta t^{13}\text{C} \pm \text{DE} = -0,12 \pm 0,03$) estimados por Seminoff et al. (2006a).
- las concentraciones elementales de C y N en las potenciales presas del plancton gelatinoso. Se incluyeron los valores obtenidos por Botto et al. (2011) y Gaitán (2012) (Tabla 2.3). Los modelos lineales asumen que la concentración de los distintos elementos en las presas es similar entre sí. Pero si la dieta consta de materia animal y vegetal (que poseen grandes diferencias en la concentración de C y N) puede obtenerse un aumento o disminución en la contribución a la

composición isotópica del consumidor de una determinada presa proporcional a la concentración del elemento mayoritario (Phillips y Koch, 2002).

Potencial presa	C (DE)	N (DE)
<i>Mnemiopsis</i> sp.	129,1 (64,3)	23,4 (12,9)
<i>Chrysaora lactea</i>	132,8 (64,3)	41,3 (3,7)
<i>Liriope tetraphylla</i>	131,3 (129,3)	31,9 (41,5)
<i>Lychnorhiza lucerna</i>	62,8 (10,4)	20,0 (3,3)
<i>Mactra</i> sp.	-	-

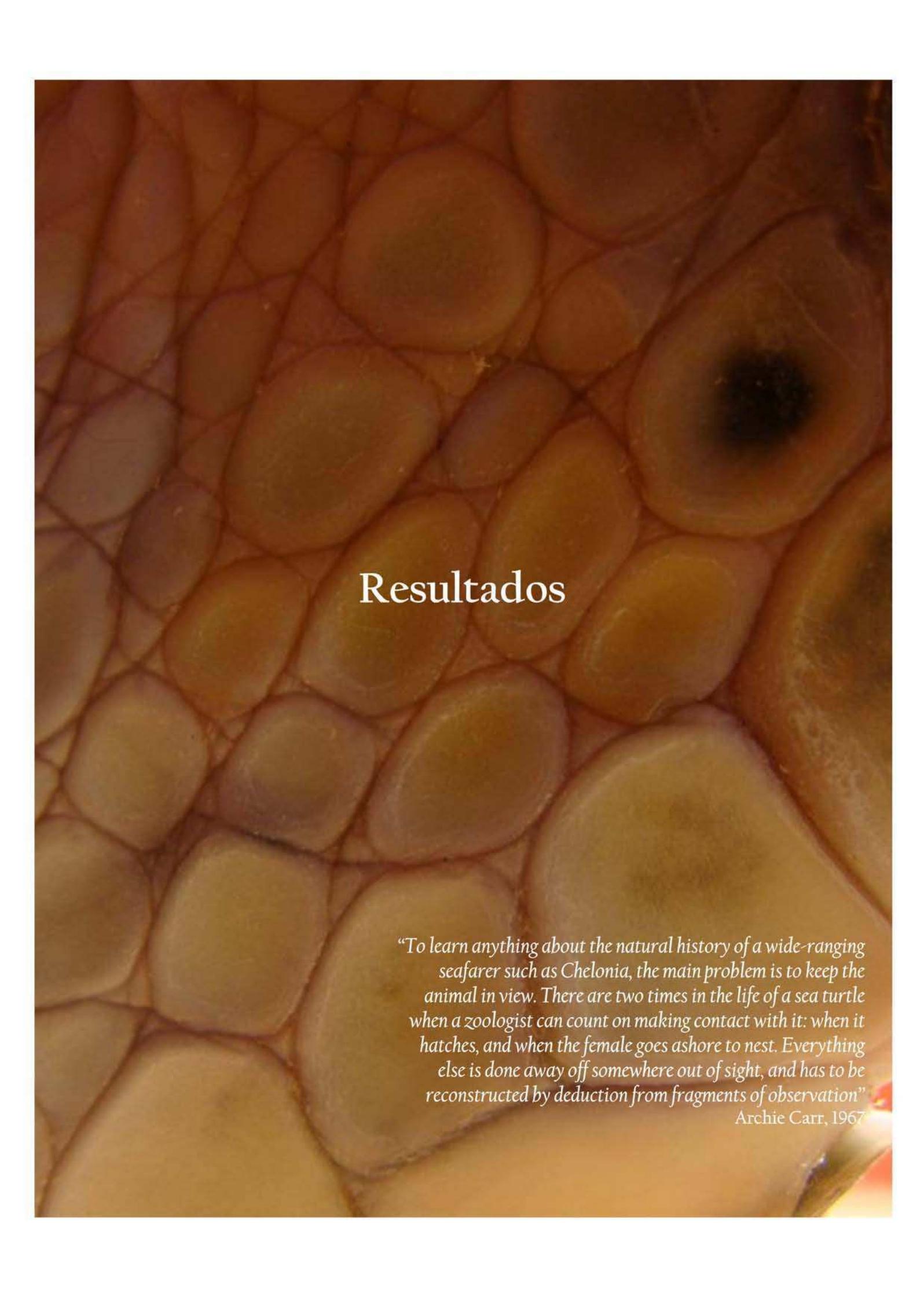
Tabla 2.3. Concentraciones elementales de C y N de las potenciales presas de la tortuga verde en Bahía Samborombón. Datos obtenidos de Botto et al. (2011) y Gaitán (2012).

CAPTURA INCIDENTAL: MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

Fuentes de información y análisis

Para identificar las pesquerías a las que los juveniles se encuentran expuestos en sus áreas de alimentación y rutas migratorias, se combinaron las trayectorias de las tortugas con información acerca de las pesquerías que incidentemente capturan a la especie en el Atlántico Sur Occidental. Esta información provino de artículos científicos y de trabajos presentados en congresos regionales e internacionales de tortugas marinas (International Sea Turtle Symposium y Reunión de Trabajo de Especialistas en Tortugas Marinas del Atlántico Sur Occidental- Red ASO Tortugas) Se dividió las trayectorias de los animales en tres jurisdicciones: 1) Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Argentina, 2) ZEEs de Uruguay y Brasil, y 3) aguas internacionales, para las que se describió la trayectoria de las tortugas y las pesquerías en donde se han reportado capturas.

Posteriormente, se identificaron y describieron las principales herramientas legales e instituciones relevantes para la conservación de la especie en las tres jurisdicciones. La información provino de los sitios oficiales de la Convención Inter-Americana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres, la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, la Biblioteca Digital de Tratados, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, el Consejo Federal Pesquero, el Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible y el sitio de Información Legislativa.

A close-up photograph of turtle skin, showing a pattern of large, overlapping, brownish-yellow scales. A prominent dark, circular spot is visible on the right side of the image. The word "Resultados" is centered in white text over the middle of the image.

Resultados

"To learn anything about the natural history of a wide-ranging seafarer such as Chelonia, the main problem is to keep the animal in view. There are two times in the life of a sea turtle when a zoologist can count on making contact with it: when it hatches, and when the female goes ashore to nest. Everything else is done away off somewhere out of sight, and has to be reconstructed by deduction from fragments of observation"

Archie Carr, 1967

CAPÍTULO III

RESULTADOS

TORTUGAS

Los 79 animales estudiados fueron juveniles con un peso y largo de caparazón que varió entre 2,3 y 16,8 kg (media \pm DE = 6,5 \pm 3,1) y 31,3 y 52,2 cm LMC (media \pm DE = 38,9 \pm 4,7), respectivamente. Esto incluyó 41 hembras, 14 machos y 21 animales cuyo sexo fue indeterminado (Tabla 3.1). El peso y tamaño de 10 animales no pudo ser registrado.

Tabla 3.1. Medidas morfométricas de las tortugas verdes juveniles estudiadas. LMC: largo mínimo curvo del caparazón.

	PESO (kg)			LMC (cm)		
	machos	hembras	indeterminado	machos	hembras	indeterminado
Uso de hábitat						
Media \pm DE			9,2 \pm 2,5			42,3 \pm 4,2
Mín- Max			7- 13,5			38,0- 48,0
N			9			9
Examen contenido aparato digestivo						
Media \pm DE	5,7 \pm 2,7	6,2 \pm 3,2	4,8 \pm 1,5	37,3 \pm 4,6	39,0 \pm 4,5	36,7 \pm 2,5
Mín- Max	3,3- 10,8	2,3- 16,8	3,0- 6,0	32,4- 46,7	31,3- 52,2	32,7- 39,6
N	12	37	5	12	37	5
Análisis isótopos estables						
Media \pm DE	3,4 \pm 0,2	6,2 \pm 2,6	7,7 \pm 3,8	33,4 \pm 1,4	39,7 \pm 5,1	39,6 \pm 5,8
Mín- Max	3,3- 3,5	3,0- 9,3	3,0- 13,0	32,4- 34,4	32,8- 44,9	32,7- 48,5
N	2	4	7	2	4	7

USO DE HÁBITAT

Los 9 animales cuyos desplazamientos fueron monitoreados transmitieron 9.764 posiciones durante un total de 1.878 días (Tabla 3.2). En promedio los transmisores funcionaron durante 208 días (rango = 69 - 358 días). Los animales se desplazaron largas distancias (rango = 554 – 6.734 km, media \pm DE = 3.381 \pm 2.306 km) a una velocidad promedio que varió entre 0,5 a 1,24 km h⁻¹ (Tabla 3.2). Siete de los 9 animales estudiados alcanzaron las aguas del sur de Brasil, mientras que los transmisores de las tortugas C y E dejaron de funcionar prematuramente en las costas argentinas y uruguayas. El transmisor de la tortuga A envió su última posición cerca del puerto brasilero de Itajaí (26°54'S, 48°40'O), aunque las esporádicas posiciones obtenidas durante ese momento (cada 2 a 5 días) no permitieron generar una trayectoria completa a partir de los Modelos de Estado-Espacio (Fig. 3.1).

Tabla 3.2. Resumen del seguimiento satelital de 9 tortugas verdes juveniles estudiadas entre 2008 y 2011. SB: sur de Brasil, RDP: Río de la Plata, URU: costa atlántica de Uruguay, BA: costa de la provincia de Buenos Aires. (*) la transmisión se detuvo prematuramente, (◐) migración ida y vuelta.

Tortuga	Procedencia	Recuperada de	Fecha de colocación	Duración (días)	N° posiciones recibidas	Distancia viajada (km)	Destino final
A	Bahía Blanca	red camaronera	15 Feb 2008	215	123	1525	SB
B	Bahía Blanca	red camaronera	24 Abr 2008	297	989	5623	RDP [†]
C	Bahía Blanca	red camaronera	17 Dic 2008	137	730	1530	URU*
D	Magdalena	red de enmalle	8 Feb 2009	160	386	1769	SB
E	Bahía Blanca	red de enmalle	17 Feb 2009	69	272	554	BA*
F	Bahía Blanca	red de enmalle	10 Mar 2009	290	1461	5981	SB
G	San Clemente	red de enmalle	5 Ene 2010	208	1354	4378	SB
H	San Antonio Oeste	fosa de marea	6 Mar 2010	358	2835	6734	RDP [†]
I	Bahía Blanca	red de enmalle	15 Dic 2010	144	1614	2338	SB

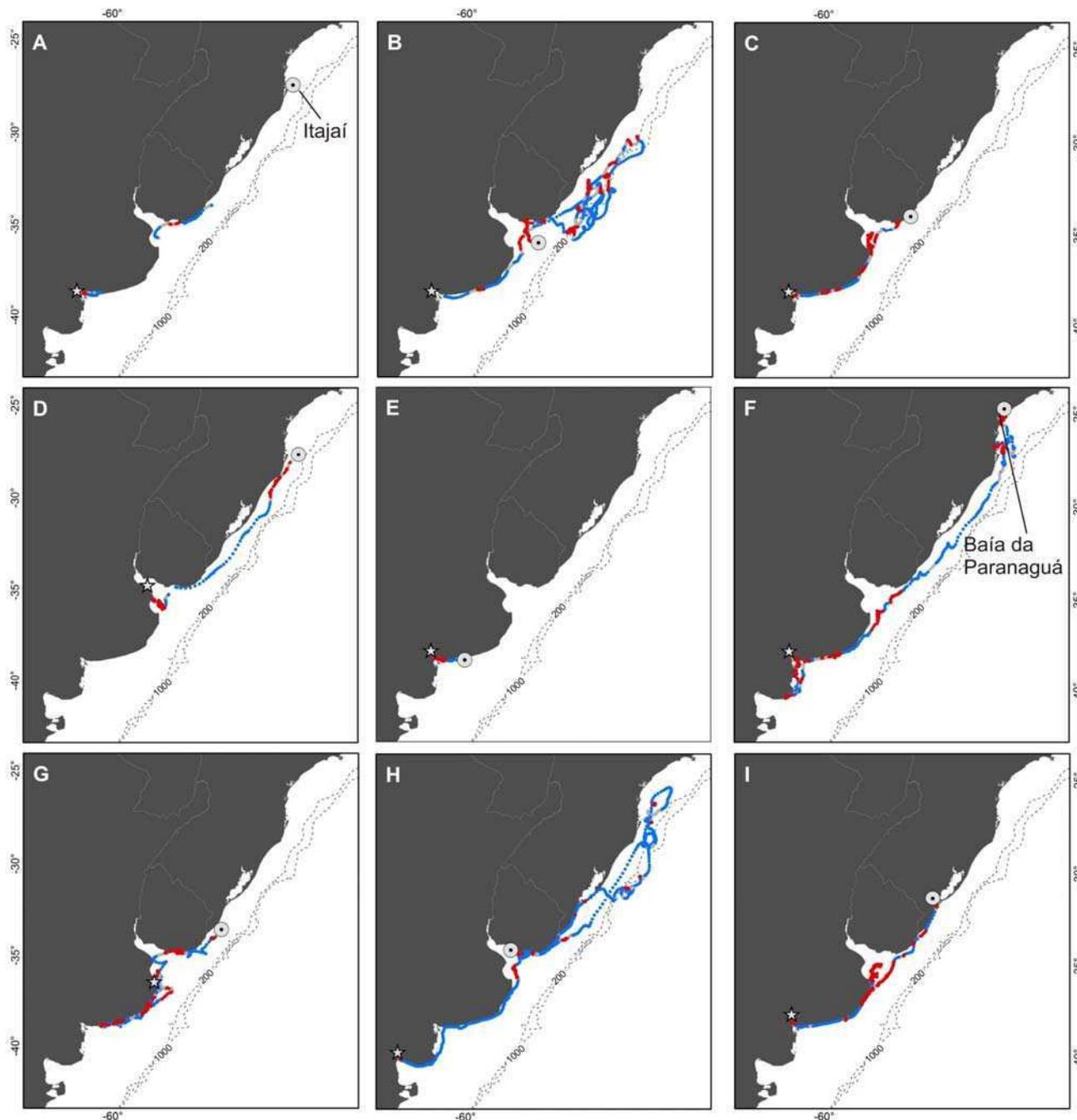


Figura 3.1. Trayectorias individuales de 9 tortugas verdes juveniles (A-I) en el Atlántico Sudoccidental. Las estrellas indican la localidad donde los animales fueron capturados y liberados y los círculos indican donde la transmisión se detuvo. Los puntos rojos y azules indican las posiciones donde los animales estuvieron alimentándose o desplazándose, respectivamente. Los puntos grises son las posiciones donde el comportamiento fue incierto.

Estacionalidad, migraciones y áreas de alimentación

El seguimiento satelital de estos 9 animales permitió observar que la presencia de las tortugas fue estacional (Fig. 3.2), aportando evidencia a favor de la hipótesis 1 que postula que los juveniles de tortuga verde no permanecen durante todo el año al sur de los 34°S. En verano y otoño, los

animales permanecieron en las aguas costeras de Argentina y Uruguay y luego migraron hacia el sur de Brasil donde pasaron el invierno en aguas más cálidas. La migración se inició durante el otoño, como se evidencia a partir del aumento en la tasa media de movimiento y la posición norte de la isoterma de 20°C (Fig. 3.2 y 3.3). En primavera, la mayoría de los animales permanecieron en aguas del sur de Brasil y Uruguay.

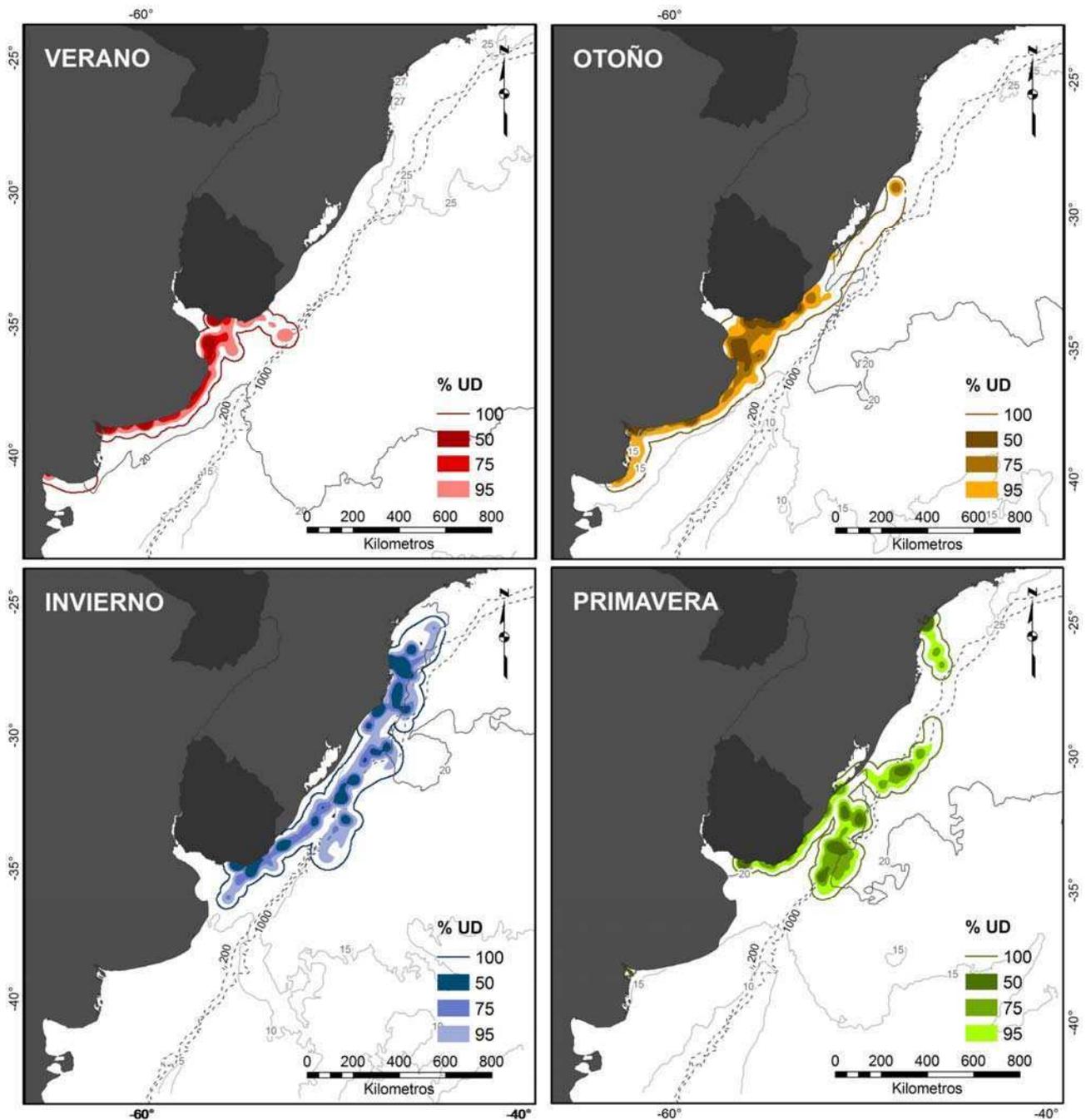
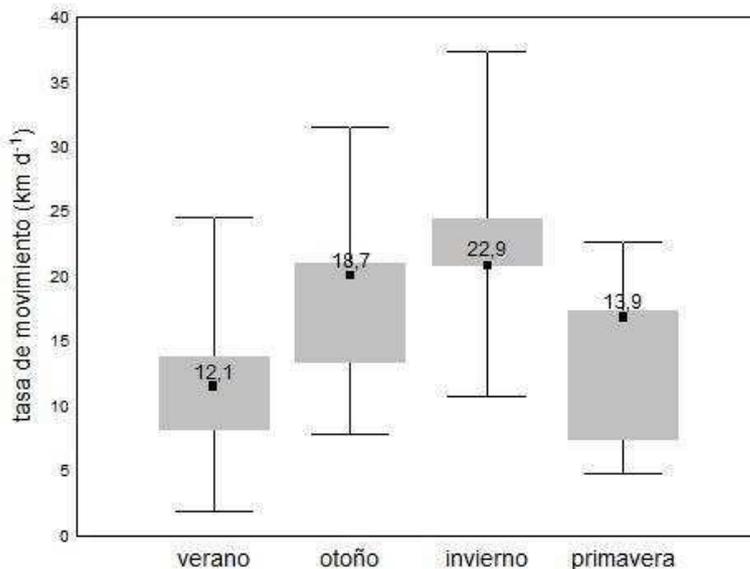


Figura 3.2. Uso de hábitat estacional de los juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. Los contornos de uso (UD) de 100% y 50% representan la distribución total y las áreas de uso intenso de las tortugas, respectivamente. Las líneas llenas grises representan las isotermas promedio mensuales de febrero, mayo, agosto y noviembre de 2009. Se resalta la isoterma de 20°C.

Figura 3.3. Tasa de movimiento (km d^{-1}) de los juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. Los puntos negros representan el valor de la mediana, los rectángulos representan los percentiles de 25 y 75%, y los bigotes indican los valores mínimo y máximo.



Algunos animales mostraron fidelidad a las aguas costeras de Argentina y Uruguay en años sucesivos, sugiriendo que estos hábitats pueden ser visitados reiteradamente. Las tortugas B y H realizaron una migración de ida y vuelta. Por el contrario, la tortuga F permaneció durante 2 meses en Baía da Paranaguá, Brasil ($25^{\circ}29'S$, $48^{\circ}33'O$) luego de abandonar aguas argentinas (Fig. 3.1).

Durante este circuito migratorio estacional, las tortugas utilizaron aguas con un amplio rango de profundidades que abarcaron tanto ambientes neríticos (profundidad < 200 m) como oceánicos (profundidad > 200 m), aportando evidencia a favor de la hipótesis 2 que postula que los juveniles de tortuga verde no son estrictamente neríticos al sur de los $34^{\circ}S$ (Fig. 3.2 y 3.4).

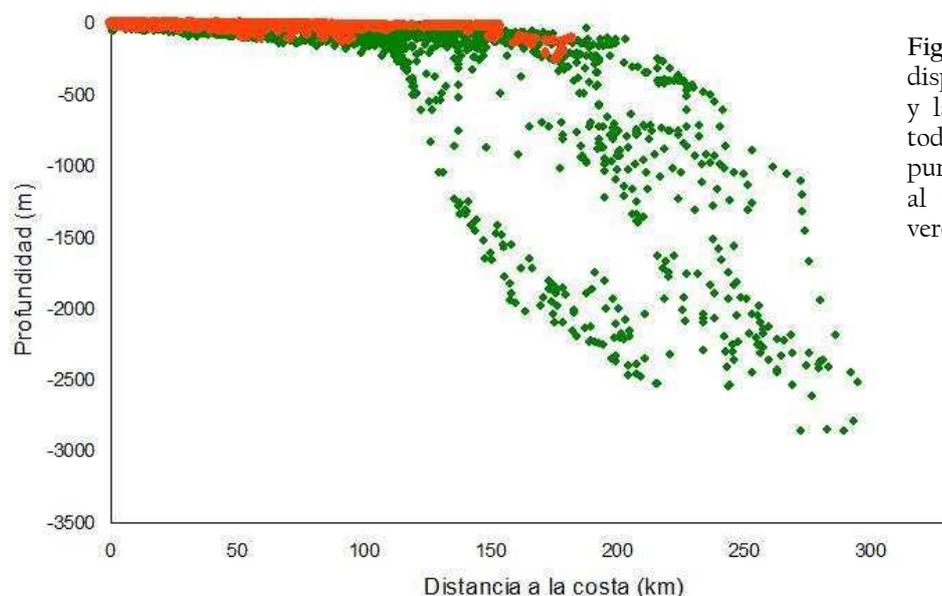


Figura 3.4. Diagrama de dispersión entre la profundidad y la distancia a la costa para todas las estaciones del año. Los puntos naranjas corresponden al verano/otoño y los puntos verdes al invierno/primavera.

La profundidad varió significativamente entre estaciones. En verano y otoño- en las zonas económicas exclusivas de Argentina y Uruguay- los animales utilizaron casi exclusivamente aguas poco profundas. En cambio, durante el invierno y la primavera utilizaron las aguas de plataforma de Uruguay y Brasil pero también aguas oceánicas ($F = 1390,5$, $p = 0,0001$, Tabla 3.3, Fig. 3.2 a 3.4, ver Apéndice estadístico). La distancia a la costa también varió significativamente entre estaciones. Las tortugas se encontraron más cerca de la costa durante el verano y el otoño ($F = 512,7$, $p = 0,0001$, Tabla 3.3, Fig. 3.2 a 3.4, ver Apéndice estadístico). De este modo pudo observarse que los animales migraron hacia el norte siguiendo la línea de costa de la provincia de Buenos Aires, luego continuaron desplazándose hacia el norte a través de aguas de plataforma media y, aquellos animales que retornaron hacia el sur lo hicieron a través de aguas oceánicas (Fig. 3.1 y 3.2).

Tabla 3.3. Profundidad y distancia a la costa de las aguas utilizadas por los juveniles de tortuga verde durante el otoño/verano e invierno/primavera en el Atlántico Sudoccidental.

	PROFUNDIDAD(m)		DISTANCIA A LA COSTA (km)	
	Otoño/verano	Invierno/primavera	Otoño/verano	Invierno/primavera
MEDIANA	9,0	69,0	9,8	83,0
MIN	0,0	0,0	0,0	0,0
MEDIA	12,9	306,7	28,9	91,4
MAX	256,0	2867,0	181,9	295,1
N	3016	1925	3016	1925
DE	17,7	589,6	35,6	77,2

El uso combinado de los Modelos de Estado- Espacio y el análisis de densidad de Kernel permitió identificar áreas de alimentación intensamente utilizadas por las tortugas (Fig. 3.5). En verano y otoño la alimentación se concentró en áreas cercanas a la costa de la provincia de Buenos Aires (<60 km de la costa), la Bahía Samborombón y El Rincón. Estas aguas conforman un área de más de 8.000 km² (Tabla 3.4). En cambio, durante el invierno y la primavera, la alimentación ocurrió principalmente en aguas costeras de Uruguay y Brasil (abarcando un área total de más de 4.000 km²), aunque también en aguas lejanas a la costa. En total, los animales pasaron el 38% de su tiempo alimentándose en la Bahía Samborombón, El Rincón y áreas de aguas > 30 m de profundidad.

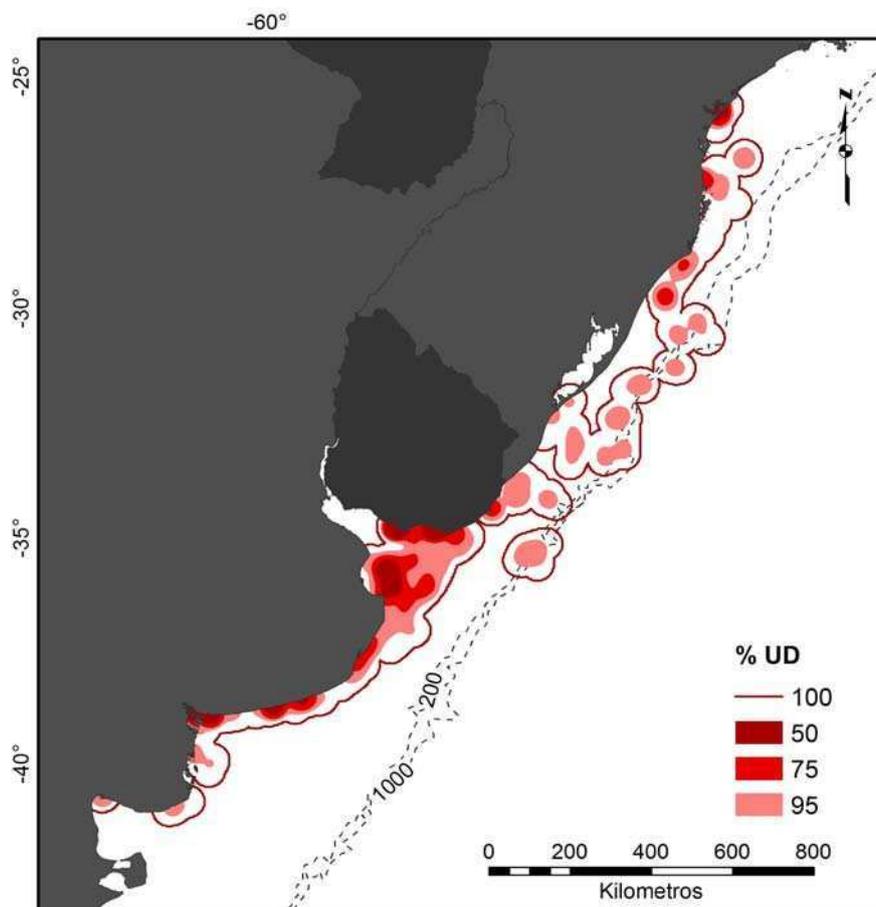


Figura 3.5. Áreas de alimentación de las tortugas verdes juveniles en el Atlántico Sudoccidental. La distribución de los animales está representada mediante los contornos de uso (UD). Los contornos de 100% y 50% representan la distribución total y las áreas de uso intenso de las tortugas, respectivamente.

Áreas de alimentación	Área
100%	254.741
50%	
Total costa argentina	11.205
El Rincón	1.947
costa Buenos Aires	1.182
Bahía Samborombón	4.987
Total costa uruguaya	3.088
Baía da Paranaguá (Brasil)	1.176

Tabla 3.4. Áreas de alimentación de los juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. Las áreas (km²) corresponden al 50 y 100% del contorno de uso.

ECOLOGÍA TRÓFICA

El examen del contenido del aparato digestivo y el análisis de isótopos estables permitió observar que la dieta de los juveniles de tortuga verde está compuesta por materia animal y vegetal, brindando evidencia a favor de la hipótesis 3 que postula que los juveniles no son estrictamente herbívoros al sur de los 34°S. A continuación se detallan los resultados obtenidos con cada una de éstas técnicas.

Examen del contenido del aparato digestivo

A partir de los 63 animales colectados se realizó el examen del contenido del aparato digestivo (Fig. 3.6). Se registró un total de 4 tipos de presas como componentes principales de la dieta de los juveniles de tortuga verde en función de la %FO: el material mucoso (81,0%), los moluscos (42,9%), las fanerógamas terrestres (33,3%) y los pólipos de hidrozoo (27,0%) (Tabla 3.5). Sólo dos animales no presentaron alimento alguno en el aparato digestivo.

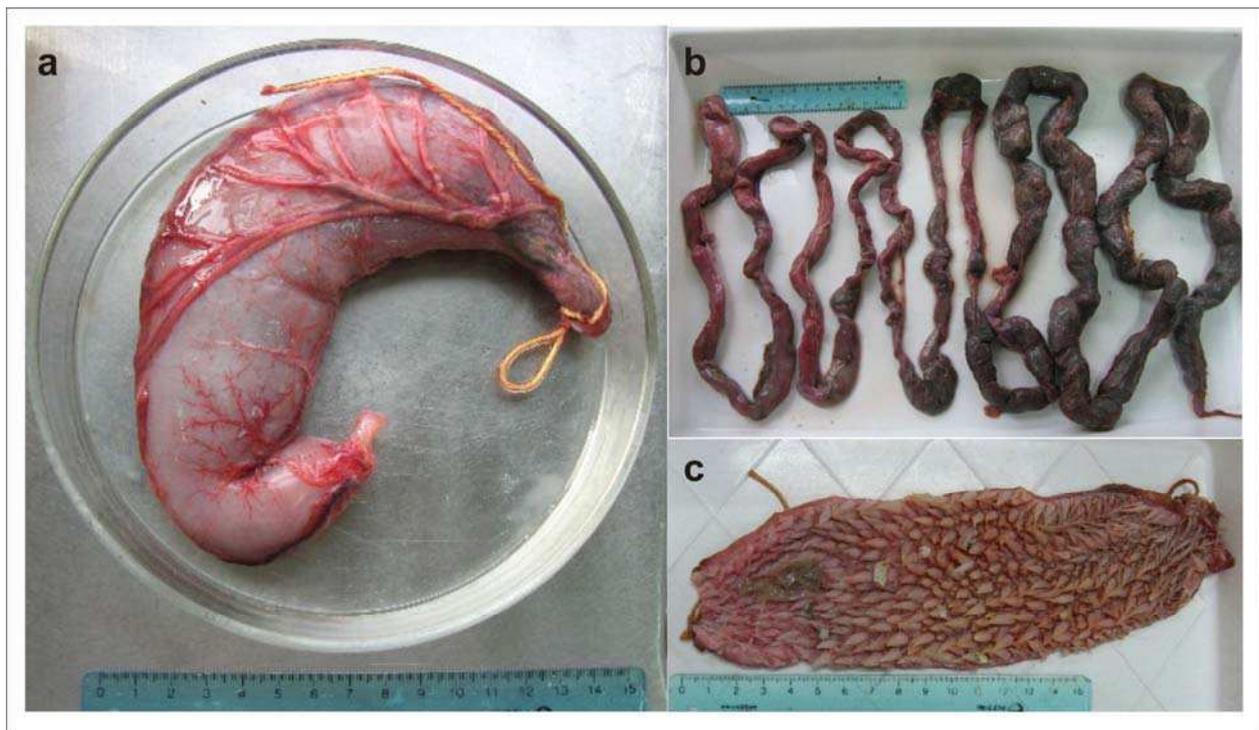


Figura 3.6. (a) Estómago, (b) intestino grueso y delgado, y (c) esófago de un juvenil de tortuga verde proveniente de la Bahía Samborombón, Argentina.

El material mucoso presentó una consistencia semejante a la que posee el plancton gelatinoso. Su coloración varió entre amarillo, amarronado, rosado y transparente (Fig. 3.7). En ninguno de los

casos en donde se observó este material pudo identificarse alguna estructura (i.e. brazos orales, gónadas, peines, etc) indicadora de alguna especie de medusa o ctenóforo. Sin embargo, el examen al microscopio permitió observar la presencia de nematocistos en el 78% de los casos.

Algunos tipos de nematocistos presentes en los aparatos digestivos de las tortugas es posible que pertenezcan a por lo menos cuatro especies de medusas: *Liriope tetraphylla*, *Lychnorhiza lucerna*, *Olindias sambaquiensis* y *Chrysaora lactea*. En los aparatos digestivos se encontraron nematocistos del tipo heterotrichous anisorhiza presentes en *L. lucerna* (recuadro 1, Fig. 3.8). También se encontraron nematocistos posiblemente del tipo mastigóforo presentes en *L. lucerna*, *L. tetraphylla* y *C. lactea* (recuadro 2, Fig. 3.8). Por último, se encontraron nematocistos del tipo microbasic p-mastigóforo presentes en *O. sambaquiensis* (recuadro 3, Fig. 3.8). No se observaron nematocistos presentes en los pólipos de hidrozooos (Fig. 3.8)

Tabla 3.5. Contenido del aparato digestivo de los juveniles de tortugas verdes (n = 63) provenientes de la Bahía Samborombón, Argentina. %P_{ind}: peso húmedo individual, %FO: frecuencia de ocurrencia, MMD: material muy digerido, MNI: material no identificado.

ITEM	%P _{ind}		Presente	%FO		
	Media	DE		≤5%P _{ind}	≥50%P _{ind}	≥75%P _{ind}
Sustrato (piedras+conchilla)	5,4	8,7	66,7	31,8		
MMD	6,0	18,5	11,1	4,8	6,4	3,2
MNI	2,7	9,9	15,9	3,2	1,6	
Líquido	10,7	26,2	17,5		9,5	6,4
MATERIA ANIMAL	54,4	36,9	92,1	7,9	57,1	41,3
Cnidarios						
Material mucoso con nematocistos	47,1	36,4	81,0	3,2	49,1	30,2
Pólipos hidrozoo	2,4	11,7	27,0	20,6	1,6	1,6
Moluscos						
<i>Heleobia</i> sp.	1,6	3,6	42,9	31,8		
Ovicápsulas <i>Rapana venosa</i>	1,4	7,6	12,7	9,5	1,6	
<i>Mactra</i> sp.	1,1	4,4	22,2	0,1		
Poliqueto Chaetopteridae	0,6	4,8	1,6			
Insectos	0,21	0,96	7,9	6,4		
Crustáceo Anomuro	0,1	0,1	1,6	1,6		
Huevos de pez	0,1	0,2	1,6	1,6		
MATERIA VEGETAL	14,6	30,3	38,1	9,5	14,3	11,1
fanerógama terrestre <i>Spartina</i> sp.	8,9	23,3	33,3	14,3	6,4	6,4
Macroalgas	5,7	21,1	9,5		6,4	4,8
<i>Ulva</i> sp.	4,5	20,1	4,8		4,8	4,8
<i>Porphyra</i> sp. + <i>Petalonia</i> sp.	0,8	6,7	1,6		1,6	
<i>Rhodomenia</i> sp.	0,1	0,8	1,6			
<i>Gymnogongrus</i> sp.	0,1	0,4	1,6	1,6		



Figura 3.7. Material mucoso encontrado en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina.

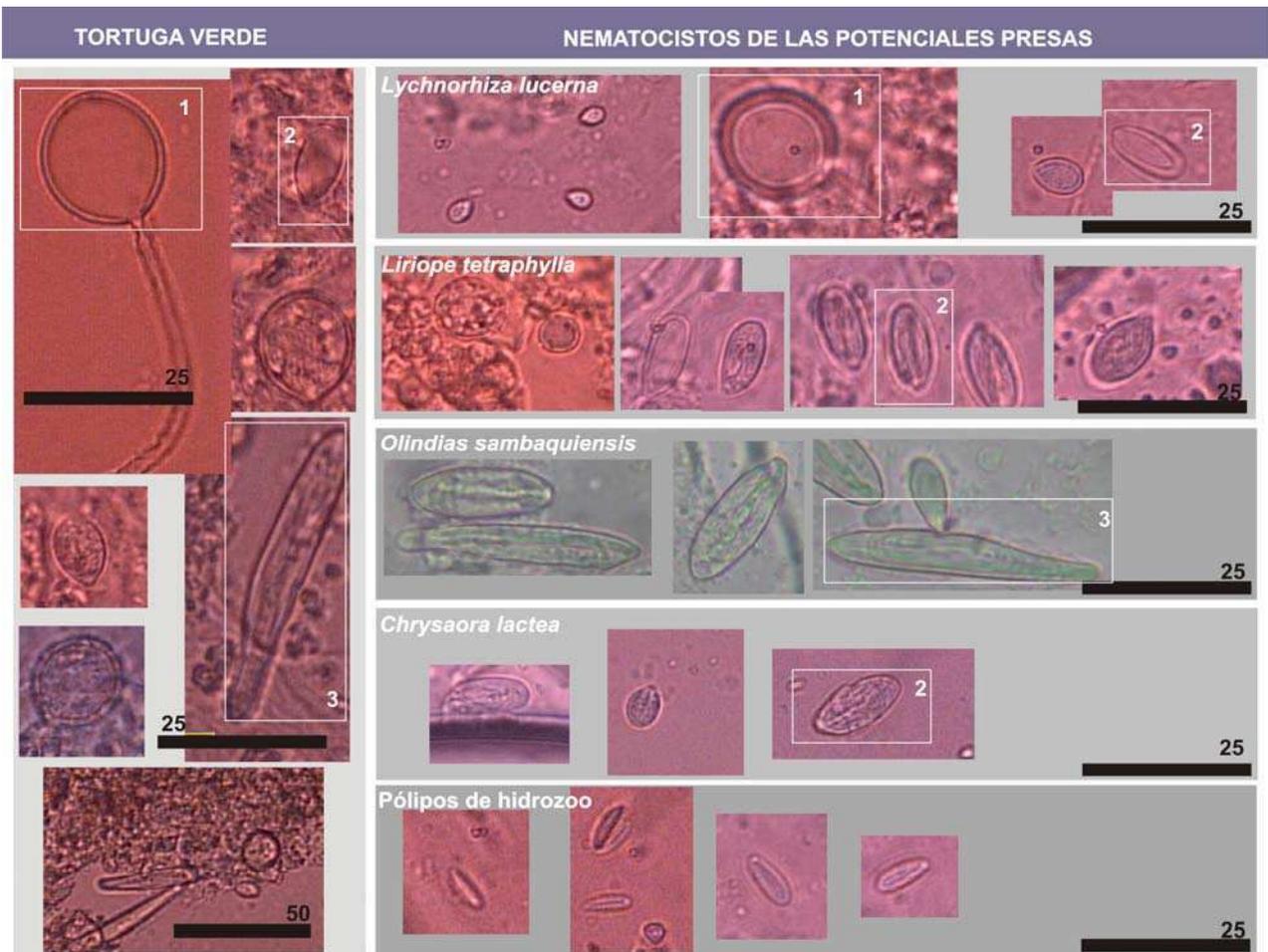


Figura 3.8. Comparación entre los nematocistos hallados en el material mucoso presente en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina, y los nematocistos de sus potenciales presas. La escala simboliza 25 y 50 μm . Los números y recuadros indican una correspondencia entre los nematocistos hallados en los aparatos digestivos y los de sus potenciales presas.

Los moluscos y las fanerógamas terrestres hallados fueron *Heleobia* sp., *Maetra* sp. y *Spartina* sp. Entre los pólipos de hidrozoo se encontraron ejemplares del orden Anthomedusae y Leptomedusae, de los cuales sólo se pudo identificar a *Amphisbetia operculata* (Fig. 3.9).

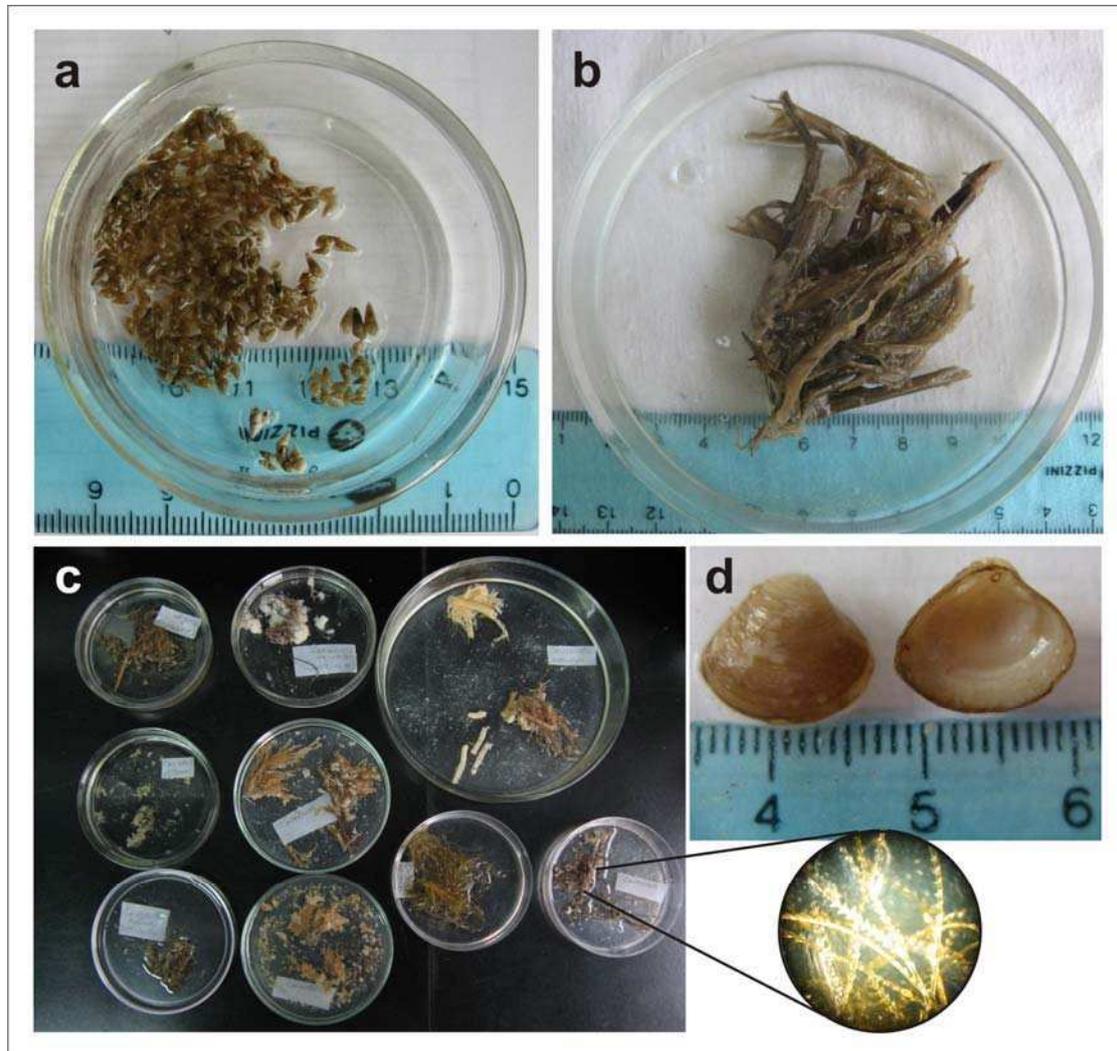


Figura 3.9. Componentes mayoritarios de la dieta de los juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina. (a) *Heleobia* sp., (b) fanerógama terrestre y (c) pólipos de Anthomedusae y Leptomedusae con detalle de *Amphisbetia operculata*, (d) *Maetra* sp.

En cuanto al %P_{ind} el material mucoso fue mayoritario. Entre el 30 y 50% de los animales, este material representó entre el 50 y 75% del peso húmedo del contenido (Tabla 3.5). Las algas, en especial *Ulva* sp., se hallaron en gran cantidad sólo en los contenidos de algunos pocos individuos. Otros ítems minoritarios encontrados fueron las ovicápsulas del gasterópodo *Rapana venosa*, huevos de pez, poliquetos de la familia Chaetopteridae, partes de insectos y anomuros (Fig. 3.10).

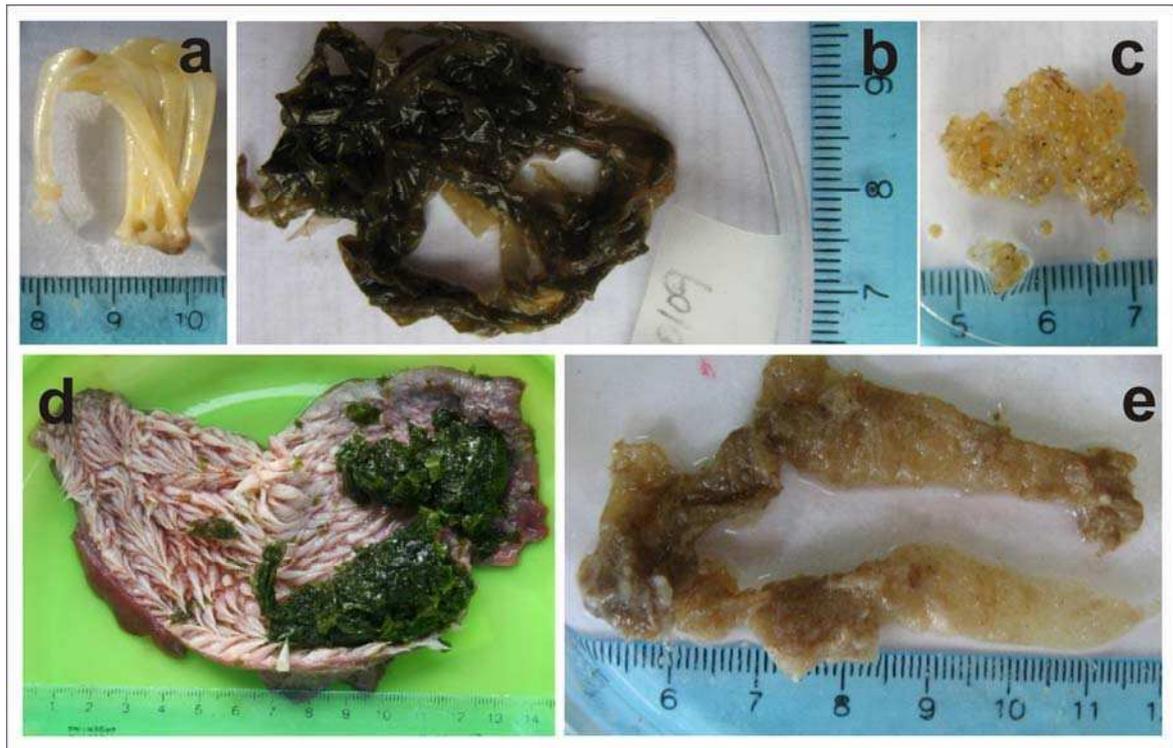


Figura 3.10. Componentes minoritarios de la dieta de los juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina. (a) ovicápsulas de *Rapana venosa*, (b) *Porphyra* sp., (c) huevos de pez, (d) *Ulva* sp. y (e) poliquetos.

Los índices de importancia relativa (RI, IRI y PSIRI) mostraron valores similares indicando que el material mucoso con nematocistos fue el componente más importante de la dieta de las tortugas verdes juveniles en la Bahía Samborombón (Tabla 3.6). En segundo y tercer lugar estuvo el sustrato y *Heleobia* sp., respectivamente, que debido a sus bajos %P_{ind}, es probable que hayan sido consumidos incidentalmente junto con o en busca de alguna otra presa.

Item	%PSIRI	%IRI	%RI
Material mucoso	1695,2	2966,5	26,4
Sustrato	1610,5	385,8	16,3
<i>Heleobia</i> sp.	898,8	41,3	9,8
Plantas terrestres	827,8	327,9	9,7
Pólipos hidrozoo	705,2	40,6	6,4
Líquido	576,0	254,9	7,2
MNI	380,9	63,5	4,5
Total macroalgas	366,9	114,1	4,8
<i>Maetra</i> sp.	365,1	18,7	5,2
Ovicápsulas <i>Rapana venosa</i>	343,6	13,8	3,1
MMD	220,8	63,0	3,8
Insectos	112,6	1,3	1,8
Crustáceo anomuro	104,2	0,0	0,4
Poliquetos	15,1	0,4	0,4
Huevos de pez	0,6	0,0	0,4

Tabla 3.6. Índices de importancia de las presas y organismos vegetales consumidos por los juveniles de tortuga verde de la Bahía Samborombón, Argentina. MNI: material no identificado, MMD: material muy digerido, %PSIRI: Índice de Importancia Relativa presa-especifico, %IRI y %RI: Índices de Importancia Relativa.

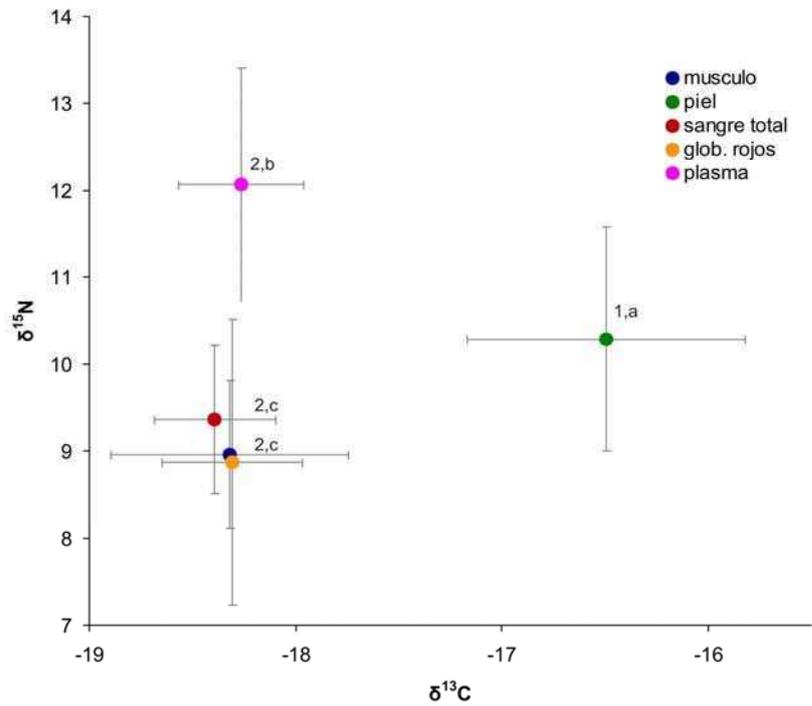
Análisis de isótopos estables

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los tejidos de las tortugas verdes oscilaron entre -17,9 y -16,1 ‰ (sangre total y epidermis, respectivamente), mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ oscilaron entre 8,8 y 12,1 ‰ (glóbulos rojos y plasma, respectivamente, Tabla 3.7). Los tejidos analizados presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ significativamente diferentes, a excepción del músculo y los glóbulos rojos cuyos valores fueron idénticos (Tabla 3.7; Fig. 3.11). La epidermis presentó una señal de ^{13}C más enriquecida respecto al resto de los tejidos ($F = 142,7$, $p < 0,05$). La señal de ^{15}N fue significativamente diferente entre el plasma, la epidermis y el músculo-glóbulos rojos ($F = 36,4$, $p < 0,05$; ver Apéndice estadístico). En el caso del plasma y el músculo-glóbulos rojos las diferencias en ^{15}N equivalen a un nivel trófico. No así la diferencia entre el plasma y la epidermis, o entre esta última y el músculo.

Tabla 3.7. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) de los tejidos de tortugas verdes juveniles y sus potenciales presas en la Bahía Samborombón, Argentina. Las letras y los números indican la comparación *post hoc* del N y C, respectivamente (ver Apéndice estadístico). Los números entre paréntesis indican el tamaño muestral. DE: desvío estándar.

	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	DE (^{15}N)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	DE (^{13}C)
Tortuga verde (14)				
epidermis (14)	10,3 ^a	1,3	-16,1 ¹	0,8
plasma (7)	12,1 ^b	1,3	-17,8 ²	0,3
glóbulos rojos (7)	8,8 ^c	1,6	-17,8 ²	0,3
músculo (7)	8,9 ^c	0,8	-17,8 ²	0,6
sangre total (7)	9,4	1,6	-17,9	0,3
Pez planctófago				
<i>Brevoortia aurea</i> (9)	12,8	0,5	-19,6	0,5
<i>Stromateus brasiliensis</i> (8)	16,4	0,4	-19,4	1,5
Plancton no gelatinoso				
<i>Neomysis americana</i> (4)	11,6	0,3	-17,0	0,1
<i>Acartia tonsa</i> (4)	9,7	0,2	-15,3	1,2
Plancton gelatinoso				
<i>Liriope tetraphylla</i> (5)	9,1	2,4	-17,2	0,8
<i>Lychnorhiza lucerna</i> (5)	12,2	0,7	-17,2	0,2
<i>Chrysaora lactea</i> (4)	13,0	0,1	-15,9	0,5
<i>Mnemiopsis</i> sp. (8)	13,1	2,4	-17,2	0,6
Bentos				
<i>Macrura</i> sp. (3)	9,5	0,6	-18,3	0,3
<i>Rapana venosa</i> (3)	12,6	0,4	-15,3	0,0
Plantas semi-sumergidas				
<i>Spartina alterniflora</i> (5)	7,9	0,3	-13,0	0,1

Figura 3.11. Composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) en plasma, sangre total, glóbulos rojos, músculo y epidermis de tortugas verdes juveniles de la Bahía Samborombón, Argentina. Los puntos indican el valor medio y las barras la desviación estándar (ver valores en Tabla 3.7). Las letras y los números indican la comparación *post hoc* del N y C, respectivamente (ver Apéndice estadístico).



La comparación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del plasma de las tortugas y sus potenciales presas en la Bahía Samborombón mostró una señal empobrecida en ^{13}C (indicadora de un hábitat nerítico) y una señal de ^{15}N intermedia entre la señal de los consumidores primarios (como *Mactra* sp.) y secundarios (como el crustáceo misidáceo *Neomysis americana* y el pez planctófago *Brevoortia aurea*, Fig. 3.12). En este contexto, las potenciales presas de las tortugas serían la hidromedusa *L. tetraphylla* y el bivalvo *Mactra* sp.

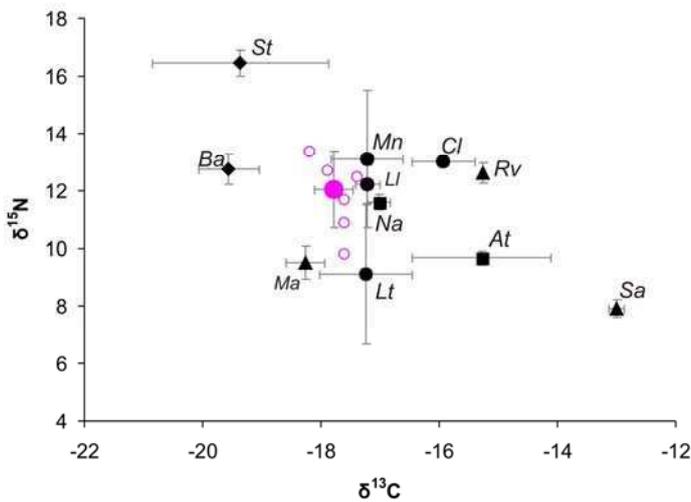


Figura 3.12. Composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) del plasma de los juveniles de tortuga verde (círculo rosa lleno = media, círculos rosas vacíos = valores individuales) en relación a las potenciales presas presentes en la Bahía Samborombón, Argentina. Los cuadrados indican organismos del plancton no gelatinoso (Na: *Neomysis americana*, At: *Acartia tonsa*), los rombos peces planctófagos (St: *Stromateus brasiliensis*, Ba: *Brevoortia aurea*), los triángulos organismos bentónicos o plantas semisumergidas (Sa: *Spartina alterniflora*, Rv: *Rapana venosa*, Ma: *Mactra* sp.) y los círculos negros organismos del plancton gelatinoso (Mn: *Mnemiopsis* sp., Cl: *Chrysaora lactea*, Lt: *Liriope tetraphylla*, Ll: *Lychnorhiza lucerna*). Los puntos indican el valor medio y las barras la desviación estándar (ver valores en Tabla 3.7).

Para la construcción del modelo de mezcla bayesiano SIAR se utilizó la información procedente del examen del aparato digestivo y el análisis de isótopos estables. Por lo tanto, se consideraron como potenciales presas de las tortugas verdes a las medusas *L. tetraphylla*, *L. lucerna*, el ctenóforo *Mnemiopsis* y el bivalvo *Macra* sp. La fanerógama terrestre *Spartina* sp. y el gasterópodo *R. venosa* no fueron incluidos como potenciales presas debido a que presentan señales de carbono alejadas de la del plasma. El modelo indicó que *L. tetraphylla* y *Macra* sp. serían componentes importantes de la dieta de los animales, con una proporción media de aproximadamente el 30%. Le seguirían luego *L. lucerna*, *Mnemiopsis* sp. y *C. lactea* (Fig. 3.13; Tabla 3.9). En total, el plancton gelatinoso constituiría en promedio el 64% de la dieta de los juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón (ver Apéndice estadístico).

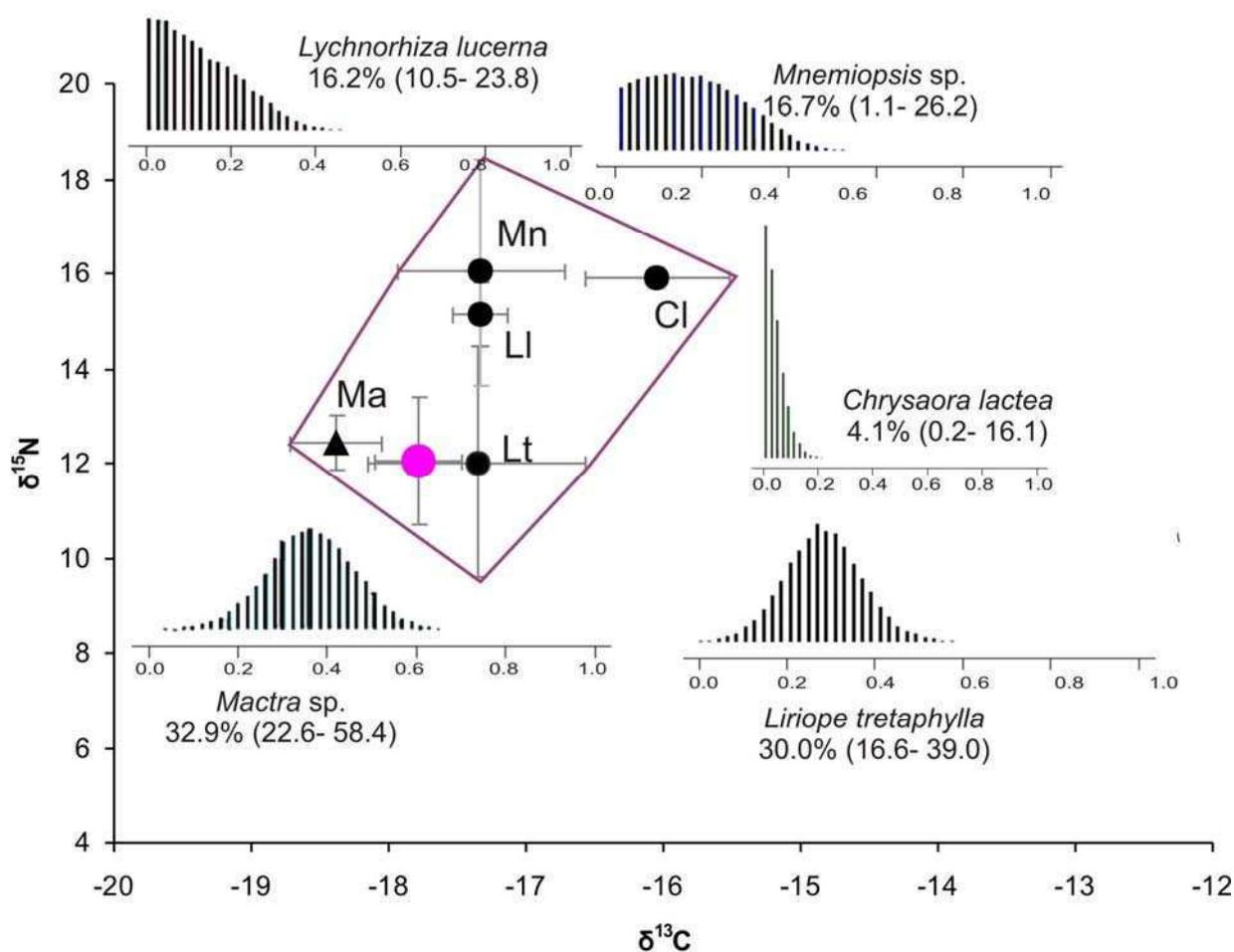


Figura 3.13. Resultados del modelo de mezcla bayesiano SIAR para la composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (‰) del plasma de los juveniles de tortuga verde y sus potenciales presas, teniendo en cuenta el factor de discriminación para C y N según Seminoff et al. (2006a). Ma: *Macra* sp., Mn: *Mnemiopsis* sp., Cl: *Chrysaora lactea*, Lt: *Liriope tetraphylla*, Ll: *Lychnorhiza lucerna*. Los gráficos de barras muestran la distribución de las proporciones relativas para cada una de las potenciales presas, junto con el valor medio y los percentiles de 1-99%.

Ingesta de basura

El examen del aparato digestivo permitió observar de manera colateral la presencia de basura en más del 90% de los contenidos analizados. La cantidad de fragmentos de basura por animal osciló entre los 0 - 591 fragmentos, con una mediana de 13 fragmentos basura/animal. Los mismos representaron entre el 0-5% del peso húmedo del contenido (Fig. 3.14). El peso de la basura respecto al peso corporal de los animales fue despreciable en la mayoría de los casos, a excepción de un animal que consumió casi 600 fragmentos de basura equivalente al 1,3% de su peso corporal.

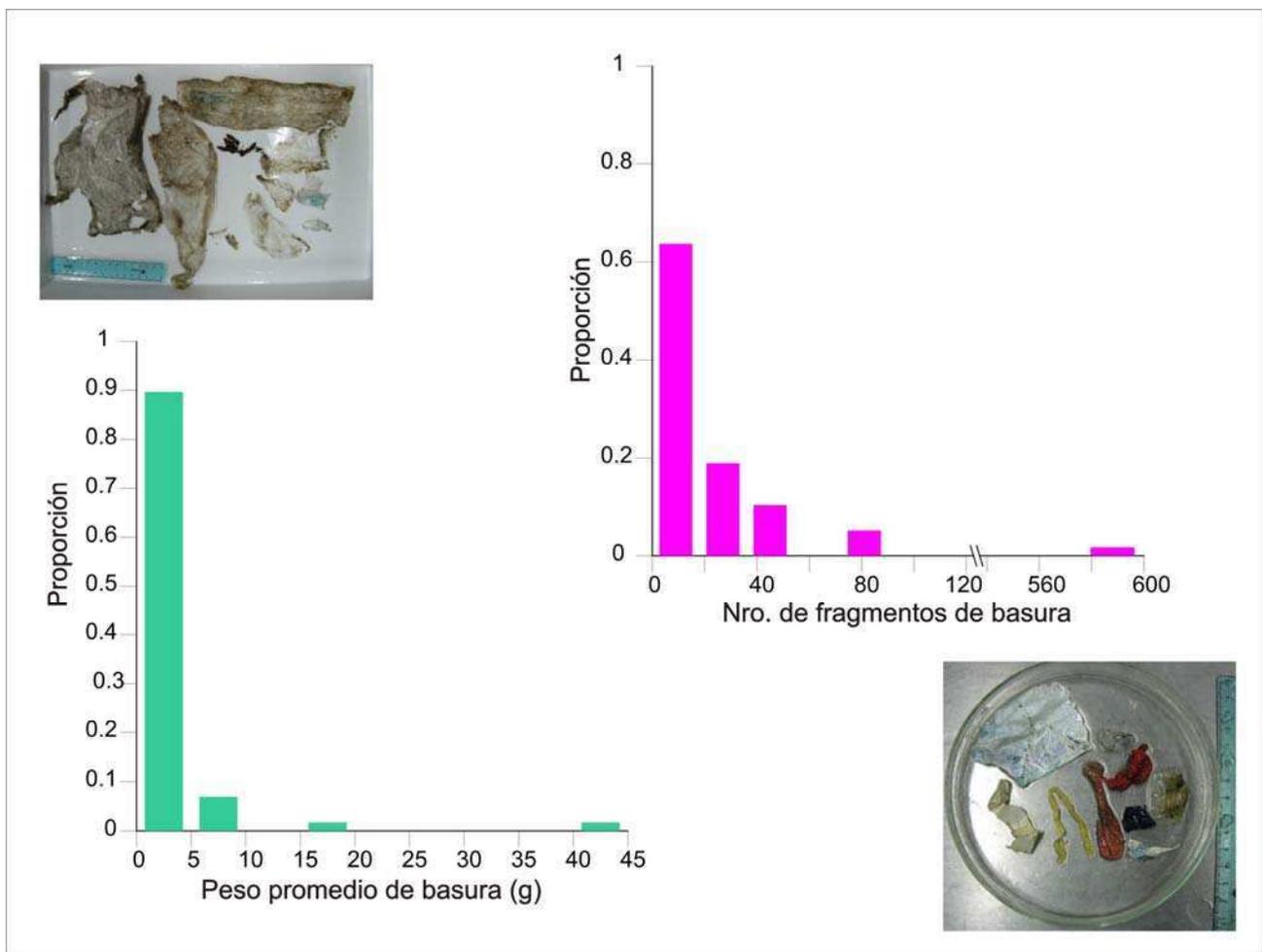


Figura 3.14. Cantidad y peso de la basura hallada en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina.

Los envoltorios, bolsas y partes de plástico rígido fueron el tipo de basura mayoritaria, con una %FO del 84,1, 73,0, 58,7%, respectivamente (Tabla 3.8). El tamaño de la basura fue variable, oscilando entre fragmentos pequeños de bolsas o plástico rígido hasta grandes secciones de bolsas (Fig. 3.15).

BASURA	N° fragmentos	%FO
Envoltorios	607	84,1
Bolsa	275	73,0
Plástico rígido	819	58,7
Hilos (nylon y algodón)	24	36,5
Goma (globos, banditas elásticas)	46	27,0
Cabo	13	14,3
Telgopor	3	6,3
Esponja	11	4,8
Madera	3	4,8
Algodón	3	4,8
Papel	1	4,8
Tela	4	1,6

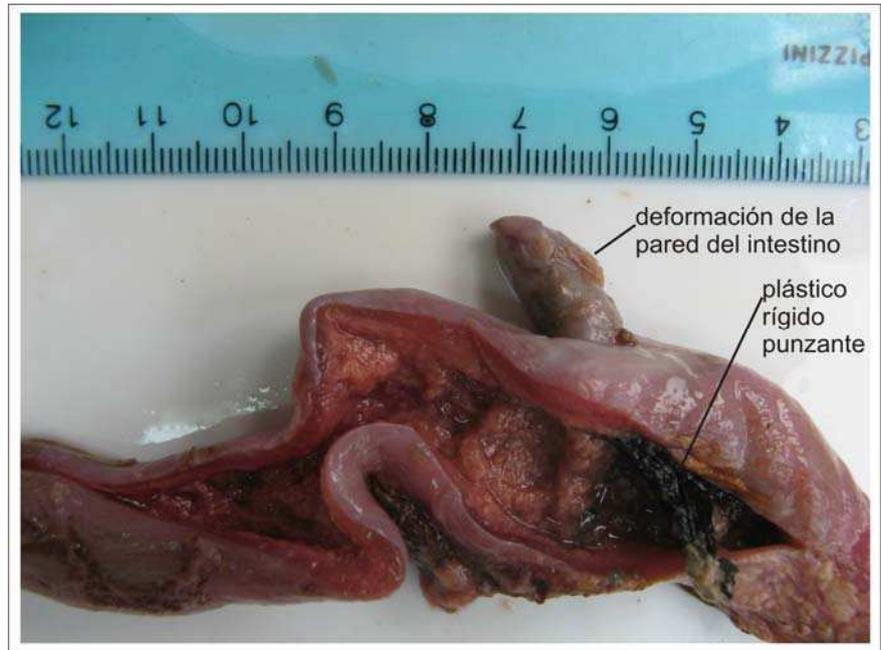
Tabla 3.8. Basura hallada en los aparatos digestivos de juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina. %FO: frecuencia de ocurrencia.



Figura 3.15. Variedad de basura hallada en el aparato digestivo de juveniles de tortuga verde en la Bahía Samborombón, Argentina.

No se observaron obstrucciones ni lesiones aparentes en la mucosa del aparato digestivo causadas por la presencia de basura. La gran mayoría de la misma se encontró en la porción final del intestino grueso, indicando que la basura estaría próxima a ser eliminada. Sólo un animal presentó una deformación de la pared del intestino causada por un fragmento de plástico punzante (Fig. 3.16).

Figura 3.16. Deformación de la pared intestinal causada por la ingesta de basura en un juvenil de la tortuga verde.



CAPTURA INCIDENTAL: MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

En sus áreas de alimentación y rutas migratorias, los juveniles de tortuga verde atraviesa diferentes jurisdicciones y se encuentran expuestos a diversas pesquerías que operan en el Atlántico Sudoccidental. Existe un abundante marco legal e institucional para proteger a la tortuga verde en la región a nivel de los tratados internacionales y de la legislación e instituciones de Argentina. A continuación se describen las pesquerías y la normativa pertinente a las jurisdicciones que atraviesan durante sus migraciones.

ZEE de Argentina

En su migración desde El Rincón y el Río de la Plata hacia el norte, las tortugas atraviesan las aguas de la provincia de Buenos Aires (que alcanzan hasta 12 millas náuticas desde la costa) para luego entrar en aguas de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) argentina (Fig. 3.17). En El Rincón, las tortugas verdes juveniles están expuestas a una pesquería artesanal de camarón y langostino (*Artemesia longinaris* y *Pleoticus muelleri*) donde son capturadas durante los meses de verano y otoño. No se ha reportado mortalidad hasta ahora, quizás debido a que la operación de pesca no implica arrastre y porque las redes son revisadas frecuentemente y las tortugas liberadas (González Carman et al., 2011).

A lo largo de la costa de la provincia de Buenos Aires, desde El Rincón hasta el Río de la Plata, se utilizan redes de enmalle (Fig. 3.17). La red es calada en el fondo (a profundidades de entre 5 y 30 m) para capturar pescadilla de red (*Cynoscion guatucupa*) y corvina rubia (*Micropogonias furnieri*). La captura de tortugas verdes es más frecuente desde finales de la primavera hasta principios del otoño (González Carman et al., 2011). Estimaciones preliminares sugieren que cientos de juveniles son capturados anualmente por esta pesquería (Albareda et al., 2007). Las redes permanecen caladas de 12 a 24 h por lo que existe una tasa de mortalidad superior al 50% (González Carman et al., 2011). En un experimento piloto, se probó la eficiencia de espineles artesanales como arte de pesca alternativo a las redes. Los espineles redujeron la captura de tortugas en escalas experimentales y demostraron ser más selectivos que las redes en cuanto a la captura de peces (Pablo Bordino com. pers.) Sin embargo, las tortugas continuaron siendo capturadas en ambos artes de pesca. Además de los espineles, ninguna otra medida de mitigación ha sido probada o implementada en Argentina.

En aguas provinciales y federales, principalmente en el Río de la Plata, el arrastre comercial que apunta a corvina rubia, también captura incidentalmente tortugas verdes durante la primavera,

verano y otoño (Fig. 3.17). La tasa de captura en las redes es desconocida, aunque capturas con elevados niveles de mortalidad son reportados cada año (Domingo et al., 2006; V. González Carman, pers. observ.) No se ha probado ni implementado ninguna medida de mitigación.

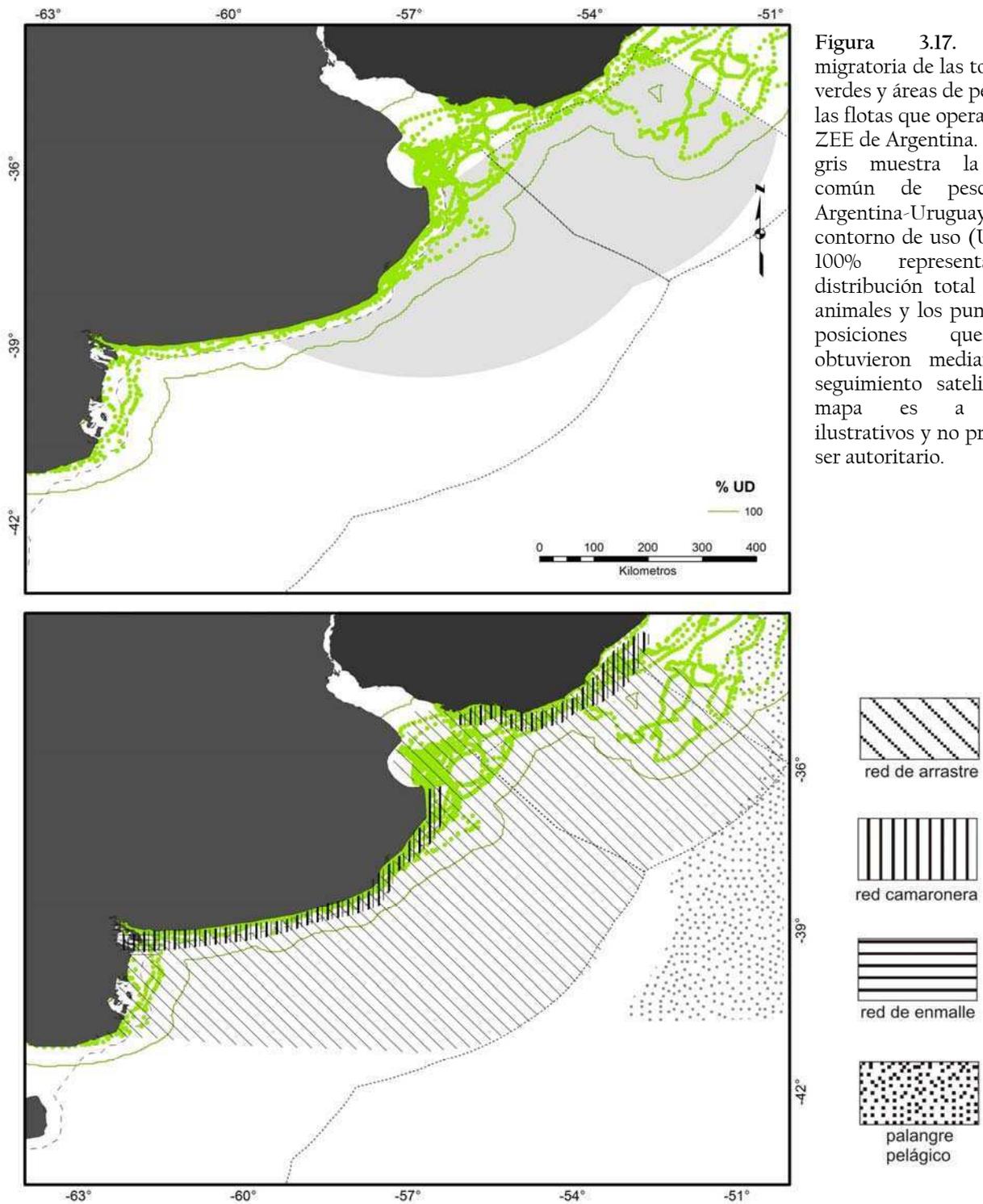


Figura 3.17. Ruta migratoria de las tortugas verdes y áreas de pesca de las flotas que operan en la ZEE de Argentina. El área gris muestra la zona común de pesca de Argentina-Uruguay. El contorno de uso (UD) de 100% representa la distribución total de los animales y los puntos las posiciones que se obtuvieron mediante el seguimiento satelital. El mapa es a fines ilustrativos y no pretende ser autoritario.

Mientras las tortugas utilizan las aguas de Argentina, la Constitución Nacional provee el marco general para la protección de la biodiversidad en nuestro país. Según la misma, “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano [...] y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer [...]. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica [...]. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas [...]”.

Los presupuestos mínimos para la protección de la fauna están establecidos en la Ley General de Ambiente (N° 25.675, Tabla 3.9). Bajo esta ley, el Gobierno Federal debe prevenir el daño potencial o las consecuencias peligrosas de las actividades humanas, asegurando la conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos naturales [art. 2(a,g)]. También afirma que se deben efectuar evaluaciones de impacto ambiental sobre cualquier actividad que pueda dañar significativamente el medio ambiente o algún componente del mismo y que dichas evaluaciones deberán realizarse previamente al inicio de la actividad [art. 11] y deberán contar con una identificación de los daños sobre el ambiente y las acciones necesarias para mitigar sus impactos negativos [art. 13]. Esta ley apela al Principio de Precaución al afirmar que la falta de información no es una razón para posponer medida de conservación [art. 4]. La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) es la autoridad de aplicación de esta ley (Fig. 3.18).

Además de la Ley General de Ambiente, la Ley Federal de Pesca (N° 24.922) expresa que Argentina podrá adoptar medidas de conservación de los recursos vivos que habitan las aguas de su jurisdicción, incluyendo aquellos recursos altamente migratorios dentro de la ZEE y áreas adyacentes [art. 4]. La autoridad de aplicación es el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) quien establece, previo consentimiento del Consejo Federal Pesquero (CFP), las decisiones y estrategias de manejo sobre todas las pesquerías nacionales.

El CFP es un cuerpo gubernamental con representación federal y provincial, incluyendo al Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto (Fig. 3.18). El CFP decide la máxima captura permisible de las pesquerías, las condiciones y requerimientos necesarios para pescar y los métodos, técnicas y artes de pesca que están prohibidos [art. 7, 21]. De este modo, la actividad pesquera está sometida a restricciones establecidas por el CFP basadas en la conservación de los recursos, la pesca sustentable y la protección del ecosistema, con el objetivo de evitar la

sobreexplotación y prevenir los efectos negativos sobre el ambiente y los sistemas ecológicos [art. 17, 21]. El CFP debe también asegurar la sustentabilidad de la pesca y la protección del ecosistema, lo cual incluye la reducción de la captura incidental (Tabla 3.9).

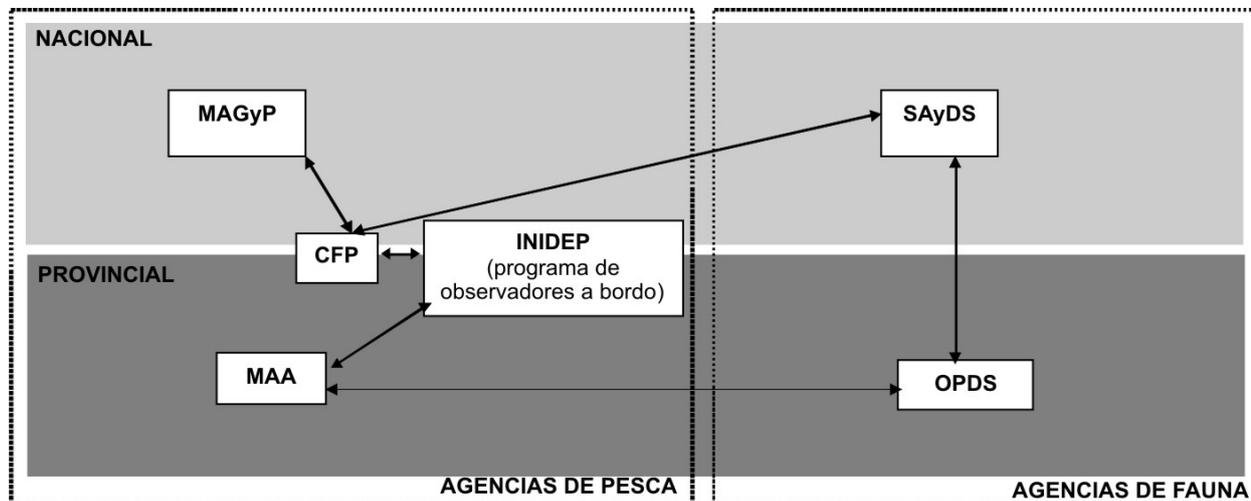


Figura 3.18. Diagrama de las agencias de fauna y pesca de Argentina. MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, CFP: Consejo Federal Pesquero, MAA: Ministerio de Asuntos Agrarios, INIDEP: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

En materia de investigación, el CFP establece los objetivos, políticas y requerimientos de las investigaciones científicas y técnicas referidas a los recursos vivos marinos, especialmente en lo que se refiere a su evaluación y conservación [art. 11]. Las decisiones del CFP se basan en información proporcionada por las investigaciones llevadas a cabo en el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) (Ley N° 21.673; Fig. 3.18).

En el 2001, el CFP dictó una resolución en donde encomienda al INIDEP, a través de su programa de observadores a bordo, se instrumenten las acciones y metodologías requeridas para una adecuada cuantificación de la captura incidental de reptiles, aves y mamíferos marinos durante las tareas de pesca de la flota comercial incluida la pesca costera (Tabla 3.9). Esta es la única norma en la legislación nacional pesquera que específicamente menciona a las tortugas marinas y el problema de la captura incidental. Las flotas comerciales de altura que operan en aguas al sur (poteros, arrastreros y palangreros de fondo) están siendo monitoreados por el programa pero, hasta ahora, no se ha registrado captura incidental de tortugas (com. pers. Jefe del Programa de Observadores a Bordo y Muestreo de Desembarque del INIDEP Lic. Gabriel Blanco). Esto puede deberse a que las flotas pescan fuera del área de distribución conocida de las tortugas o a grandes profundidades donde la probabilidad de captura es baja. En las pesquerías en donde la captura de tortugas ha sido

registrada (aquellas que operan en la costa de la provincia de Buenos Aires) todavía no trabajan observadores.

Tabla 3.9. Resumen de los aspectos más importantes de la legislación argentina pertinente a la conservación de las tortugas marinas. N: nacional, P: provincial, SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, MAA: Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires, OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible.

Regulación	Alcance	Autoridad	Aspectos principales
Ley General de Ambiente (N° 25.675)	N	SAyDS	<ul style="list-style-type: none"> • cualquier actividad que sea susceptible de degradar significativamente el ambiente o algún componente del mismo, estará sujeta a una evaluación de impacto ambiental previo a su ejecución [art. 11]. • los estudios de impacto ambiental deberán identificar las consecuencias sobre el ambiente y las acciones destinadas a mitigar sus efectos negativos [art. 13].
Ley Federal de Pesca (N° 24.922)	N	MAGyP	<ul style="list-style-type: none"> • Argentina podrá adoptar medidas de conservación en la ZEE y el área adyacente a ella sobre los recursos transzonales y altamente migratorios [art. 4]. • el MAGyP puede establecer, previo consentimiento del CFP, las condiciones y requerimientos necesarios para la pesca, sus métodos, técnicas y artes de pesca de uso prohibido. Puede también intervenir en negociaciones bilaterales o multilaterales internacionales relacionadas con la actividad pesquera conforme la política pesquera nacional [art. 7]. • la pesca en todos los espacios marítimos bajo jurisdicción argentina, estará sujeta a las restricciones que establezca el Consejo Federal Pesquero con fundamento en la conservación de los recursos, con el objeto de evitar excesos de explotación y prevenir efectos dañosos sobre el entorno y la unidad del sistema ecológico [art. 17]. • el MAGyP podrá establecer épocas y zonas de veda [art. 19] y determinará los métodos, técnicas, equipos y artes de pesca prohibidos [art. 21]. Queda prohibido realizar toda práctica que atente contra la sustentabilidad del recurso pesquero y contra las prácticas de pesca responsable, de acuerdo con lo que determine el MAGyP en consenso con el CFP [art. 21].
Ley de Pesca de la provincia de Buenos Aires (N° 11.477)	P	MAA	<ul style="list-style-type: none"> • la protección y conservación de la fauna y flora acuática en zonas de límites con otras provincias o jurisdicciones, o en áreas de interés común, se implementará mediante acuerdos de cooperación [art. 14].
Ley Integral de Medio Ambiente y Recursos Naturales (N° 11.723)	P	OPDS	<ul style="list-style-type: none"> • todo emprendimiento que implique acciones u obras que sean susceptibles de producir efectos negativos sobre el ambiente y/o sus elementos debe contar con una evaluación de impacto ambiental previa [art. 5(b) y art. 10 a 24]. • el Estado Provincial y los municipios tienen la obligación de fiscalizar las acciones antrópicas que puedan producir un menoscabo al ambiente, siendo responsables de las acciones y de las omisiones en que incurran [art. 6]. • el Estado Provincial tendrá a su cargo la adopción de un sistema integral de protección para las especies en retracción poblacional o en peligro de extinción, incluyendo la preservación de áreas de distribución geográfica de las mismas [art. 60(b)].
Resolución CFP N° 3/2001	N	MAGyP	<ul style="list-style-type: none"> • instrumentar las acciones y metodologías requeridas para una adecuada cuantificación de la captura incidental de reptiles durante las tareas de pesca de la flota comercial incluida la pesca costera.

Como país federal, las provincias pueden decidir sobre sus aguas jurisdiccionales, pero deben manejar sus recursos de acuerdo a las leyes federales de presupuestos mínimos. Según la Ley Federal de Pesca, la provincia de Buenos Aires tiene dominio sobre sus recursos naturales hasta las 12 millas náuticas desde la costa (Sabsay et al., 2006).

A nivel provincial, la Constitución de Buenos Aires es la norma principal que expresa el compromiso de la provincia con la conservación de los recursos naturales y el control de cualquier actividad perjudicial para el ecosistema dentro de su territorio [art. 6]. Buenos Aires también posee la Ley Integral de Medio Ambiente y los Recursos Naturales (N° 11.723) que postula que el Estado Provincial y las municipalidades deben controlar las actividades humanas que puedan dañar el medio ambiente [art. 6], adoptando un sistema integral para proteger a las especies amenazadas, incluyendo la preservación de las áreas donde éstas se distribuyen [art. 60(b)]. Además, cualquier actividad que dañe significativamente el ambiente o algún componente del mismo, debe estar sujeta a una evaluación de impacto ambiental previa ejecución de la misma [art. 5(b) y art. 10 a 24]. El Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) es la autoridad de aplicación (Fig. 3.18). Como acción específica relacionada con la conservación de la fauna marina, el OPDS posee un programa de rescate de fauna (Resolución N° 86/2010) que, entre sus actividades, efectúa el rescate de tortugas marinas de actividades pesqueras.

Buenos Aires adoptó la Ley Federal de Pesca, pero también promulgó su propia norma, la Ley de Pesca de la Provincia de Buenos Aires (Tabla 3.9). En esta norma, la conservación de los recursos naturales no está claramente establecida como en la Ley Federal de Pesca. Sólo se refiere a la conservación de los recursos naturales en el contexto de áreas limítrofes entre provincias, jurisdicciones o zonas de interés común, promoviendo la cooperación a través de acuerdos para proteger la flora y fauna acuáticas. La autoridad de aplicación es el Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires (MAA; Fig. 3.18).

ZEEs de Uruguay y Brasil

Luego de abandonar las aguas de Argentina, las tortugas migran hacia el norte hacia aguas más cálidas, cercanas a la costa de Uruguay y Brasil, en donde pueden ser capturadas por flotas comerciales y artesanales (Fig. 3.19). Las redes de enmalle y de arrastre ocasionan una alta mortalidad (Contato et al., 2004; Domingo et al., 2006; Gallo et al., 2006; Laporta et al., 2006; Lezama, 2009; López et al., 2009; Marcovaldi et al., 2006; Monteiro et al., 2005; Silva et al., 2007). Aquellos animales que se aventuran lejos de la costa, en cercanías del talud, interactúan con

pesquerías comerciales que utilizan redes de deriva para capturar tiburones (*Sphyrna* spp.) en aguas brasileras (Fiedler et al., 2012; Laporta et al., 2006; López et al., 2009; Marcovaldi et al., 2006; Monteiro et al., 2005; Silva et al., 2007). Fiedler et al. (2012) estimó una captura en redes de deriva de 134 individuos/año, con una mortalidad del 30%.

Si las tortugas sobreviven a la interacción con las pesquerías costeras de la plataforma argentina, uruguaya y brasileras, también pueden ser amenazadas por las flotas de palangre pelágico de Uruguay y Brasil que operan en las ZEEs y en las aguas internacionales adyacentes capturando pez espada (*Xiphias gladius*), atún (*Thunnus* spp.) y tiburones (*Sphyrna* spp., *Carcharinus* spp., *Prionace glauca*) (Fig. 3.19; Domingo et al., 2006; Sales et al., 2008). La tasa de captura de tortugas verdes es de 0,0082 tortugas/1000 anzuelos (Sales et al., 2008). Si bien este valor es menor respecto al reportado para otras especies como tortugas cabezonas y laúd, las pesquerías pelágicas son un factor de mortalidad adicional que se suma a las pesquerías costeras en donde las tortugas verdes son más frecuentemente capturadas. Se ha probado el uso de anzuelos circulares como medida para reducir la captura, pero las conclusiones acerca de su efectividad son variadas (Domingo et al., 2009, 2012; Sales et al., 2010).

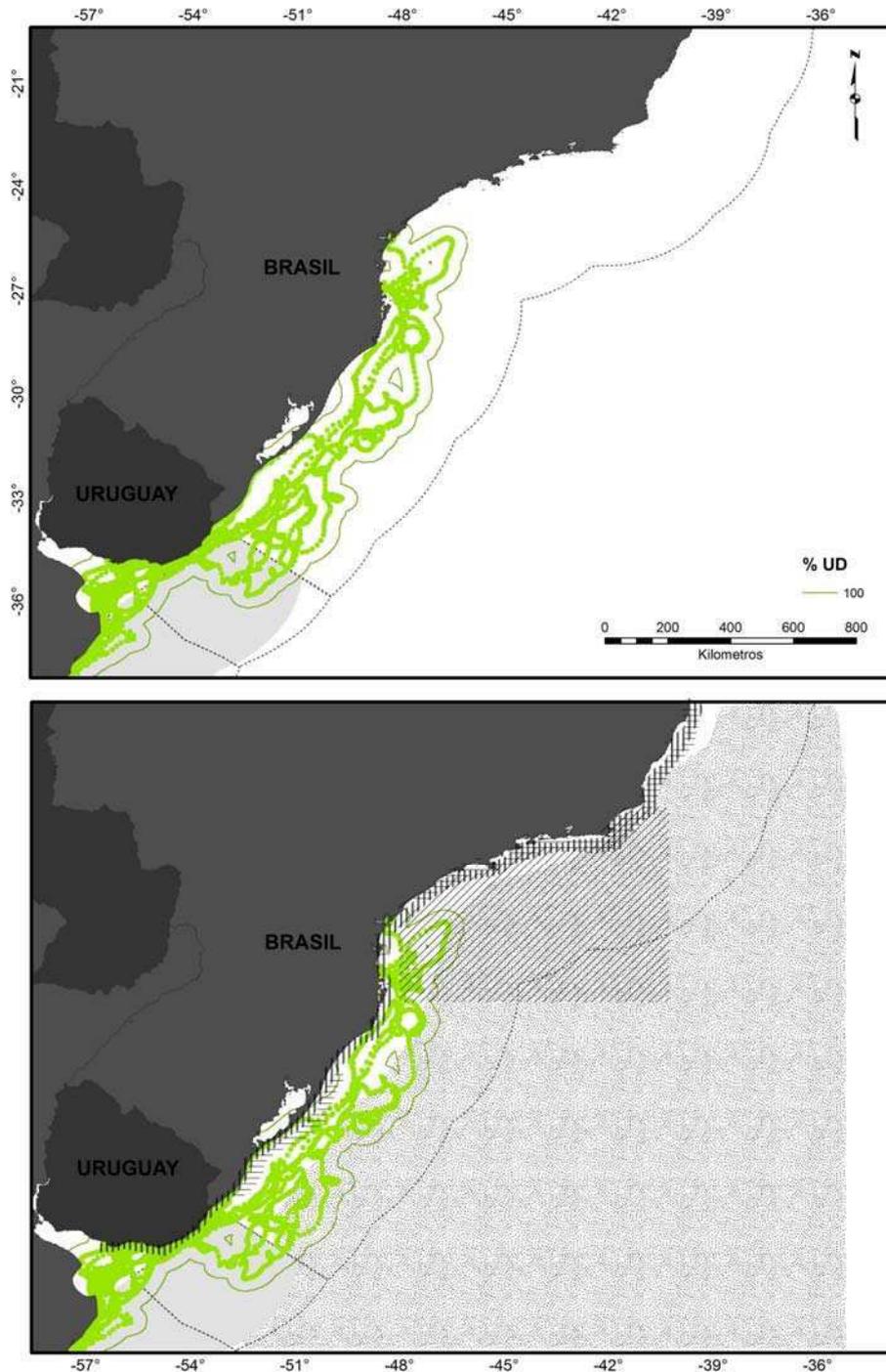


Figura 3.19. Ruta migratoria de las tortugas verdes y áreas de pesca de las flotas que operan en las ZEEs de Uruguay, Brasil y aguas internacionales. El área gris muestra la zona común de pesca de Argentina-Uruguay. El contorno de uso (UD) de 100% representa la distribución total de los animales y los puntos las posiciones que se obtuvieron mediante el seguimiento satelital. El mapa es a fines ilustrativos y no pretende ser autoritario.

La conservación de especies transzonales como las tortugas marinas requiere de cooperación internacional (Lutgen, 2006; National Research Council, 1990; Wold, 2002). Argentina, al igual que Uruguay y Brasil, es miembro de algunos de los convenios más relevantes a la conservación de la biodiversidad, en la cual están incluidas las especies de tortugas marinas que habitan en nuestro país. Estos son: el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Tabla. 3.10).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, Ley N° 24.375) establece que las Partes tienen obligaciones de seguimiento y planificación para la protección de la biodiversidad, por ejemplo, a través de la inclusión de la conservación en sus políticas y planes de acción nacionales [art. 6(a)]. Las Partes deben también establecer áreas protegidas y lineamientos de manejo, utilizando el principio de precaución, para promover la recuperación de especies amenazadas [art. 8], así como también realizar acuerdos bilaterales, regionales o multilaterales para controlar las actividades que puedan tener un impacto significativamente negativo sobre la biodiversidad en la jurisdicción de otros países o en aguas internacionales [art. 14] (Tabla 3.10).

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, Ley N° 22.344) incluye en su Apéndice I a las tres especies de tortugas marinas registradas para Argentina, por lo que todo intercambio internacional de tortugas marinas (o parte de ellas) con fines comerciales está prohibido [art. 3]. Hasta la fecha, no se ha registrado ninguna actividad comercial entre Argentina y los demás países. Esto indicaría que las tortugas capturadas incidentalmente son descartadas en el mar o usadas para consumo local (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Resumen de los aspectos más importantes de los tratados internacionales adoptados por Argentina relevantes para la conservación de las tortugas marinas. I: internacional, R: regional.

Regulación	Clase	Alcance	Aspectos principales
Convención sobre la Diversidad Biológica	tratado	I	<p>Las Partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • elaborarán estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptar para ese fin las estrategias, planes o programas existentes [art. 6(a)]. • establecerán procedimientos por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de los proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos [art. 14]. • establecerán un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica [art. 8].
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres	tratado	I	<ul style="list-style-type: none"> • todas las especies de tortugas marinas de Argentina, Uruguay y Brasil están incluidas en el Apéndice I, por lo que todo intercambio internacional con fines comerciales queda prohibido [art. 3].
Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres	tratado	I	<ul style="list-style-type: none"> • todas las especies de tortugas marinas de Argentina, Uruguay y Brasil están incluidas en el Apéndice I y II. • de acuerdo con las obligaciones para las especies incluidas en el Apéndice I, las Partes se esforzarán por conservar y, cuando sea posible y apropiado, restaurar los hábitats que sean importantes para preservar dicha especie del peligro de extinción [art. 3]. Además, las Partes deben prevenir, eliminar, compensar, o minimizar en forma apropiada, los efectos negativos de actividades o de obstáculos que dificultan seriamente o impiden la migración de las especies, y reducir aquellos factores que la pongan en peligro [art. 4]. • en relación con las especies incluidas en el Apéndice II, las Partes se esforzarán por desarrollar acuerdos para la conservación de las poblaciones o especies como un todo a fin de devolver a esas especies un estado de conservación favorable o mantenerlas en el mismo. [art. 14].

Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar	tratado	I	<ul style="list-style-type: none"> • las Partes tienen soberanía absoluta sobre todos sus recursos (incluyendo a las tortugas marinas) dentro de su mar territorial (hasta las 12 millas náuticas de la costa) y en su ZEE (desde las 12 hasta las 200 millas náuticas) [art. 3 y 57]. • si las tortugas son incidentemente capturadas en la ZEE argentina, se deben crear medidas de protección y manejo para mantener o restaurar las especies, prohibiendo la captura de los animales o requiriendo modificaciones en los artes de pesca para reducir la mortalidad [art. 61]. • las Partes (e.g. Brasil, Uruguay y Argentina) deben tomar medidas para proteger a las poblaciones de tortugas marinas que están siendo incidentemente capturadas en cada ZEE y en las áreas adyacentes [art. 89].
Código para la Pesca Responsable de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO)	instrumento no vinculante	I	<ul style="list-style-type: none"> • las medidas de manejo aplicadas sobre los recursos deberían no sólo asegurar la conservación de las especies objetivo, sino también de aquellas especies pertenecientes al mismo ecosistema, asociadas a o dependientes de las especies objetivo [art. 6(2)]. • deberían desarrollarse y utilizarse artes de pesca selectivos y ambientalmente saludables. El descarte, la captura de especies no objetivo, ya sean o no, deberían minimizarse [art. 6(6)]. • las Partes deberían llevar a cabo estudios sobre la selectividad de los artes de pesca, el impacto ambiental de las actividades pesqueras sobre las especies objetivo y sobre el comportamiento de las especies objetivo y no objetivo en relación a dichos artes de pesca [art. 12(10)]. • las Partes deberían promover la cooperación de los Pescadores en el desarrollo de artes de pesca y prácticas selectivas [art. 8(5)(1)]. • las Partes deberían hacer un esfuerzo por documentar las operaciones de pesca y la captura de los peces y demás especies [art. 8(4)(3) and 12(4)].
Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas	tratado	R	<p>Cada Parte deberá en la medida de lo posible:</p> <ul style="list-style-type: none"> • restringir las actividades humanas que puedan afectar gravemente a las tortugas marinas, sobre todo durante los periodos de reproducción, incubación y migración [art. 4(2)(c)]. • designar áreas protegidas y otras medidas para regular el uso de áreas donde las tortugas habitan regularmente (incluyendo vedas permanentes o temporarias y modificaciones de artes de pesca [art. 2(d) and Anexo II]. • promover la investigación científica relacionada con las tortugas marinas y sus hábitats [art. 4(2)(e)]. • promover la educación ambiental y la difusión de información que aliente la participación de diversos sectores (instituciones de gobierno, organizaciones no gubernamentales, el público en general; y las comunidades directamente involucradas en la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y sus hábitats [art. 4(2)(g)]. • reducir en la medida de lo posible la captura incidental, retención, daño o mortalidad de las tortugas marinas durante las actividades pesqueras. Para este propósito, se necesita regular apropiadamente tales actividades y el uso y mejoramiento de los dispositivos excluidores de tortugas [art. 4(2)(h)]. • desarrollar planes de manejo regionales entre las partes (por ejemplo, entre Argentina, Uruguay y Brasil) y asegurar mediante leyes nacionales, planes y programas la implementación de las provisiones de la Convención [art. 18].
Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo	Tratado entre Argentina y Uruguay	R	<p>Las Partes acordarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • promover la investigación conjunta para evaluar, conservar y asegurar el uso sustentable de los recursos vivos, con especial referencia a la prevención y eliminación de la contaminación derivada de la exploración y explotación del ambiente marino [art. 58 y 82(b)]. • establecer normas para regular las actividades pesqueras [art. 54 y 82(d)].

La Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS, Ley N° 23.918) incluye en sus Apéndice I y II a las tres especies de tortugas marinas registradas para nuestro país. Según las obligaciones para el Apéndice I, las Partes deben intentar conservar los hábitats esenciales para las especies [art. 3(4)], prevenir o mitigar los obstáculos a su migración y reducir los factores que las conduzcan a estar en peligro [art. 4(a)]. De acuerdo a las obligaciones para las especies incluidas en el Apéndice II, las Partes también deben intentar desarrollar acuerdos para la conservación de las poblaciones con el fin restaurar las mismas a un estado de conservación favorable [art. 14] (Tabla 3.10).

Un instrumento internacional que trata específicamente el problema de la captura incidental como amenaza a la biodiversidad es el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). Es un instrumento no vinculante, adoptado también por Uruguay y Brasil, bajo el cual los países son responsables de tomar medidas de manejo no sólo sobre las especies objetivo sino también sobre especies que pertenecen al mismo ecosistema o están asociadas con o dependen de la especie objetivo [art. 6(2)]. La captura incidental de especies no objetivo (ya sea de peces o no) y su impacto debe ser minimizado [art. 6(6)]. Los miembros deben llevar a cabo estudios sobre la selectividad de los artes de pesca y el impacto de los mismos sobre las especies objetivo y no objetivo [art. 12(10)], promoviendo la cooperación de los pescadores en el desarrollo prácticas de pesca más selectivas [art. 8(5)(1)]. Además, debe asegurarse la documentación de las operaciones de pesca y capturas de todas las especies, no sólo peces [art. 8(4)(3) y 12(4)] (Tabla 3.10).

El único instrumento internacional con foco en las tortugas marinas es la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIA, Ley N° 26.600, Tabla 3.10). Este tratado es multilateral y vinculante, y también ha sido adoptado por Uruguay y Brasil. La CIA apunta a proteger a las tortugas y los hábitats de los cuales dependen, considerando el ambiente terrestre y el ambiente marino dentro de las jurisdicciones nacionales e internacionales [art. 4(1)(a)]. También, alienta a sus miembros a promover la investigación científica [art. 4(2)(e)], designar áreas protegidas, modificaciones de artes de pesca [art. 2(d)] y desarrollar planes regionales de manejo [art. 18]. La CIA se ocupa de la captura incidental con instrucciones específicas. Las Partes deben regular las actividades pesqueras para reducir en la medida de lo posible la captura incidental, retención, daño y mortalidad de las tortugas durante las actividades de pesca [art. 4(2)(c,h)]. La CIA considera en detalle el uso de dispositivos excluidores de tortugas en las flotas de arrastre camaroneras, brindando lineamientos para su implementación. Estos

dispositivos podrían ser una medida para reducir la captura incidental en la flota arrastrera argentina que opera en el Río de la Plata. Argentina, junto con Uruguay, está comprometida a través del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo (Ley N° 20.645) a regular las actividades humanas (como la pesca) que se desarrollan en el estuario [art. 54, 82(d)]. Una autoridad binacional, la Comisión Técnica Mixta, se encuentra a cargo de asegurar la sustentabilidad y promover la investigación para evaluar y preservar los recursos [art. 58]. Dado que el estuario es un área altamente utilizada por las tortugas marinas, este tratado y su Comisión, son herramientas importantes para la protección de las mismas.

Aguas internacionales

Las pesquerías de palangre pelágico de Brasil y Uruguay también operan en aguas internacionales (Domingo et al., 2006; Sales et al., 2008) en donde según información obtenida mediante telemetría satelital, las tortugas viajan y se alimentan (Fig. 3.19). Se trata de las mismas flotas que operan cerca del talud (Domingo et al., 2006; Sales et al., 2008).

Ningún país posee jurisdicción nacional sobre las aguas internacionales. Es la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) la norma que trata la conservación de las especies en aguas internacionales, considerando obligaciones de protección similares a las que se aplican dentro de la ZEE de cada país. Argentina ha sido miembro de la CONVEMAR desde 1995, y Uruguay y Brasil son también Partes. Bajo la CONVEMAR, los tres países y cualquier otro estado que pesque en aguas internacionales adyacentes a las ZEEs deben acordar en las medidas necesarias para proteger las poblaciones de las especies explotadas, y también de las especies asociadas con o dependientes de las mismas durante las actividades de pesca (Tabla 3.10). Por lo tanto, se espera que las flotas palangreras de Uruguay y Brasil tomen las medidas necesarias para evitar el impacto negativo de sus actividades sobre las poblaciones de tortugas que llegan a Argentina.

El problema de la captura incidental en aguas internacionales es también considerado por las Organizaciones Regionales de Ordenamiento Pesquero (OROPs). En el Atlántico Sudoccidental, las OROPs más relevantes son la Comisión para la Conservación del Atún de aleta azul del sur (CCSBT) y la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) (Small, 2005). Hasta ahora, Argentina no es parte de ninguna de ellas. Por el contrario, Uruguay y Brasil son miembros de la ICCAT y han llevado a cabo investigaciones sobre la captura incidental de tortugas cabezona y laúd en las pesquerías de palangre pelágico (e.g. Domingo et al., 2009; Giffoni et al., 2008; López Mendilaharsu et al., 2007).

*“Protection of sea turtles is not a parochial problem,
they cannot be saved in any one place,
or by controlling any one phase of the life cycle”
Archie Carr, 1967*

Discusión



CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

Esta tesis contribuye al conocimiento de la población de juveniles de tortuga verde que habita las aguas templadas del Atlántico Sudoccidental, donde su presencia era considerada inusual o esporádica hasta hace relativamente poco tiempo (González Carman et al., 2011). Hasta el momento se sabía que temprano en el desarrollo de los juveniles ocurría un cambio ontogenético que implicaba el traslado abrupto e irreversible desde el ambiente oceánico de “los años perdidos” hacia el ambiente nerítico, y el pasaje de una dieta omnívora y una alimentación planctófaga a una herbívora y bentófaga (Arthur et al., 2008a; Bolten, 2003; Reich et al., 2007). Los estudios desarrollados en esta tesis permitieron observar que los animales de esta región exhibirían un comportamiento diferente al conocido para el resto de su distribución. Luego de nacer a más de 6.000 km en Isla Ascensión (Prosdocimi et al., 2012) una parte de la población de juveniles utiliza áreas neríticas al sur de los 34°S donde se alimentan principalmente de medusas. Una dieta herbívora no sería posible, ya que en las áreas que utilizan intensamente no hay abundancia de macroalgas o pastos marinos (Boraso y Zaixso, 2008; Boschi, 1988; Mianzan et al., 2001; Parodi, 2004). Posteriormente, los animales migran hacia el norte y utilizan aguas oceánicas donde una alimentación bentófaga es improbable. De este modo, el cambio ontogenético en sus tres niveles (ambiente oceánico → nerítico, dieta omnívora → herbívora y alimentación planctófaga → bentónica) no sería abrupto e irreversible como en el resto de la distribución de la especie. Esta información es de relevancia para la conservación de la especie en el Atlántico Sudoccidental ya que permite tomar medidas de manejo ajustadas en base al comportamiento que efectivamente exhiben los juveniles en la región y no basadas en extrapolaciones de otras regiones.

Las amenazas que afectan a los juveniles a estas latitudes incluyen la ingesta de basura, en especial bolsas y fragmentos de plástico rígido, y la captura incidental en pesquerías costeras y pelágicas a las que se encuentran expuestos durante su migración desde Argentina al sur de Brasil, y viceversa. El análisis del marco legal e institucional local muestra que existen las regulaciones necesarias para mitigar los efectos negativos que la captura incidental está teniendo sobre la población de juveniles y que repercutiría sobre las colonias de la región.

A continuación se discuten algunos aspectos particulares de los estudios de uso de hábitat y ecología trófica y luego se exploran las implicancias del comportamiento de los animales para la historia de vida y la conservación de la especie en la región, con especial referencia a la colonia de Isla Ascensión.

USO DE HÁBITAT

El estudio de uso de hábitat permitió observar que la presencia de los juveniles de tortuga verde al sur de los 34°S es estacional, a diferencia de otras regiones más cálidas donde los animales permanecen alimentándose durante años (e.g. Islas Bermudas, Baja California, Florida; Mendonça y Ehrhart, 1982; Meylan et al., 2011; Seminoff et al., 2003). Durante el verano y el otoño, se alimentan en las aguas costeras y poco profundas del Río de la Plata y El Rincón. Luego, migran por la costa hacia el norte. Durante el invierno y la primavera los animales se alimentan no sólo en aguas costeras poco profundas, sino también en aguas de plataforma media de Uruguay y el sur de Brasil, e incluso aguas oceánicas.

La presencia estacional de los juveniles de tortuga verde fue también observada en Ubatuba y Espírito Santo, Brasil (Gallo et al., 2006; Torezani et al., 2010). Gallo et al. (2006) observaron que los juveniles son frecuentemente capturados por las flotas pesqueras durante el invierno (junio-agosto) y sugieren que los animales migrarían hacia otros hábitats de alimentación hacia el norte o hacia el sur durante los meses más cálidos. Dado que los juveniles habitan en Argentina durante los meses de diciembre a abril, es probable que los animales que se alimentan en Ubatuba en el invierno migren hacia el sur en el verano, aunque todavía no se han registrado recapturas entre Ubatuba y Argentina y ninguno de los animales monitoreados en esta tesis alcanzó esta localidad. No obstante, sí se han registrado recapturas entre Ubatuba y Uruguay (A. Fallabrino, com. pers.)

El aumento en la tasa de desplazamiento registrada durante el otoño e invierno y la localización de las tortugas en relación a la isoterma de 20°C sugiere que la presencia de las tortugas en estas aguas templadas estaría restringida por la temperatura del mar. Durante el invierno, suelen registrarse animales varados en las playas de la provincia de Buenos Aires en estado de hipotermia (D. Albareda, com. pers.) La hipotermia ocurre cuando la temperatura del mar desciende por debajo de 10°C antes de que la tortuga pueda desplazarse hacia zonas más cálidas. Las tortugas pierden su capacidad de nadar y controlar su flotabilidad. Ascenden a la superficie y flotan hasta que alguna corriente las arrastra hacia la costa en donde mueren si no son encontradas y rehabilitadas (Spotila et al., 1997). Durante el invierno, la temperatura promedio de las aguas de la provincia de Buenos

Aires es de 8°C (Lucas et al., 2005) por lo que la migración hacia aguas más cálidas a principios del otoño evitaría la mortalidad por hipotermia.

El comportamiento altamente migratorio de los juveniles observado en esta tesis genera que los animales exhiban grandes áreas de uso. En esta tesis se registraron áreas de alimentación de uso intenso (UD 50%) entre 10 y 100 veces más grandes a las documentadas en otros estudios en juveniles de tortugas verdes que utilizaron metodologías y tamaños muestrales similares (ver Hart y Fujisaki, 2010 para una revisión). Grandes áreas de alimentación fueron reportadas para tortugas cabezona (*Caretta caretta*) en el Atlántico NO y el Mar Mediterráneo (Cardona et al., 2005; Hawkes et al., 2011; Revelles et al., 2007; Schofield et al., 2010) donde los adultos utilizan distintos hábitats durante el verano y el invierno, e incluso utilizan aguas oceánicas. El uso de áreas oceánicas como posible zona de alimentación fue también descrita para hembras adultas de tortuga verde que anidan en las costas de Japón, las islas Galápagos y el Mediterráneo (Godley et al., 2002; Hatase et al., 2006; Seminoff et al., 2008). Este es el primer estudio en documentar el uso de áreas oceánicas de invernada en juveniles de la especie.

Las rutas migratorias de las tortugas observadas en este estudio parecerían estar asociadas a la Corriente de Brasil (Fig. 4.1). Luego de migrar hacia el norte utilizando aguas de plataforma a distancias variables de la costa, las tortugas retornarían hacia latitudes $>34^{\circ}\text{S}$ a través de aguas oceánicas probablemente aprovechando el flujo cálido hacia el sur de esta corriente. Ésta podría ser la ruta por la cual los juveniles de la especie llegan hasta estas latitudes. Quiñones et al. (2010) observaron que el acceso de las tortugas verdes del Pacífico (*C. mydas agassizii*) a los hábitats de alimentación de Perú estaría facilitado por la aproximación de aguas cálidas a la costa durante los eventos de El Niño. A su vez, las áreas de alimentación intensamente utilizadas coincidirían con los sistemas frontales de El Rincón, el Río de la Plata, el frente del talud y el Cabo Santa Marta Grande, identificados por Mianzan y Guerrero (2000) y Acha et al. (2004). Seminoff et al. (2008) sugieren que las tortugas no serían capaces de detectar estas áreas frontales a decenas o cientos de kilómetros y dirigirse activamente hacia ellas. Por el contrario, ocuparían áreas frontales de manera oportunista y permanecerían allí en función de la abundancia de alimento. Es necesario explorar en profundidad las condiciones oceanográficas que experimentan las tortugas verdes en el Atlántico Sudoccidental para entender cómo llegan hasta estas latitudes templadas y por qué explotan determinadas áreas.

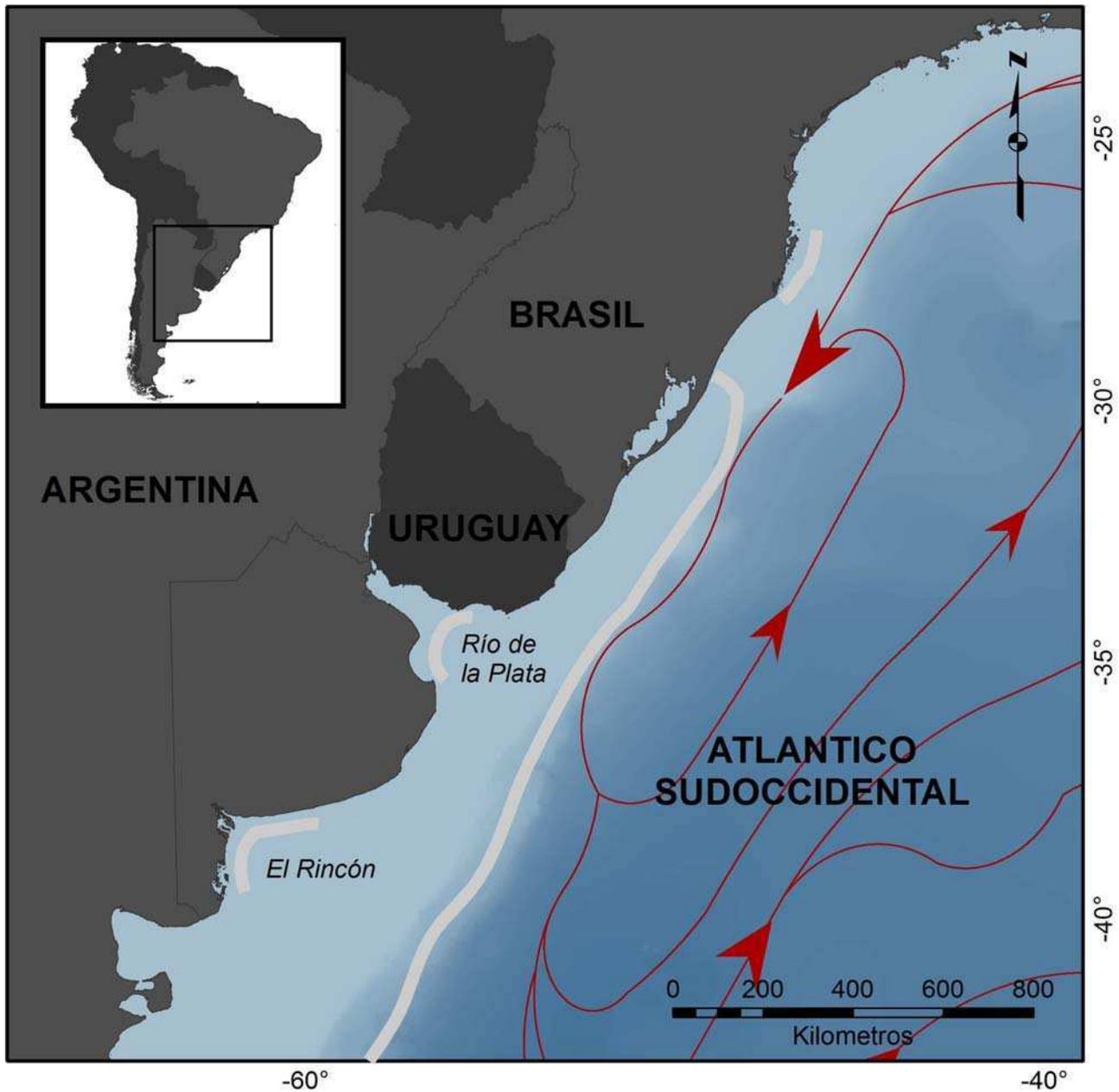


Figura 4.1. Principales sistemas frontales y corrientes del Atlántico Sudoccidental. Las flechas rojas indican la Corriente de Brasil y las zonas grises los frentes según Acha et al. (2004), Míanzan y Guerrero (2000) y Piola y Matano (2001).

ECOLOGÍA TRÓFICA

El examen del aparato digestivo y el análisis de isótopos estables en plasma realizado en animales provenientes de la Bahía Samborombón mostraron que los juveniles de tortuga verde al sur de los 34°S poseen una dieta omnívora donde las medusas serían el principal componente. Sin embargo, la mayoría de los estudios de dieta realizados a partir del examen del aparato digestivo reportan a los pastos marinos (e.g. *Halodule wrightii*) y las macroalgas (e.g. *Ulva* sp., *Chondracanthus*

teedi, *Polysiphonia* sp.) como principales componentes (Fig. 4.2; Guebert Bartholo et al., 2011; López Mendilaharsu et al., 2006; Santos et al., 2011; Sazima y Sazima, 1983). Son pocos los trabajos que han propuesto que, debido a la presencia de moluscos y crustáceos junto al material vegetal en los estómagos, las tortugas podrían ser omnívoras (Bugoni et al., 2003; Nagaoka et al., 2012). Este es el primer trabajo en el Atlántico Sudoccidental que combina el examen del aparato digestivo con el análisis de isótopos estables para estudiar la dieta de las tortugas verdes y reporta una dieta omnívora donde el consumo de medusas es predominante, tanto por su alta frecuencia como por su abundancia.

El consumo de medusas fue corroborado de dos maneras distintas. Primero, en base al análisis al microscopio del material mucoso hallado en los aparatos digestivos donde se observó la presencia de nematocistos. Se encontraron nematocistos del tipo presentes en al menos las medusas *L. tetraphylla*, *C. lactea*, *O. sambaquiensis* y *L. lucerna*, aunque no puede descartarse el consumo de otras especies de medusas que posean los mismos tipos de nematocistos y que también se encuentran en la Bahía Samborombón. Segundo, en base a la comparación de las señales isotópicas del plasma sanguíneo de las tortugas y algunas de las especies de medusas más abundantes en la Bahía Samborombón. El modelo obtenido mediante el SIAR indicó que *L. tetraphylla* contribuye en un 30% de la dieta de las tortugas, mientras que las medusas *L. lucerna* y *C. lactea* lo hacen en menor proporción. El análisis de isótopos estables también indicó el consumo del ctenóforo *Mnemiosis* sp. si bien no se encontraron peines en el material mucoso, por lo que su consumo tampoco puede ser descartado. De este modo, el plancton gelatinoso en su totalidad constituye casi el 65% de la dieta. El modelo obtenido mediante el SIAR también indicó que el bivalvo *Maetra* sp. contribuiría en un 30% a la dieta de los juveniles.

No existen demasiados estudios que hayan detectado la presencia de medusas en el aparato digestivo de las tortugas marinas. Sólo un estudio ha observado la presencia casi exclusiva de la medusa *Chrysaora plocamia* en los estómagos de la tortuga verde del Pacífico durante eventos de El Niño en las costas de Perú (Quiñones et al., 2010). Incluso en la tortuga laúd, que se alimenta exclusivamente de medusas, son pocos los trabajos que estudian su dieta a partir del examen directo del material consumido (e.g. Davenport y Balazs, 1991; Hartog y Nierop, 1984; Estrades et al., 2007; James y Herman, 2001). Sin embargo, el consumo de plancton gelatinoso sí ha sido observado mediante equipos de video montados sobre los animales. Seminoff et al. (2006b) observaron por primera vez el consumo de una escifomedusa en tortugas verdes del Golfo de California, presa que

nunca antes había sido detectada en los contenidos a pesar de que la dieta de las tortugas ha sido monitoreada durante años en esa región. Heithaus et al. (2002) encontraron que el consumo de medusas y ctenóforos en las tortugas verdes de Australia era más frecuente que lo pensado anteriormente y estimaron que los animales consumían un total de 40 medusas por día. Sin embargo, Arthur et al. (2008b) atribuyeron el consumo de materia animal como las medusas, al estrés producido durante la captura para la colocación de la cámara, sugiriendo junto con Seminoff et al. (2006b) que se podría tratar de una ingesta ocasional.

El consumo de medusas fue también detectado mediante el análisis de isótopos estables en otras regiones. Hatase et al. (2006) infirieron, a partir de la señal de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del vitelo de los huevos y el seguimiento satelital de las hembras que anidan en la Isla de Ogasawara (Japón) que una parte de la población se alimenta de plancton gelatinoso en aguas oceánicas luego de la temporada reproductiva. Burkholder et al. (2011) observaron, mediante el análisis de isótopos estables de la epidermis, que los juveniles y adultos en Shark Bay (Australia) consumen principalmente macroalgas y medusas a pesar de que habitan en un ambiente en donde los pastos marinos son abundantes. Es probable que el estudio de la dieta a través del examen del contenido del aparato digestivo haya subestimado sistemáticamente el consumo de plancton gelatinoso en las tortugas verdes y demás predadores marinos, hasta el surgimiento de nuevas técnicas como el análisis de isótopos estables (Cardona et al., 2012b). Esta subestimación se debe al alto contenido de agua del plancton gelatinoso (> 95-98%) que lleva a que sean rápidamente digeridos (Arai et al., 2003; Doyle et al., 2007).

El análisis de isótopos estables de la sangre, epidermis y músculo permitió además inferir algunos parámetros del comportamiento de las tortugas (hábitat, tipo de dieta) en los meses previos a su llegada a la Bahía Samborombón. Dado que el C refleja variaciones latitudinales y cambios en las fuentes de materia orgánica de las tramas tróficas (Cherel y Hobson, 2007; Hobson, 1999; Hobson et al., 1994; DeNiro y Epstein, 1981; Rubenstein y Hobson, 2004), el valor de $\delta^{13}\text{C}$ más enriquecido de la epidermis podría estar indicando que los animales ocuparon previamente hábitats neríticos al norte. Asimismo, la señal de $\delta^{15}\text{N}$ típica de las macroalgas al sur de Brasil y Uruguay es de 7,3 ‰ (Corbisier et al., 2006; Rodríguez Graña et al., 2008) por lo que, considerando un factor de enriquecimiento de 2,8 ‰ en la epidermis de las tortugas verdes juveniles (Seminoff et al., 2006a), es posible que las tortugas hayan consumido macroalgas en estos hábitats durante los meses previos. Esto concuerda con la presencia de juveniles de tamaño similar a los hallados en Argentina en zonas de alimentación del sur de Brasil y Uruguay donde abundan las macroalgas

(Coutinho y Seeliger, 1984, 1986; Gallo et al., 2006; Santos et al., 2011; Sazima y Sazima, 1983). Las señales del músculo y los glóbulos rojos- intermedias temporalmente respecto al plasma y la epidermis- presentaron una composición isotópica que efectivamente integra estos dos tejidos, con valores de C y N similares a los del plasma y la epidermis, respectivamente.

IMPLICANCIAS PARA LA HISTORIA DE VIDA

Revisando el cambio ontogenético

Los resultados de los estudios de uso de hábitat y ecología trófica sugieren que el cambio ontogenético que sufren los juveniles en las aguas templadas del Atlántico Sudoccidental no sería abrupto e irreversible como en otras partes de su distribución (Arthur et al., 2008a; Bjorndal, 1997; Bolten, 2003; Reich et al., 2007). Es posible que el comportamiento de los animales se adapte a las condiciones ambientales locales donde no hay abundancia de macroalgas y pastos marinos y las bajas temperaturas del invierno obligan a migrar hacia zonas más cálidas. Evidencia de esto lo constituye:

- el uso de áreas oceánicas de invernada y áreas neríticas donde una dieta herbívora no es posible. Las tortugas pasaron casi el 40% de su tiempo en ambientes como el Río de la Plata y El Rincón que carecen de pastos marinos o algas en abundancia, o mismo en aguas con profundidades >30 m en donde es improbable que crezca algún tipo de macrofita (Boraso y Zaixso, 2008; Boschi, 1988; Mianzan et al., 2001; Parodi, 2004).
- el uso de grandes áreas de alimentación, que también fueron reportadas para adultos de tortuga cabezona en el Atlántico NO y el Mar Mediterráneo (Cardona et al., 2005; Hawkes et al., 2011; Revelles et al., 2007; Schofield et al., 2010), donde se propuso que la especie transita un cambio ontogenético más flexible y que su comportamiento se adapta a las condiciones locales (Casale et al., 2008; Laurent et al., 1998; McClellan y Read, 2007; Witzell, 2002). Las tortugas cabezonas tendrían un “estadio oportunista multi-hábitat” en el cual explotarían los recursos del área que frecuentan: pelágicos en el ambiente oceánico, y pelágicos y bentónicos en el ambiente nerítico. La decisión de permanecer en un ambiente dependería de la experiencia previa exitosa o no de los animales, sobre la base de parámetros ambientales que son desconocidos aún (Casale et al., 2008).
- una alimentación omnívora donde las medusas serían el principal componente de la dieta. Bugoni et al. (2003) postularon que las tortugas verdes juveniles del sur de Brasil podrían ser

clasificadas como omnívoras. Cardona et al. (2009) también sugieren altos niveles de omnivorismo en las tortugas verdes juveniles que se alimentan en las aguas costeras de Mauritania, África NO. Los autores postulan que, luego de reclutar hacia el ambiente nerítico, los animales no cambian inmediatamente a una dieta basada en macrofitas y que incluso animales grandes (> 60 cm LMC) podrían ser clasificados como omnívoros, indicando que el herbivorismo no sería adquirido con el aumento de tamaño. Como posibles explicaciones, Cardona et al. (2009) propusieron que el omnivorismo podría deberse a la necesidad de vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales que no son satisfechas en base a una dieta herbívora, o al hecho de que algunos animales necesitarían alternar entre una dieta carnívora y herbívora hasta adquirir la flora intestinal microbiana necesaria para la degradación de la celulosa (Bjorndal, 1985). En el caso de las tortugas verdes del Atlántico Sudoccidental, este no parece ser el caso debido a que la señal isotópica del $\delta^{13}\text{C}$ en la epidermis de los animales estudiados en esta tesis indicaría que previo a su llegada a Argentina las tortugas tendrían una dieta herbívora, con lo cual ya habrían adquirido la flora intestinal necesaria. Cardona et al. (2009) también sugieren que el omnivorismo podría estar reflejando la disponibilidad de presas animales fácilmente accesibles ocasionadas por eventos variables e impredecibles como el descarte de peces muertos durante las actividades pesqueras que son frecuentes en el área y de los que se ha visto alimentarse a las tortugas. La abundancia de plancton gelatinoso en el Atlántico Sudoccidental (Álvarez Colombo et al., 2003; Mianzan et al., 2001; Mianzan y Guerrero, 2000) sea quizás una oportunidad de acceder fácilmente a una gran cantidad de presas.

¿Es adaptativo venir al sur?

El comportamiento exhibido por los animales de una población maximiza algún beneficio individual como resultado de la acción de la selección natural (Charnov, 1976; Pyke et al., 1977). En el caso de animales juveniles como los estudiados en esta tesis, el beneficio se traduciría en una mayor tasa de crecimiento que les permitiría alcanzar la madurez sexual rápidamente. La tasa de crecimiento depende de la composición genética de los animales y del tipo de hábitat que utilizan para alimentarse en función de la clase y abundancia de alimento, las condiciones ambientales (e.g. temperatura) y la competencia (Balazs y Chaloupka, 2004b; Bjorndal et al., 2000; Chaloupka et al., 2004; Kubis et al., 2009; McMichael et al., 2008). En el Atlántico Sudoccidental, el beneficio de adaptar el comportamiento a las condiciones ambientales locales debería hacer frente a los costos que conlleva realizar una migración de miles de kilómetros hasta latitudes > 34°S para alimentarse

en base a organismos energéticamente pobres y una probable mortalidad por hipotermia. Prácticamente no existen estudios que estimen la tasa de crecimiento y abundancia de los juveniles de tortuga verde en la región (Trigo, 2004) por lo que no es posible hacer comparaciones en función de este parámetro. Dado que los juveniles de tortuga verde que se alimentan a lo largo de la costa de Sudamérica provienen en su mayoría de Isla Ascensión (Naro Maciel et al., 2007; Proietti et al., 2009, 2012; Prosdocimi et al., 2012) podemos asumir que la composición genética entre hábitats de alimentación es la misma. Por lo tanto, de existir una diferencia en las tasas de crecimiento de los juveniles a lo largo de la costa, esta diferencia podría deberse al tipo y abundancia de alimento.

La superposición de la información acerca de la dieta y las zonas de alimentación identificadas en esta tesis sugiere que la población de juveniles de tortuga verde del Atlántico Sudoccidental podría ser considerada omnívora con un nivel trófico que varía en función del área de alimentación. En la Bahía Samborombón los juveniles serían consumidores secundarios mientras que en las áreas más al norte serían consumidores primarios (Fig. 4.2). El principal alimento de los animales en sus distintos hábitats de alimentación sería aquel que se encuentra más disponible o es más abundante. Las tortugas exhibirían por lo tanto cierta selectividad y a la vez oportunismo en el comportamiento de alimentación. Nagaoka et al. (2012) propusieron que los juveniles del estuario de Cananéia consumen pastos terrestres que son muy abundantes en la región por lo que la composición de la dieta estaría determinada por la disponibilidad de recursos, aunque también existiría cierta selectividad por aquellos recursos nutritivos como algunos invertebrados bentónicos (referencia 3 de la Fig. 4.2). Guebert Bartholo et al. (2011) observaron cambios en la composición de la dieta en función de la variación estacional en la disponibilidad de pastos terrestres de Baía da Paranaguá (referencia 4 de la Fig. 4.2). En cambio, Santos et al. (2011) encontraron que los juveniles que habitan en la Bahía de Espírito Santo seleccionan un tipo de macroalgas en particular que no refleja la disponibilidad de este recurso en el ambiente (referencia 1 de la Fig. 4.2).

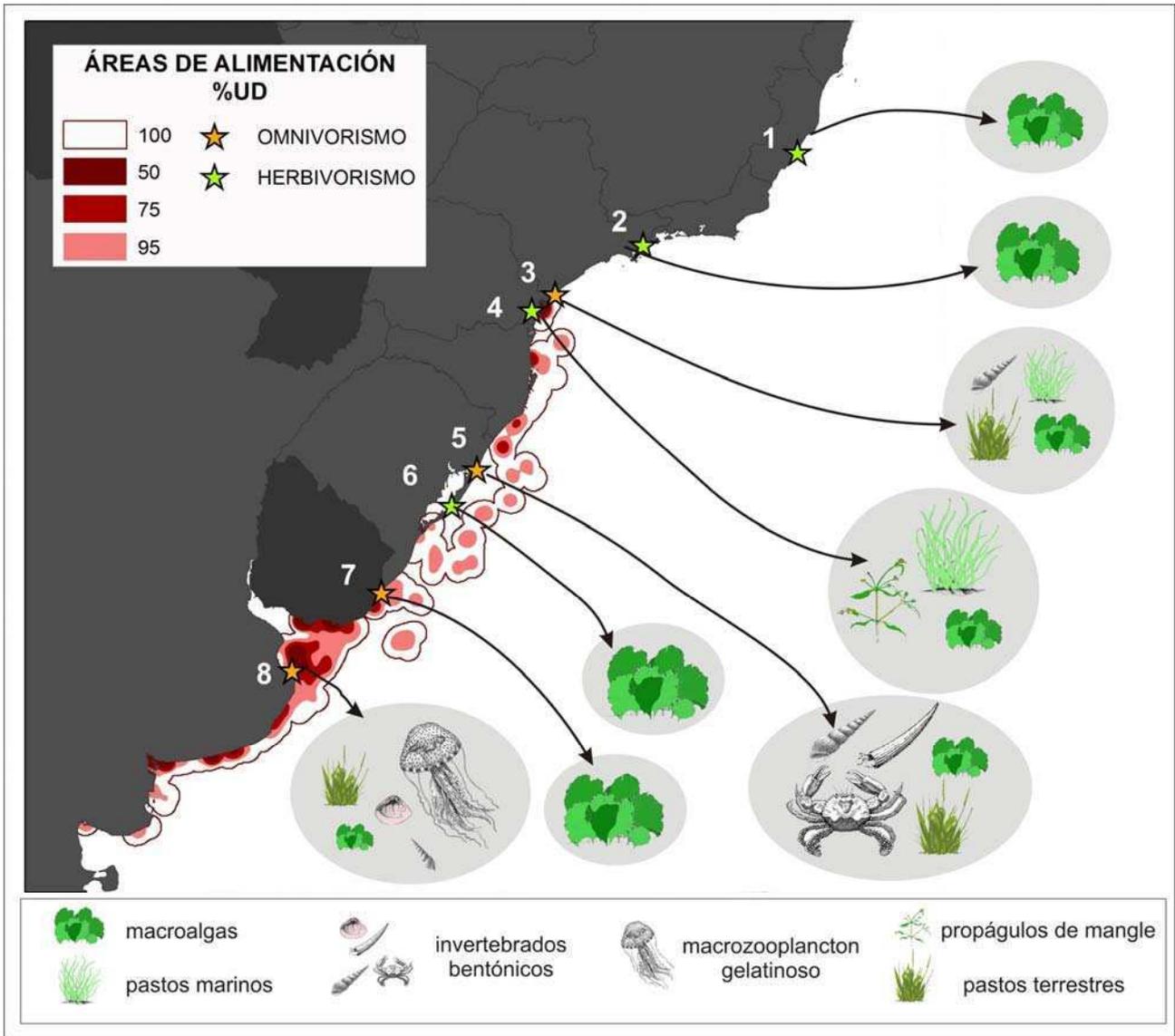


Fig. 4.2. Superposición de las zonas de alimentación de los juveniles de tortuga verde e información sobre su dieta en el Atlántico Sudoccidental. El tamaño de las figuras indica su importancia en la dieta de las tortugas. (1) Santos et al., 2011, (2) Sazima y Sazima, 1983, (3) Nagaoka et al., 2012, (4) Guebert Bartholo et al., 2011, (5) Bugoni et al., 2003, (6) Barros et al., 2007, (7) López Mendilaharsu et al., 2006 y (8) esta tesis.

Una dieta mixta puede ser favorecida por diversas razones. En primer lugar, los consumidores pueden aceptar alimento de baja calidad simplemente porque, habiéndolo encontrado, es más beneficioso consumirlo que ignorarlo y continuar buscando (Begon et al., 1995, Charnov, 1976; Pyke et al., 1977). En segundo lugar, una dieta mixta puede ser beneficiosa ya que permite obtener una dieta equilibrada en nutrientes y evita el consumo de grandes cantidades de toxinas que puede tener el alimento (Begon et al., 1995). En este sentido, Amorocho y Reina (2007, 2008) sugirieron que los juveniles de tortuga verde del Pacífico colombiano maximizaban la ganancia de nutrientes a través de una dieta omnívora (basada en algas, frutos de mangle e invertebrados como los tunicados

y crustáceos) y un comportamiento de alimentación oportunista. Sin embargo, una dieta omnívora y cambiante en función del hábitat de alimentación no ocurriría sin un costo asociado. Bjorndal (1985, 1997) sugiere que la dieta óptima es aquella para la cual se encuentra adaptada la microflora intestinal. Una dieta menos selectiva, u omnívora, podría cambiar la composición específica de la microflora disminuyendo la eficiencia en la digestión. Esto generaría una desventaja nutricional que necesitaría de una alta tasa de consumo de alimento para compensar la baja digestibilidad.

Una alta tasa de consumo tendría que ocurrir también en el caso de que los animales consuman alimento pobre energéticamente como las medusas. Existen dudas de si una dieta basada en organismos con un alto contenido de agua es energéticamente redituable. Doyle et al. (2007) observaron que la densidad energética media de algunas especies de medusas oscilaba entre los 0.10 y 0.18 kJ/gr de peso húmedo, 10 veces menos que la densidad energética de las algas y los pastos marinos (10 a 14 kJ/gr de peso húmedo) y muy por debajo del resto de los invertebrados y peces (16-24 kJ/gr de peso húmedo). Sin embargo, grandes vertebrados como el pez luna (*Mola mola*) y la tortuga laúd (*D. coriacea*) poseen una dieta basada exclusivamente en estos organismos (Bjorndal, 1997; Hays et al., 2009; James y Herman, 2001). En tortugas laúd, Heaslip et al. (2012) estimaron que los adultos consumen en promedio el 73% (y hasta el 184%) de su peso en medusas diariamente en las zonas de alimentación templadas del Atlántico Norte. Esto se traduce en el consumo promedio de 145 medusas por kilo de peso corporal, lo cual es equivalente a incorporar en promedio 66.018 kJ/día (Heaslip et al., 2012). Este consumo sería energéticamente rentable para las tortugas de esta especie, ya que les permitiría incrementar su peso corporal en un 33% durante su estadía en estas aguas templadas previo a iniciar su migración de 6.000 km hacia las playas de anidación tropicales del Caribe y la costa norte de Sudamérica (James et al., 2005; Heaslip et al., 2012).

En el caso de las tortugas estudiadas en esta tesis, es probable que los animales encuentren grandes biomasas de recursos concentrados en el espacio y tiempo debido a la dinámica de los sistemas frontales previamente mencionados, que les permitirían alcanzar una alta tasa de consumo. En el Río de la Plata, por ejemplo, grandes biomasas de plancton gelatinoso han sido reportadas en el frente de salinidad (Álvarez Colombo et al., 2003; Mianzan y Guerrero, 2000; Mianzan et al., 2001). En particular, *L. tetraphylla* alcanza a conformar aproximadamente el 25% de la biomasa zooplanctónica en peso seco durante el verano a pesar de su pequeño tamaño (1-3 cm de diámetro de campana; Sorarrain, 1998). Se encuentra presente durante todo el año, especialmente en el sudeste de la bahía en donde fueron capturadas las tortugas, por lo que es una fuente predecible de alimento. Posee un pico de abundancia en el verano hasta fines del otoño (coincidente

con los meses en que las tortugas se alimentan en la bahía), alcanzando valores medios de casi 400 individuos/m³ (Gaitán, 2004). En las aguas frente a Mar del Plata, se han llegado a registrar abundancias de hasta 1.10⁶ individuos/m³. Cuando se dan estas altas concentraciones, es frecuente que la superficie del agua se tiña de color rosado (Fig. 4.3; H. Mianzan, com. pers.) *L. lucerna* también puede llegar a alcanzar grandes biomásas hasta el punto de considerar el establecimiento de una pesquería específica de esta especie (Schiariti, 2008).



Figura 4.3. Presencia de *L. tetraphylla* frente a Mar del Plata produciendo una coloración rosa en el agua (cortesía H. Mianzan).

El pequeño tamaño de los individuos de *L. tetraphylla*, sin embargo, podría sugerir que su consumo no sería suficiente para suplir los requerimientos energéticos de las tortugas. Sin embargo, Fossette et al. (2011) observaron que las tortuga laúd, además de consumir grandes medusas como *Rhizostoma* sp., *Chrysaora* sp., *Lychnorhiza* sp. o *Cyanea* sp., se alimentan de la escifomedusa *Linuche unguiculata* de no más de 3 cm de diámetro de campana que se presenta en grandes cantidades

(-6.000 individuos/m³) en las aguas tropicales cercanas a las Islas Salomón. Los autores estimaron que a altas densidades de recursos, las tortugas deberían alimentarse de esta medusa por poco más de 3 h/día para satisfacer sus requerimientos energéticos, sugiriendo que aún presas diminutas pueden ser rentables para un predador de gran tamaño debido a que la baja densidad energética de estos organismos sería compensada por una alta tasa de encuentro y un costo de captura, manipulación y tiempo de digestión mínimos (Fossette et al., 2011).

Entonces, la tasa de obtención de nutrientes a partir del consumo de medusas abundantes en estas aguas templadas tendría que ser mayor a la esperada en hábitats que facilitan una dieta herbívora, a menos que los animales en el extremo de su distribución estén forzados a adoptar un comportamiento que se aparte del óptimo, quedando expuestos a una alta mortalidad por hipotermia. Bajo un escenario no adaptativo podría plantearse la hipótesis de que la presencia de las tortugas marinas en estas aguas no es más que una contingencia, una mera eventualidad. No se tiene certeza de si los animales llegan hasta estas altas latitudes pasivamente a través de la Corriente de Brasil (con lo cual nuestras aguas serían un destino “muerto”) o si lo hacen activamente motivadas por la presencia abundante y predecible de plancton gelatinoso, a pesar de existir el riesgo de hipotermia.

Otro escenario no adaptativo sería aquel en el cual los esfuerzos de conservación llevados a cabo en la colonia de Isla Ascensión desde la década del '70 condujeron efectivamente a un aumento poblacional con el consecuente aumento de la población de juveniles, y por lo tanto, de la competencia intra-específica por las macrofitas presentes en la costa norte de Sudamérica. No puede excluirse la posibilidad de que a latitudes >34°S llegue el excedente de la población que experimenta una fuerte competencia en las zonas de alimentación más al norte. En última instancia, un hábitat de alimentación sub-óptimo es mejor que ningún hábitat de alimentación. En este sentido, Bjorndal y Bolten (2010) encontraron que las poblaciones de tortuga Carey (*E. imbricata*), cuya dieta se basa exclusivamente en esponjas de arrecifes de coral, pueden desarrollarse exitosamente aún en ambientes aparentemente periféricos y sub-óptimos como las praderas de pastos marinos de las Bahamas.

REPERCUSIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE EN ARGENTINA Y LA REGIÓN

El comportamiento observado de los juveniles de tortuga verde, diferente al que se conoce para el resto de su distribución, posee también implicancias para la conservación de la especie en Argentina y el resto de la región. Los resultados del estudio del uso de hábitat ponen de manifiesto

que:

- la presencia estacional de los juveniles en aguas argentinas indica que las acciones de conservación deben realizarse únicamente en los meses de verano y otoño.
- el uso exclusivo de una franja costera por parte de los juveniles restringe el seguimiento y la implementación de medidas de mitigación a aquellas pesquerías de pequeña escala de la provincia de Buenos Aires.
- el uso de áreas oceánicas- además de las neríticas donde se sabía que los juveniles eran afectados por las pesquerías costeras (e.g. McClellan y Read, 2009; Seminoff, 2004)- implica que los juveniles están también expuestos a la captura incidental en pesquerías pelágicas. Las capturas reportadas en la flota de palangre brasilera que opera en aguas fuera del talud (Sales et al., 2008) no son eventos aislados sino que apoyan el uso de estas áreas por parte de los juveniles.
- el uso de grandes áreas ($> 5.000 \text{ km}^2$) de alimentación, especialmente en primavera e invierno, genera que la implementación de áreas protegidas pequeñas y aisladas como medida de conservación no sea aplicable. Hart y Fujisaki (2010) encontraron que los juveniles de tortuga verde de la costa de Florida (USA) utilizaban la mayor parte del tiempo aguas costeras dentro de los límites de un parque nacional. De forma similar, McClellan y Read (2009) observaron que al menos 32% de los hábitats utilizados por los juveniles estaba dentro de un área protegida en Carolina del Norte (USA). En cambio, en el Atlántico Sudoccidental se requiere la creación e implementación de una red de áreas marinas protegidas que conserven por lo menos algunos de los hábitats de alimentación que los juveniles utilizan a lo largo de sus migraciones.

Por otro lado, los resultados del estudio de la ecología trófica indican que:

- una dieta basada en medusas puede estar sujeta a variaciones ambientales que influyan sobre la disponibilidad del recurso, y por lo tanto en el crecimiento y reproducción de los animales. Si bien se conoce que las tortugas verdes muestran una marcada variación anual en sus tamaños poblacionales debido en parte a las variaciones ambientales que afectan a las macroalgas y pastos marinos (Broderick et al., 2001), esto también es cierto para una dieta basada en consumidores secundarios como las medusas. Saba et al. (2007) observaron que la probabilidad de remigración de las hembras de tortuga laúd en el Pacífico Este era sensible a eventos climáticos. Los años fríos de La Niña se correspondían con una alta probabilidad de remigración, mientras que los años cálidos de El Niño con una baja probabilidad.

- si quisiéramos proteger el área de la Bahía Samborombón donde las tortugas se alimentan de medusas, surgirían problemas a la hora de definir los límites y tratar de predecir en dónde se encontrará el recurso. Consumir un recurso “móvil” que se encuentra más disperso espacialmente que un recurso más “sésil” como pueden ser los pastos y las macroalgas dificulta el uso de áreas marinas protegidas como herramienta de conservación. La situación es diferente en Uruguay, donde la reciente Área Marina Protegida de Cerro Verde protege a las tortugas verdes en un área restringida donde se concentran a alimentarse de algas (A. Fallabrino, com. pers.)
- la ingesta de basura, especialmente las bolsas plásticas y los fragmentos de plástico rígido, es también una amenaza para las tortugas verdes en Argentina. Si consideramos además los reportes de ingesta de basura del sur de Brasil y Uruguay (Bezerra y Bondioli, 2011; Bugoni et al., 2001; Guebert Bartholo et al., 2011; Murman et al., 2011; Tourinho et al., 2010) no parece aventurado afirmar que en las sucesivas áreas de alimentación que visitan lo largo de sus migraciones, los animales alternen entre hábitats degradados (Fig. 4.4).

Si bien casi la totalidad de los animales estudiados consumió algún tipo de basura, fueron pocos los que presentaron grandes cantidades. Esto concuerda con lo hallado por Tourinho et al. (2010) en las tortugas verdes de Rio Grande do Sul. Al parecer, la ingestión de basura causaría más efectos sub-letales que letales dado que la causa de muerte en la gran mayoría de las tortugas estudiadas en esta tesis fue la captura incidental. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que la ingesta de basura haya causado un debilitamiento en los animales y por ende una mayor susceptibilidad a las redes de pesca. McCauley y Bjorndal (1999) encontraron que las crías de tortuga cabezona no eran capaces de compensar una dieta diluida en nutrientes mediante un aumento de la tasa de ingesta, por lo que es probable que el debilitamiento por ingestión de residuos sea un factor contribuyente a la muerte de los animales. Por el contrario, Bugoni et al. (2001) encontraron que la ingesta de basura fue la causa de muerte para el 13,2% de las tortugas analizadas.

Debido a los hábitos neríticos de los juveniles es probable que el origen de la basura pueda atribuirse a las ciudades costeras (Bugoni et al., 2003; Guebert Bartholo et al., 2011; Tourinho et al., 2010). Sin embargo, muchas de las áreas estuariales que habitan las tortugas (e.g. Río de la Plata, Baía da Paranaguá) se caracterizan por una intensa actividad pesquera y de transporte (Guebert Bartholo et al., 2011; Mianzan et al., 2001) por lo cual esta fuente de basura no puede ser descartada. En el estuario del Río de la Plata, la salida de agua dulce de los ríos Paraná y

Uruguay y la intrusión del agua salada de mar generan un frente salino de fondo en donde se acumulan los residuos sólidos provenientes en su mayoría de las ciudades de Buenos Aires y Montevideo (Acha et al., 2003). Es probable que parte de la basura de los aparatos digestivo haya sido consumida en esa área.

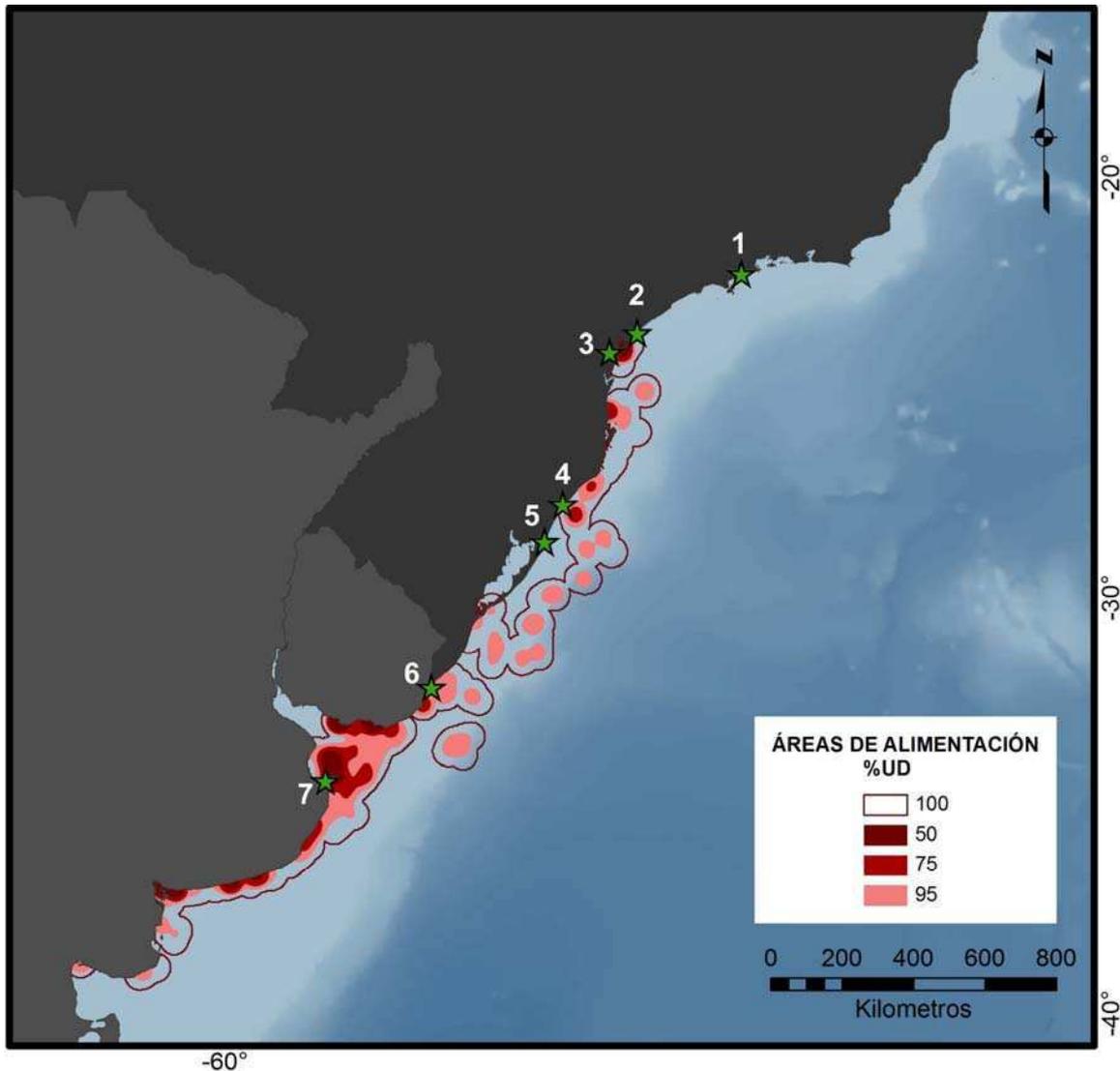


Fig. 4.4. Área de alimentación y localidades donde se registró la ingesta de basura en juveniles de tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental. (1) Silva et al., 2011, (2) Bezerra y Bondioli, 2011, (3) Guebert Bartholo et al., 2011, (4) Tourinho et al., 2010, (5) Bugoni et al., 2003, (6) Murman et al., 2011, (7) esta tesis.

El análisis de las pesquerías y el marco legal e institucional en que ocurre la captura incidental de los juveniles en Argentina demuestra que:

- la migración desde Argentina hacia el sur de Brasil genera que un mismo animal sea

susceptible de ser capturado en jurisdicciones de diferentes países y por diversas pesquerías, por lo que son necesarios esfuerzos de conservación multilaterales y coordinados. Usualmente se recurría a los tratados internacionales para proteger a las tortugas adultas que alternan entre zonas de reproducción y alimentación localizadas en diferentes países (e.g. Frazier, 2002; Wold, 2002). En el Atlántico Sudoccidental, la protección de los juveniles es la que requiere de estas herramientas. La mitigación de las amenazas que los afectan está inmersa, por ejemplo, en la CDB, CIA, CMS, el Código de Conducta de la FAO y el Tratado del Río de la Plata; adoptados en su mayoría por los tres países de la región. A pesar de estos tratados, no existe aún un plan de acción regional entre ellos.

- En Argentina existe un abundante marco legal e institucional que podría aprovecharse para implementar medidas que apunten a reducir la captura incidental. Existen leyes nacionales (e.g. Ley General de Ambiente o Ley Federal de Pesca) y organismos de control e implementación de estas normas como el Programa de Observadores a Bordo del INIDEP que es la herramienta idónea para monitorear las capturas. Algunas de las normativas y agencias gubernamentales que fueron identificadas como útiles para la conservación de la tortuga verde ya han contribuido al manejo de otras especies amenazadas como los tiburones y aves marinas. En el año 2007, siguiendo el Plan de Acción Internacional para la Conservación y Ordenación de los Tiburones de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones de la FAO (PAI- Tiburones; Consejo Federal Pesquero, 2009), el CFP promovió la primer reunión de trabajo para sentar las bases del plan de acción nacional, el cual fue aprobado luego en el año 2009 (Resolución CFP N° 6/2009).

Con las aves marinas la situación fue similar. En el año 2006, Argentina firmó el Acuerdo sobre la Conservación de Albatros y Petreles (ACAP, Ley N° 26.107). Un año más tarde, el Plan de acción Nacional para reducir la interacción de aves con pesquerías (PAN-Aves; Consejo Federal Pesquero, 2010) fue publicado con el principal objetivo de reducir la interacción entre las aves marinas y las pesquerías en aguas argentinas a través del seguimiento de las pesquerías, el mejoramiento de las prácticas pesqueras, el entrenamiento de los pescadores y la difusión de la información hacia el público, entre otras acciones. Este Plan fue coordinado por agencias de gobierno de pesca y fauna federales y provinciales, instituciones científicas y organizaciones no gubernamentales locales. En el 2008, el CFP promulgó una resolución sobre la captura incidental de albatros y petreles en la flota palangrera y estableció prácticas precisas relacionadas con el arte y la operación de pesca que apuntan a reducir dicha captura (Resolución CFP N° 8/2008).

Las operaciones de pesca son monitoreadas por observadores del INIDEP desde el año 2007. En el año 2010, el CFP aprobó el PAN-Aves (Resolución CFP N° 3/2010).

En comparación a los tiburones y las aves, la regulación sobre tortugas marinas requiere más y mejor desarrollo. En el año 2005, el Comité de Pesca de la FAO (COFI) se rehusó a apoyar un PAI para las tortugas marinas argumentando que sería mejor progresar en los PAI ya existentes antes que sumar otro plan a la lista de instrumentos legales no vinculantes pobremente implementados (Lutgen, 2006). En su lugar, el COFI adoptó el documento “Directrices para reducir la mortalidad de las tortugas marinas en las operaciones de pesca” que focaliza en el problema de la captura incidental y las tortugas marinas y sugiere medidas de mitigación apropiadas (FAO, 2011). A pesar de esto, la reciente ratificación de la CIA por parte de Argentina puede actuar como equivalente a la ACAP para las aves marinas y desembocar en un plan de acción nacional específico para tortugas en Argentina.

Además de las consecuencias que el comportamiento de los juveniles tiene para la toma de medidas de manejo es necesario resaltar que la mortalidad de juveniles por causas antrópicas puede afectar seriamente a las poblaciones de tortugas marinas (Crouse et al., 1987; Crowder et al., 1994). Chaloupka (2002) observó mediante modelos poblacionales que la eliminación de una gran cantidad de juveniles en un determinado tiempo produce la misma reducción poblacional que la eliminación de algunos adultos. Según estos modelos, la eliminación de una tortuga adulta, del sexo que sea, sería equivalente a eliminar 126 juveniles. La mortalidad de juveniles puede tener lugar durante décadas (~40 años) sin que ello repercuta en las playas de anidación (Bjorndal et al., 2005; Meylan et al., 2011). Este tiempo podría incluso extenderse si consideramos los efectos sub-letales que la ingesta de basura produce sobre las tasas de crecimiento y la supervivencia. Pero, la protección de los juveniles repercute en las colonias reproductoras en un menor tiempo (~20 años). Esto ocurrió en la población de tortugas verdes de Hawaii, donde no sólo se protegió a los adultos sino también a los juveniles en sus zonas de alimentación. La reducción de la mortalidad de los juveniles produjo un aumento inmediato del reclutamiento a la población adulta, resultando en un gran incremento inicial en la cantidad de hembras reproductoras luego de aplicadas las medidas de conservación (Balazs y Chaloupka, 2004a; Hays, 2004).

En el Atlántico Sudoccidental, las poblaciones de adultos de tortuga verde parecen estar protegidas tanto en sus zonas de reproducción como de alimentación (Marcovaldi y Marcovaldi, 1999; Scott et al., 2012; Vera y Buitrago, 2012) pero poco se conoce sobre la magnitud de la

mortalidad de los juveniles. Barata et al. (2011) reportaron más de 12.000 casos en 5 años de tortugas verdes juveniles en su mayoría varadas o capturadas (vivas y muertas) a lo largo de la costa de Sudamérica (~40° de latitud y más de 6.500 km de costa). Si a modo de ejercicio teórico consideramos esta cantidad de juveniles y el hecho de que la cantidad de varamientos registrados en costas que dan directamente al mar no supera el 20% de la mortalidad en el mar (Hart et al., 2006) podríamos llegar a estimar un total de 60.000-90.000 juveniles o 12.000-15.000 juveniles/año que varan o son incidentalmente capturados. No obstante, la cantidad de juveniles afectados puede ser aún mayor ya que existe una gran proporción de costa que no está siendo monitoreada. Alrededor de 15 grupos de investigación trabajan a lo largo de aproximadamente 6.500 km de costa en el Atlántico Sudoccidental, mientras que solamente en Baja California hay más de 50 grupos de investigación para monitorear 1.500 km de costa (Nichols, 2003). Además, en un futuro es esperable que los efectos negativos de la ingesta de basura y la captura incidental se acentúen. El aumento de la población humana y la producción de residuos sólidos continúan siendo un grave problema en Sudamérica (Ivar do Sul y Costa, 2007). Incluso se ha registrado la ingesta de basura en otras especies como el delfín franciscano *Pontoporia blainvillei* (Denuncio et al., 2011) y en una gran variedad de aves marinas (Copello y Quintana, 2003; Tourinho et al., 2010). El esfuerzo pesquero ha aumentado en todo el mundo en los últimos años y en particular en los países sudamericanos (Gelchu y Pauly, 2007). Si bien las estadísticas no contemplan lo que sucede con las flotas artesanales en las que se suele registrar la captura incidental de tortugas verdes, este tipo de pesquerías han demostrado ser una importante fuente de mortalidad de tortugas en muchas partes del mundo (Alfaro Shigueto et al., 2007, 2008, 2010; Casale, 2010; Gilman et al., 2010; Godley et al., 1998; Peckham et al., 2007). Aunque las capturas por embarcación pueden no siempre ser sustanciales, las flotas suelen ser grandes particularmente en países en desarrollo donde estas pesquerías son el sustento de una parte importante de la población que habita áreas costeras (FAO, 2005). Por ejemplo, Kalikoski et al. (2002) estimaron que las capturas de la flota artesanal representan el 80% de las capturas totales del sur de Brasil.

Por lo tanto es necesario sumar a la protección de los huevos y adultos que es llevada a cabo en las zonas de reproducción y alimentación el seguimiento y protección de los juveniles en sus zonas de alimentación a lo largo de la costa de Sudamérica. El seguimiento de los juveniles es una “advertencia temprana” sobre el estado de las colonias ya que una reducción de la supervivencia en las zonas de alimentación tardará décadas en reflejarse en la abundancia de hembras (Bjorndal et al., 2005). Por lo tanto, la protección de los juveniles significa una oportunidad para que la colonia

de Isla Ascensión alcance efectivamente los niveles poblacionales previos a la explotación sufrida por más de 200 años o, al menos, la capacidad de carga del ambiente, tal como ha ocurrido recientemente con la población de tortugas verdes de Hawái (Pilcher et al., 2012; Chaloupka et al., 2008). Sin embargo, la protección de los juveniles nacidos en Isla Ascensión conlleva algunas dificultades en comparación con la colonia de Hawái. Por ejemplo, la protección de los juveniles de Isla Ascensión debe realizarse a escala de cuenca oceánica ya que animales provenientes de esta colonia han sido registrados a lo largo de la costa de Sudamérica e incluso el Caribe (Naro Maciel et al., 2007; Proietti et al., 2009, 2012; Prodocimi et al., 2012). La protección de los juveniles de Hawái, en cambio, es más localizada dado que sólo un pequeño número de animales ha sido registrado por fuera del archipiélago (Pilcher et al., 2012; Dutton et al., 2008). En este sentido, en el manejo de los juveniles provenientes de Isla Ascensión están involucradas al menos tres unidades geopolíticas (Argentina, Brasil, Uruguay) mientras que Hawái prácticamente no necesita coordinar acciones multilateralmente. Por último, la población de Hawái ha sido estudiada por más de 50 años por lo que existe información acerca de la abundancia de juveniles y parámetros poblacionales importantes como la probabilidad de supervivencia y la tasa de crecimiento (e.g. Balazs y Chaloupka, 2004a,b). La información acerca de aspectos básicos de la historia de vida de los juveniles en el Atlántico Sudoccidental es considerablemente más escasa.

Finalmente, esta tesis aporta información novedosa y de relevancia que, de ser incorporada en las UMRs identificadas por Wallace et al. (2010a, 2011), contribuiría a mejorar su definición y la determinación del grado de amenazas y riesgo que poseen las poblaciones de la región. Se resalta el hecho de que existe mortalidad de juveniles en las zonas de alimentación en una magnitud desconocida hasta el momento pero que podría no ser menor si además se considera que las amenazas como la captura incidental y la degradación de los hábitats no parecerían disminuir en el futuro ya que prácticamente no existen medidas de manejo. Proteger a los juveniles de tortuga verde que exhiben variación en el patrón de desarrollo significa preservar parte de una población cuyo comportamiento es diferente respecto al descrito en gran parte de su distribución, asegurando la existencia de diversidad necesaria en un escenario de cambio climático global (Bolnick et al., 2003).

*“The challenges ahead for biodiversity conservation will
require a better understanding of one species: our own”*
Saunders et al., 2006

Conclusiones y próximos pasos



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

Las principales conclusiones de esta tesis son:

- Al sur de los 34°S, los juveniles de tortuga verde utilizan estacionalmente áreas neríticas y oceánicas para alimentarse, e incluso en algunas de las áreas neríticas no exhiben una dieta estrictamente herbívora y una alimentación bentónica, sino que consumen plancton gelatinoso. Esto aporta evidencia a favor de las tres hipótesis planteadas al principio.
- Este comportamiento contrasta con lo observado en el resto de la distribución de la especie. El cambio ontogenético no ocurriría necesariamente de modo abrupto e irreversible. Por el contrario, los animales adaptarían su comportamiento a las condiciones ambientales locales, aunque se necesitan más estudios para explorar si este comportamiento significa algún beneficio para la especie o no.
- Este comportamiento diferente tendría consecuencias para la conservación de los juveniles y de la especie en la región. Los animales están expuestos a numerosas y diversas pesquerías, costeras y pelágicas, a lo largo de sus rutas migratorias y se estarían alimentando en una serie de ambientes degradados a lo largo de su distribución en el Atlántico Sudoccidental. Al menos en Argentina, existe un abundante marco legal e institucional que podría utilizarse para implementar medidas que apunten a reducir la captura incidental mientras los animales se encuentran en las aguas de la provincia de Buenos Aires y la ZEE.
- La magnitud de la mortalidad de los juveniles de tortuga verde en la región se desconoce, pero es probable que no sea menor. Se realiza un llamado de atención sobre esta mortalidad en un área de grandes dimensiones y de difícil manejo que abarca las jurisdicciones y regímenes legales de tres países e implica el trabajo con pesquerías artesanales para las cuales hay un vacío de información.

A partir de lo expuesto surge la necesidad de proponer más acciones que permitan contribuir al conocimiento y conservación de la especie en Argentina y el Atlántico Sudoccidental. En materia de

investigación se propone:

- Caracterizar los ambientes utilizados por las tortugas fundamentalmente en los aspectos relacionados con las corrientes marinas, la temperatura del agua y la disponibilidad de presas como las medusas para explicar la distribución de los animales en el mar y la selección de ciertas áreas de uso intenso.
- Estudiar el uso de hábitat de las tortugas a escala fina, incluyendo información sobre buceos y diferencias de comportamiento entre el día y la noche que permitan identificar medidas de mitigación. Existe una posibilidad para reducir la captura accidental si se restringe la pesca con redes de enmalle a aquellas horas del día o profundidades donde las tortugas están menos activas o utilizan en menor medida.
- Estimar la abundancia de juveniles y parámetros poblaciones (supervivencia, mortalidad, tasa de crecimiento) en una serie de hábitats a lo largo de la costa de Sudamérica mediante procedimientos estandarizados entre los países. Bjorndal et al. (2005) sugiere que la mejor aproximación sería una combinación de muestreos intensivos (e.g. marca-recaptura) y extensivos (e.g. muestreos aéreos o desde embarcación) en una serie de hábitats seleccionados a fin de representar la variedad de hábitats utilizados por los juveniles.
- Coordinar esfuerzos de investigación con Isla Ascensión. La mayoría de las tortugas verdes que llegan hacia las costas de Sudamérica provienen de esta isla (Naro Maciel et al., 2007; Proietti et al., 2009, 2012; Prosdocimi et al., 2012) cuya población es anualmente monitoreada (Broderick et al., 2002). En particular, puede incluirse a la mortalidad de juveniles como amenaza para la población en el Plan de Acción Nacional de la Isla Ascensión (Broderick et al., 2002) y contrastar su magnitud con la cantidad de nuevos reclutas que anualmente llegan a las playas.

Entre los investigadores y conservacionistas que trabajan con tortugas marinas existe cada vez más el reconocimiento de que la conservación de estos reptiles debería basarse un 10% en la biología de las especies y un 90% en el manejo de las actividades humanas. Entender lo que las personas creen, piensan y dicen es necesario para definir estrategias de conservación que efectivamente funcionen. Detrás de todo plan de conservación deben existir estudios acerca de los recursos y la comunidad que los utiliza (Nichols, 2003). Por lo tanto, en un futuro cercano el estudio de la tortuga verde en Sudamérica también debería dirigirse a:

- Analizar las herramientas legales e institucionales de Uruguay y Brasil que puedan servir para monitorear y reducir la captura incidental.
- Analizar las herramientas legales e institucionales de los tres países en materia de disposición de los residuos sólidos para reducir la cantidad que llega al mar.
- Entender los factores sociales y económicos de las distintas comunidades de pescadores artesanales involucrados en la captura accidental de la especie y que pueden obstaculizar o favorecer la aplicación de medidas de mitigación.
- Identificar los valores que las distintas comunidades de pescadores artesanales y el público en general poseen acerca de la conservación de la biodiversidad para ser utilizados en campañas de educación e información en pos de mejores prácticas ambientales. La tortuga verde podría utilizarse como especie bandera para promover prácticas pesqueras más selectivas y una disposición de los residuos sólidos más sustentable.

Luego, en materia de acciones de conservación a nivel regional se propone:

- Trabajar en un plan de acción regional de tortugas para el Atlántico Sudoccidental, alentando objetivos y estrategias de conservación comunes entre Argentina, Uruguay y Brasil. Este plan estaría apoyado por convenios previos adoptados por los tres países, como la CMS, el Código de Conducta de la FAO y la CIA. La realización de este plan regional estaría impulsada por grupos conservacionistas y de investigación que se encuentran trabajando con tortugas hace más de 10 años en algunos casos: Projeto TAMAR- ICMBio (Brasil), Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental (Brasil), Karumbé (Uruguay) y el Programa Regional de Investigación y Conservación de Tortugas Marinas de Argentina; nucleados bajo la Red ASO- Tortugas.

En Argentina no es por falta de herramientas legales u organismos gubernamentales que las capturas accidentales no son monitoreadas y continúan significando un costo para las colonias del Atlántico Sudoccidental; sino que son la falta de controles y de implementación las que hoy rigen. Sin embargo, existe una oportunidad para mejorar y aplicar la política nacional y provincial en materia de captura accidental. Por ejemplo, pueden llevarse a cabo intervenciones en el marco legal e institucional actuales:

- Colocar observadores a bordo en las flotas que usan redes de arrastre de fondo que operan en el Río de la Plata y en las aguas costeras de la provincia de Buenos Aires, a fin de coleccionar datos sobre

la captura accidental de las tortugas. En algunos barcos, subir un observador implica bajar a un pescador debido a limitaciones de espacio. En esos casos, y en el caso de la flota artesanal en la cual tampoco pueden subir observadores, los mismos podrían trabajar desde tierra cuando los barcos entran a puerto.

- Evaluar la efectividad de medidas de mitigación utilizadas en otros países. Por ejemplo, los dispositivos excluidores de tortugas pueden ser probados en las flotas arrastreras y redes de enmalle de bajo perfil en las flotas artesanales.
- Identificar áreas protegidas marinas y costeras de Argentina, Brasil y Uruguay que están conectadas por la migración que realizan las tortugas. Las áreas protegidas incluyen a las tortugas marinas como objetivos de conservación, pero se desconoce si los mismos individuos están siendo protegidos en otros lugares o no. Bajo las disposiciones de la CDB y la CMS, un manejo integrado con objetivos de conservación comunes es necesario entre estas áreas.

O también pueden realizarse acciones que requieren el mejoramiento de la política actual, como por ejemplo:

- Dictar la implementación de medidas de mitigación en aquellas áreas y flotas donde ya se conoce que existe la captura accidental de tortugas.
- Trabajar en un plan de acción nacional de tortugas marinas para reducir las capturas accidentales en jurisdicción argentina. Este plan debería establecer lineamientos para monitorear las capturas en las flotas costeras (redes de enmalle y arrastre), diseñar y evaluar medidas de mitigación, entrenar observadores a bordo, promover la educación ambiental y la conciencia pública y alentar la investigación científica sobre estimaciones de abundancia, demografía y uso de hábitat de las tortugas. Debería poner especial énfasis en las estrategias para asegurar los fondos necesarios para monitorear a largo plazo la evolución de las capturas accidentales, evaluar medidas de mitigación y mejorar o implementar nuevas áreas protegidas en la provincia de Buenos Aires.

Por último, y particularmente para Argentina, pueden llevarse a cabo acciones para mejorar el estado del conocimiento de las poblaciones de tortugas marinas y los efectos de las actividades humanas sobre las mismas:

- Estimar tasas de capturas en las flotas costeras de enmalle de fondo y arrastre en la provincia

de Buenos Aires, a través de información obtenida por los observadores a bordo y en tierra. Estas tasas deben ser informadas al CFP y a la SAyDS.

- Estimar tasas de supervivencia de los animales en el Río de la Plata. Esta información debe utilizarse para cuantificar el impacto de las capturas sobre las poblaciones y evaluar la efectividad de las medidas de mitigación.
- Identificar áreas de alto riesgo de captura (basadas en áreas de uso intenso de las tortugas y área de alto esfuerzo pesquero) en las cuales empezar a trabajar con las medidas de mitigación.

La implementación y cumplimiento de las medidas de mitigación se beneficiará de la comunicación e intercambio entre organismos gubernamentales dentro de la provincia de Buenos Aires (e.g. MAA y OPDS) y entre organismos provinciales y federales (e.g. CFP, SAyDS y OPDS). Algunos canales de comunicación ya están establecidos (por ejemplo, la SAyDS tiene un representante en el CFP). Ahora que la CIA fue ratificada por Argentina, la conservación de las tortugas marinas está en la agenda nacional. Como primer paso, la conformación de un grupo de trabajo compuesto por miembros de todos los organismos para atender el problema de la captura accidental favorecerá la comunicación. A nivel internacional, los objetivos de conservación comunes deben acordarse con una mejor comunicación entre Argentina, Uruguay y Brasil a través de los canales ya existentes. Finalmente, junto con la participación de los organismos de fauna y pesca nacionales y provinciales, las comunidades locales de pescadores, las organizaciones no gubernamentales y los usuarios del océano deberían ser incluidos en la discusión y definición de las medidas para proteger a las tortugas marinas en nuestro país.

Finalmente, las acciones de investigación y conservación propuestas en esta tesis pueden ser también útiles para otras dos especies, la tortuga cabezona y laúd, afectadas por las mismas amenazas que la tortuga verde en el Atlántico Sudoccidental (Domingo et al., 2006; González Carman et al., 2011, 2012).

BIBLIOGRAFÍA

- Acha EM, Mianzan HW, Iribarne O, Gagliardini DA, Lasta C, Daleo P (2003) The role of the Río de la Plata bottom salinity front in accumulating debris. *Marine Pollution Bulletin* 46: 197-202.
- Acha EM, Mianzan HW, Guerrero RA, Favero M, Bava J (2004) Marine fronts at the continental shelves of austral South America. Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems* 44: 83-105.
- Acha EM, Mianzan H, Guerrero R, Carreto J, Giberto D, Montoya N, Carignan M (2008) An overview of physical and ecological processes in the Río de la Plata Estuary. *Continental Shelf Research* 28: 1579-1588.
- Aguirre AA, Lutz PL (2004) Marine turtles as sentinels of ecosystem health: is fibropapillomatosis an indicator? *EcoHealth* 1: 275-283.
- Albareda D, Bordino P, Prosdocimi L, Rodríguez Heredia S, Zapata MF, González Carman V (2007) Captura accidental de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en la pesquería artesanal del sur de la Bahía Samborombón, Buenos Aires, Argentina. En: III Jornadas de Conservación e Investigación de Tortugas Marinas en el Atlántico Sur Occidental. Piriápolis, Uruguay. p. 37. Disponible on-line en: <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.
- Alfaro Shigueto J, Dutton PH, Van Bressemer MF, Mangel J (2007) Interactions between leatherback turtles and Peruvian artisanal fisheries. *Chelonian Conservation and Biology* 6: 129-134.
- Alfaro Shigueto J, Mangel JC, Seminoff JA, Dutton PH (2008) Demography of loggerhead turtles *Caretta caretta* in the southeastern Pacific Ocean: fisheries-based observations and implications for management. *Endangered Species Research* 5: 129-135.
- Alfaro Shigueto J, Mangel JC, Pajuelo M, Dutton PH, Seminoff JA, Godley BJ (2010) Where small can have a large impact: structure and characterization of small-scale fisheries in Peru. *Fisheries Research* 106: 8-17.
- Almeida AP, Moreira LMP, Bruno SC, Thomé JCA, Martins AS, Bolten AB, Bjorndal KA (2011) Green turtle nesting on Trindade Island, Brazil: abundance, trends, and biometrics. *Endangered*

Species Research 14: 193-201.

- Álvarez Colombo G, Mianzan H, Madirolas A (2003) Acoustic characterization of gelatinous-plankton aggregations: four case studies from the Argentine continental shelf. *ICES Journal of Marine Science* 60: 650-657.
- Amorochó DF, Reina RD (2007) Feeding ecology of the East Pacific green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* at Gorgona National Park, Colombia. *Endangered Species Research* 3: 43-51.
- Amorochó DF, Reina RD (2008) Intake passage time, digesta composition and digestibility in East Pacific green turtles (*Chelonia mydas agassizii*) at Gorgona National Park, Colombian Pacific. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 360: 117-124.
- Arai MN, Welch DW, Dunsmuir AL, Jacobs MC, Ladouceur AR (2003) Digestion of pelagic Ctenophora and Cnidaria by fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 825-829.
- ARGOS (2007) Argos user's manual. Argos, CLS©. Disponible on-line en <<http://argos-system.org>>, consultado en julio 2012.
- Arthur KE, Boyle MC, Limpus CJ (2008a) Ontogenetic changes in diet and habitat use in green sea turtle (*Chelonia mydas*) life history. *Marine Ecology Progress Series* 362: 303-311.
- Arthur KE, O'Neil JM, Limpus CJ, Abernathy K, Marshall G (2008b) Using animal-borne Imaging to assess green turtle (*Chelonia mydas*) foraging ecology in Moreton Bay, Australia. *Marine Technology Society Journal* 41: 9-14.
- Ascension Island Heritage Society. <http://www.heritage.org.ac>, consultado en julio de 2012.
- Bache SJ (2002) Turtles, tuna and treaties: strengthening the links between international fisheries management and marine species conservation. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 49-64.
- Bailey H, Shillinger G, Palacios D, Bograd S, Spotila J, Paladino F, Block B (2008) Identifying and comparing phases of movement by leatherback turtles using state-space models. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 356: 128-135.
- Balazs, GH, Miya RK, Beavers SC (1996) Procedures to attach a satellite transmitter to the carapace of an adult green turtle, *Chelonia mydas*. En: Keinath JA, Barnard DE, Musick JA, Bell BA (comps.)

Proceedings of the 15th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Hilton Head, SC. NMFS-SEFSC-387, pp. 21-26.

Balazs GH, Chaloupka M (2004a) Thirty-year recovery trend in the once depleted Hawaiian green sea turtle stock. *Biological Conservation* 117: 491-498.

Balazs GH, Chaloupka M (2004b) Spatial and temporal variability in somatic growth of green sea turtles (*Chelonia mydas*) resident in the Hawaiian Archipelago. *Marine Biology* 145: 1043-1059.

Baptistotte C (2007) Caracterização espacial e temporal da fibropapilomatose em tartarugas marinhas da costa brasileira. Tesis de doctorado en Ecología de Agroecosistemas, Universidad de São Paulo. Piracicaba, Brasil. Disponible on-line en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-11032008-153152/>, consultado en julio 2012.

Barata PCR, González Carman V, Santos AS, Bondioli ACV, Almeida AP, Santos AJB, Silva ACCD, Gallo BMG, Giffoni BB, Domit C, Baptistotte C, Bellini C, Batista CMP, Bezerra DP, Monteiro DS, Albareda D, Lima EHSM, Lima EP, Guebert-Bartholo F, Sales G, Lopez GG, Stahelin GD, Bruno I, Castilhos JC, Thomé JCA, Nunes JAA, Becker JH, Wanderlinde J, Rosa L, Marcovaldi MA, Melo MTD, Mascarenhas R, Estima SC, Naro Maciel E (2011) Variação latitudinal na distribuição do tamanho de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) ao longo de parte da costa leste da América do sul. En: V Jornada sobre Tartarugas Marinhas do Atlântico Sul Ocidental. Florianópolis, Brasil. pp. 18-22.

Barros JA, Copertino MS, Monteiro DS, Estima SC (2007) Análise da dieta de juvenis de tartaruga verde (*Chelonia mydas*) no extremo sul do Brasil. En: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu, Brasil. pp. 1-2.

Begon M, Harper JL, Townsend CR (1995) *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega SA, Barcelona. ISBN 84-282-0836-0.

Beyer HL (2004) Hawth's analysis tools for ArcGIS. Disponible on-line en <http://www.spatial ecology.com/htools/>, consultado en julio 2012.

Bezerra DP, Bondioli ACV (2011) Ingestão de resíduos inorgânicos por *Chelonia mydas* na área de alimentação do Complexo estuarino lagunar de Cananéia – São Paulo, Brasil. En: V Jornada sobre Tartarugas Marinhas do Atlântico Sul Ocidental. Florianópolis, Brasil. pp. 51-54.

- Biblioteca Digital de Tratados. <http://tratados.cancilleria.gob.ar>, consultado en julio de 2012.
- Bjorndal KA (1985) Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia* 3: 736-751.
- Bjorndal KA (1997) Foraging ecology and nutrition of sea turtles. En: Lutz PL, Musick JA (eds.) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Ratón. pp. 199-231.
- Bjorndal KA (2000) Prioridades para la conservación en hábitats de alimentación. En: Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu Grobois FA, Donnelly M (eds.) *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas*. UICN/CSE Grupo Especialistas en Tortugas Marinas. Publicación No. 4. pp. 13-15.
- Bjorndal KA, Wetherall JA, Bolten AB, Jeanne AM (1999) Twenty-six years of green turtle nesting at Tortuguero, Costa Rica: an encouraging trend. *Conservation Biology* 13: 126-134.
- Bjorndal K, Bolten A, Chaloupka M (2000) Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. *Ecological Applications* 10: 269-282.
- Bjorndal KA, Jackson JBC (2003) Role of sea turtles in marine ecosystems: reconstructing the past. En: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds.) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Ratón. pp. 259-274.
- Bjorndal KA, Bolten AB, Chaloupka MY (2005) Evaluating trends in abundance of immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the Greater Caribbean. *Ecological Applications* 15: 304-314.
- Bjorndal KA, Bolten AB (2010) Hawksbill sea turtles in seagrass pastures: success in a peripheral habitat. *Marine Biology* 157: 135-145.
- Bolnick DI, Svanbäck R, Fordyce JA, Yang LH, Davis JM, Hulsey CD, Forister ML (2003) The ecology of individuals: incidence and implications of Individual specialization. *The American Naturalist* 161: 1-28.
- Bolten AB, Bjorndal KA, Martins HR, Dellinger T, Biscoito MJ, Encalada SE, Bowen BW (1998) Transatlantic developmental migrations of loggerhead sea turtles demonstrated by mtDNA sequence analysis. *Ecological Applications* 8: 1-7.
- Bolten AB (2000) Técnicas para la medición de tortugas marinas. En: Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu Grobois FA, Donnelly M (eds.) *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación*

de las Tortugas Marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE, Publicación 4. pp. 126-131.

Bolten AB (2003) Variation in sea turtle life history patterns: neritic versus oceanic developmental stages. En: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds.) The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Ratón. pp. 243-257.

Bolten AB, Crowder LB, Dodd MG, MacPherson SL, Musick JA, Schroeder BA, Witherington BE, Long KJ, Snover ML (2011) Quantifying multiple threats to endangered species: an example from loggerhead sea turtles. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(5): 295-301.

Bond AL, Hobson KA (2012) Reporting stable-isotope ratios in ecology: recommended terminology, guidelines and best practices. *Waterbirds* 35: 324-331.

Boraso A, Zaixso JM (2008) Algas marinas bentónicas. En: Boltovskoy D (ed.) Atlas de sensibilidad ambiental de la costa y el Mar Argentino. Disponible on-line en: <http://atlas.ambiente.gov.ar>, consultado en julio 2012.

Bordino P, Kraus S, Albareda DA, Fazio A, Palmeiro A, Mendez M, Botta S (2002) Reducing incidental mortality of Franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. *Marine Mammal Science* 18: 833-842.

Boschi EE (1988) El ecosistema estuarial del Río de la Plata (Argentina y Uruguay). *Anales del Instituto de Ciencias Marinas y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México* 15: 159-182.

Botto F, Gaitán E, Mianzan H, Acha M, Giberto D, Schiariti A, Iribarne O (2011) Origin of resources and trophic pathways in a large SW Atlantic estuary: an evaluation using stable isotopes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 70-77.

Boyle MC, Limpus CJ (2008) The stomach contents of post-hatchling green and loggerhead sea turtles in the southwest Pacific: an insight into habitat association. *Marine Biology* 155: 233-241.

Bowen BW, Meylan AB, Perran Ross J, Limpus CJ, Balazs GH, Avise JC (1992) Global population structure and natural history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny. *Evolution* 46: 865-881.

- Bowen BW, Bass AL, Soares L, Toonen RJ (2005) Conservation implications of complex population structure: lessons from the loggerhead turtle (*Caretta caretta*). *Molecular Ecology* 14: 2389-2402.
- Breed GA, Jonsen ID, Myers RA, Bowen WDW, Leonard ML (2009) Sex-specific, seasonal foraging tactics of adult grey seals (*Halichoerus grypus*) revealed by state-space analysis. *Ecology* 90: 3209-3221.
- Brill R, Balazs GH, Holland KN, Chang RKC, Sullivan S, Georges JC (1995) Daily movements, habitat use, and submergence intervals of normal and tumor-bearing juvenile green turtles (*Chelonia mydas* L.) within a foraging area in the Hawaiian islands. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 185: 203-218.
- Broderick AC, Godley BJ, Hays GC (2001) Trophic status drives interannual variability in nesting numbers of marine turtles. *Proceedings of the Royal Society of London B* 268: 1481-1487.
- Broderick AC, Glen F, Godley BJ, Hays GC (2002) A management plan for the marine turtles of Ascension Island. University of Wales Swansea, Wales. Disponible on-line en: <http://www.seaturtle.org/mtrg/projects/ascension/mplan.shtml>, consultado en julio de 2012.
- Broderick AC, Frauenstein R, Glen F, Hays GC, Jackson AL, Pelembe T, Ruxton GD, Godley BJ (2006) Are green turtles globally endangered? *Global Ecology and Biogeography* 15: 21-26.
- Brown SC, Bizzarro JJ, Cailliet GM, Ebert DA (2012) Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes* 95(1): 3-20.
- Bugoni L, Krause L, Petry M (2001) Marine debris and human impacts on sea turtles in southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 42: 1330-1334.
- Bugoni L, Krause L, Petry V (2003) Diet of sea turtles in southern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 4: 685-688.
- Burkholder DA, Heithaus MR, Thomson JA, Fourqurean JW (2011) Diversity in trophic interactions of green sea turtles *Chelonia mydas* on a relatively pristine coastal foraging ground. *Endangered Species Research* 439: 277-293.
- Buskirk J, Crowder LB (1994) Life-history variation in marine turtles. *Copeia* 1: 66-81.

- Campbell LM, Godfrey MH, Drif O (2002) Community-based conservation via global legislation? Limitations of the Inter-American Convention for the Protection and Conservation of Sea Turtles. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 121-143.
- Campbell LM (2007) Local conservation practice and global discourse: a political ecology of sea turtle conservation. *Annals of the Association of American Geographers* 97: 313-334.
- Cardona L, Revelles M, Carreras C, San Félix M, Gazo M, Aguilar A (2005) Western Mediterranean immature loggerhead turtles: habitat use in spring and summer assessed through satellite tracking and aerial surveys. *Marine Biology* 147: 583-591.
- Cardona L, Aguilar A, Pazos L (2009) Delayed ontogenic dietary shift and high levels of omnivory in green turtles (*Chelonia mydas*) from the NW coast of Africa. *Marine Biology* 156: 1487-1495.
- Cardona L, Fernández G, Revelles M, Aguilar A (2012a) Readaptation to the wild of rehabilitated loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) assessed by satellite telemetry. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 104-112.
- Cardona L, Álvarez de Quevedo I, Borrell A, Aguilar A (2012b) Massive consumption of gelatinous plankton by Mediterranean apex predators. *PLoS ONE* 7: e31329.
- Carr A (1967) So excellent a fishe. A natural history of sea turtles. The Natural History Press, New York.
- Carr A (1987) New perspectives on the pelagic stage of sea turtle development. *Conservation Biology* 1: 103-121.
- Carr A, Meylan AB (1980) Evidence of passive migration of green turtle hatchlings in *Sargassum*. *Copeia* 2: 366-368.
- Casale P (2010) Sea turtle by-catch in the Mediterranean. *Fish and Fisheries*: 1-18.
- Casale P, Abbate G, Freggi D, Conte N, Oliverio M, Argano R (2008) Foraging ecology of loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the central Mediterranean Sea: evidence for a relaxed life history model. *Marine Ecology Progress Series* 372: 265-276.
- Census of Marine Life. <http://www.coml.org>, consultado en julio de 2012.

- Chaloupka M (2001) Historical trends, seasonality and spatial synchrony in green sea turtle egg production. *Biological Conservation* 101: 263-279.
- Chaloupka M (2002) Stochastic simulation modelling of southern Great Barrier Reef green turtle population dynamics. *Ecological Modelling* 148: 79-109.
- Chaloupka M, Limpus C (2001) Trends in the abundance of sea turtles resident in southern Great Barrier Reef waters. *Biological Conservation* 102: 235-249.
- Chaloupka M, Limpus C, Miller J (2004) Green turtle somatic growth dynamics in a spatially disjunct Great Barrier Reef metapopulation. *Coral reefs* 23: 325-335.
- Chaloupka M, Balazs G (2007) Using bayesian state-space modelling to assess the recovery and harvest potential of the Hawaiian green sea turtle stock. *Ecological Modelling* 205: 93-109.
- Chaloupka M, Bjorndal KA, Balazs GH, Bolten AB, Ehrhart LM, Limpus CJ, Suganuma H, Troëng S, Yamaguchi M (2008) Encouraging outlook for recovery of a once severely exploited marine megaherbivore. *Global Ecology and Biogeography* 17: 297-304.
- Charnov EL (1976) Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical population biology* 9: 129-136.
- Cherel Y, Hobson KA (2007) Geographical variation in carbon stable isotope signatures of marine predators: a tool to investigate their foraging areas in the Southern Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 329: 281-287.
- CIA (2006) Convención Inter-Americana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas. Ciclo de reproducción de las tortugas marinas. Disponible on-line en: <http://www.iacseaturtle.org/>, consultado en julio de 2012.
- Consejo Federal Pesquero. <http://www.cfp.gov.ar>, consultado en julio de 2012.
- Consejo Federal Pesquero (2009) Plan de acción nacional para la conservación y el manejo de condrictios (tiburones, rayas y quimeras) en la República Argentina. Buenos Aires. Disponible on-line en: http://www.cfp.gov.ar/prensa/PAN_Tiburones.pdf, consultado en julio de 2012.
- Consejo Federal Pesquero (2010) Plan de acción nacional para reducir la interacción de aves con pesquerías en la República Argentina. Consejo Federal Pesquero, Buenos Aires. ISBN 978-987-

26207-0-7. Disponible on-line en: <http://www.cfp.gob.ar/prensa/PANAVES.pdf>, consultado en julio de 2012.

Contato MCD, Soto JMR, Rosa FD (2004) Captura incidental de tartaruga-de-couro *Dermochelys coriacea* e tartaruga-verde *Chelonia mydas* em redes-de-emalhe-de-fundo no sul de Brasil. En: II Reunión sobre Investigación y Conservación Tortugas Marinas del Atlántico Sur Occidental. San Clemente del Tuyú, Argentina. Disponible on-line en: <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.

Cooke SJ (2008) Biotelemetry and biologging in endangered species research and animal conservation: relevance to regional, national, and IUCN Red List threat assessments. *Endangered Species Research* 4: 165-185.

Copello S, Quintana F (2003) Marine debris ingestion by southern giant petrels and its potential relationships with fisheries in the Southern Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1513-1515.

Coplen TB, Brand WA, Gehre M, Gröning M, Meijer HAJ, Toman B, Verkouteren RM (2006) New guidelines for $d^{13}C$ measurements. *Analytical Chemistry* 78: 2439-2441.

Corbisier TN, Soares LSH, Petti MAV, Muto EY, Silva MHC, McClelland J, Valiela I (2006) Use of isotopic signatures to assess the food web in a tropical shallow marine ecosystem of Southeastern Brazil. *Aquatic Ecology* 40: 381-390.

Cortés E (1997) A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 726-738.

Coutinho R, Seeliger U (1984) The horizontal distribution of the benthic algal flora in the Patos Lagoon estuary, Brazil, in relation to salinity, substratum and wave exposure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 80: 247-257.

Coutinho R, Seeliger U (1986) Seasonal occurrence and growth of benthic algae in the Patos Lagoon estuary, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 23: 889-900.

Coyne MS, Godley BJ (2005) Satellite Tracking and Analysis Tool (STAT): an integrated system for archiving, analyzing and mapping animal tracking data. *Marine Ecology Progress Series* 301: 1-7.

- Crespo EA, Corcuera JF, López Cazorla A (1994) Interactions between marine mammals and fisheries in some coastal fishing areas of Argentina. Report of the International Whaling Commission Special Issue 15: 269-281.
- Crowder LB (2000) Leatherback's survival will depend on an international effort. *Nature*: 881.
- Crouse DT, Crowder LB, Caswell H (1987) A stage-based population model for loggerhead sea turtles and implications for conservation. *Ecology* 68: 1412-1423.
- Crowder LB, Crouse DT, Heppell SS, Martin TH (1994) Predicting the impact of turtle excluder devices on loggerhead sea turtle populations. *Ecological Applications* 4: 437-445.
- Dalerum F, Angerbjörn A (2005) Resolving temporal variation in vertebrate diets using naturally occurring stable isotopes. *Oecologia* 144: 647-658.
- Davenport J, Balazs GH (1991) 'Fiery bodies' - are pyrosomas an important component of the diet of leatherback turtles? *British Herpetological Society Bulletin* 37: 33-39.
- DeNiro MJ, Epstein S (1981) Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 341-351.
- Denuncio P, Bastida R, Dassis M, Giardino G, Gerpe M, Rodríguez D (2011) Plastic ingestion in Franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Gervais and d'Orbigny, 1844), from Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1836-1841.
- Dodge KL, Logan JM, Lutcavage ME (2011) Foraging ecology of leatherback sea turtles in the Western North Atlantic determined through multi-tissue stable isotope analyses. *Marine Biology* 158: 2813-2824.
- Domingo A, Bugoni L, Prosdocimi L, Miller P, Laporta M, Monteiro DS, Estrades AA, Albareda DA (2006) El impacto generado por las pesquerías en las tortugas marinas en el Océano Atlántico sud occidental, San José, Costa Rica. ISBN 9968-825-31-x.
- Domingo A, Barceló C, Swimmer Y, Pons M, Miller P (2009) Anzuelos circulares vs. anzuelos "J" en la flota palangrera uruguaya. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT* 64: 2427-2442.
- Domingo A, Pons M, Jimenez S, Miller P, Barceló C, Caren, Swimmer Y (2012) Circle hook performance in the Uruguayan pelagic longline fishery. *Bulletin of Marine Science* 88: 499-511.

- Doyle TK, Houghton JDR, McDevitt R, Davenport J, Hays GC (2007) The energy density of jellyfish: Estimates from bomb-calorimetry and proximate-composition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 343: 239-252.
- Dutton DL, Dutton PH, Chaloupka M, Boulon RH (2005) Increase of a Caribbean leatherback turtle *Dermochelys coriacea* nesting population linked to long-term nest protection. *Biological Conservation* 126: 186-194.
- Dutton PH, Balazs GH, LeRoux RA, Murakawa SKK, Zarate P, Martines LS (2008) Composition of Hawaiian green turtle foraging aggregations: mtDNA evidence for a distinct regional population. *Endangered Species Research* 5: 37-44.
- Estrades A, López-Mendilaharsu M, Fallabrino A (2007) *Dermochelys coriacea* (Leatherback Sea turtle). Diet. *Herpetological Review* 38: 330.
- Falabella V, Campagna C, Croxall J (2009) Atlas del Mar Patagónico. Especies y espacios. Wildlife Conservation Society y BirdLife International, Buenos Aires.
- FAO (2005) Increasing the contribution of small-scale fisheries to poverty alleviation and food security. FAO Technical guidelines for responsible fisheries. Rome. ISBN 92-5-105418-5.
- FAO (2011) Directrices para reducir la mortalidad de las tortugas marinas en las operaciones de pesca. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura. Roma. ISBN 978-92-5-106226-5.
- Ferraroli S, Georges JY, Gaspar P, Maho YL (2004) Where leatherback turtles meet fisheries. *Nature* 429: 521-522.
- Fiedler F, Sales G, Giffoni B, Monteiro-Filho E, Secchi E, Bugoni L (2012) Driftnet fishery threats sea turtles in the Atlantic Ocean. *Biodiversity and Conservation* 21: 915-931.
- Forbes GA (2000) Diet sampling and diet component analysis. En: Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu Grobois FA, Donnelly M (eds.) Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas Marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE, Publicación 4. (Traducción al español). pp. 144-148.

- Fossette S, Gleiss AC, Casey JP, Lewis AR, Hays GC (2011) Does prey size matter? Novel observations of feeding in the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) allow a test of predator-prey size relationships. *Biology Letters*, *in press*. DOI: 10.1098/rsbl.2011.0965 1744-957X.
- Frazer N, Ehrhart L (1985) Preliminary growth models for green, *Chelonia mydas*, and loggerhead, *Caretta caretta*, turtles in the wild. *Copeia* 1: 73-79.
- Frazer NB, Ladner RC (1986) A growth curve for green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the US Virgin Islands, 1913-14. *Copeia* 3: 798-802.
- Frazer NB (1992) Sea turtle conservation and halfway technology. *Conservation Biology* 6: 179-184.
- Frazier J (2002) Marine turtles and international instruments: the agony and the ecstasy. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 1-10.
- Frazier J (2003) Prehistoric and ancient historic interactions between humans and marine turtles. En: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds.) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Ratón. pp. 1-38.
- Frazier J (2005) Marine turtles - the ultimate tool kit: a review of worked bones of marine turtles. En: Luik H, Choyke AM, Batey CE, Lõugas L (eds.) *Proceedings of the 4th meeting of the ICAZ Worked Bone Research Group*. Tallinn, Estonia. pp. 359-367.
- Fretwell SD (1972) A theory of habitat distribution. En: Fretwell SD (ed.) *Populations in a seasonal environment*. Princeton University Press, Princeton. pp. 79-114.
- Frick MG, Williams KL, Pierrard L (2001) Summertime foraging and feeding by immature loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from Georgia. *Chelonian Conservation and Biology* 4: 178-181.
- Gaitán E (2004) Distribución, abundancia y estacionalidad de *Liriope tetraphylla* (Hidromedusa, Traquimedusae) en el Océano Atlántico Sudoccidental y su rol ecológico en el estuario del Río de la Plata. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.
- Gaitán E (2012) Tramas tróficas en sistemas frontales del Mar Argentino: estructura, dinámica y complejidad analizada mediante isótopos estables. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.

- Gallo BMG, Macedo S, Giffoni BDB, Becker JH, Barata PCR (2006) Sea turtle conservation in Ubatuba, southeastern Brazil, a feeding area with incidental capture in coastal fisheries. *Chelonian Conservation and Biology* 5: 93-101.
- Gannes LZ, Martinez del Rio C, Koch P (1998) Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology* 119A: 725-737.
- Gannes LZ, O'Brien DM, Martinez del Rio C (1997) Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats and a call for more laboratory experiments. *Ecology* 78: 1271-1276.
- Gelchu A, Pauly D (2007) Growth and distribution of port-based global fishing effort within countries' EEZs from 1970 to 1995. *Fisheries Centre Research Reports* 15(4). Fisheries Centre, University of British Columbia, Canadá. ISSN 1198-6727.
- Giffoni B, Domingo A, Sales G, Fiedler FN, Miller P (2008) Interacción de tortugas marinas (*Caretta caretta* y *Dermochelys coriacea*) con la pesca de palangre pelágico en el Atlántico Sudoccidental: una perspectiva regional para la conservación. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT* 62: 1861-1870.
- Gilman E, Gearhart J, Price B, Eckert S, Milliken H, Wang J, Swimmer Y, Shiode D, Abe O, Peckham SH, Chaloupka M, Hall M, Mangel J, Alfaro-Shigueto J, Dalzell P, Ishizaki A (2010) Mitigating sea turtle by-catch in coastal passive net fisheries. *Fish and Fisheries* 11: 57-88.
- Godfrey MH, Godley BJ (2008) Seeing past the red: flawed IUCN global listings for sea turtles. *Endangered Species Research* 6: 155-159.
- Godley BJ, Gücü AC, Broderick AC (1998) Interaction between marine turtles and artisanal fisheries in the eastern Mediterranean: a probable cause for concern? *Zoology in the Middel East* 16: 49-64.
- Godley BJ, Richardson S, Broderick AC, Coyne MS, Glen F, Hays GC (2002) Long-term satellite telemetry of the movements and habitat utilisation by green turtles in the Mediterranean. *Ecography* 25: 352-362.
- Godley BJ, Lima EHSM, Åkesson S, Broderick AC, Glen F, Godfrey MH, Luschi P, Hays GC (2003) Movement patterns of green turtles in Brazilian coastal waters described by satellite tracking and flipper tagging. *Endangered Species Research* 253: 279-288.

- Godley BJ, Blumenthal JM, Broderick AC, Coyne MS, Godfrey MH, Hawkes LA, Witt MJ (2008) Satellite tracking of sea turtles: where have we been and where do we go next? *Endangered Species Research* 4: 3-22.
- Godley BJ, Barbosa C, Bruford M, Broderick AC, Catry P, Coyne MS, Formia A, Hays GC, Witt MJ (2010) Unravelling migratory connectivity in marine turtles using multiple methods. *Journal of Applied Ecology* 47: 769-778.
- Godley BJ, Broderick AC, Hays GC (2001) Nesting of green turtles (*Chelonia mydas*) at Ascension Island, South Atlantic. *Biological Conservation* 97: 151-158.
- González Carman V, Álvarez K, Prosdocimi L, Inchaurreaga MC, Dellacasa RF, Faiella A, Echenique C, González R, Andrejuk J, Mianzan H, Campagna C, Albareda DA (2011) Argentinian coastal waters: A temperate habitat for three species of threatened sea turtles. *Marine Biology Research* 7: 500-508.
- González Carman V, Falabella V, Maxwell S, Albareda D, Campagna C, Mianzan H (2012) Revisiting the ontogenetic shift paradigm: the case of juvenile green turtles in the SW Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 429: 64-72.
- Goshe LR, Avens L, Scharf FS, Southwood AL (2010) Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. *Marine Biology* 157: 1725-1740.
- Guebert Bartholo FM, Barletta M, Costa MF, Monteiro-Filho ELA (2011) Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. *Endangered Species Research* 13: 131-143.
- Hamann M, Godfrey MH, Seminoff JA, Arthur K, Barata PCR, Bjorndal KA, Bolten AB, Broderick AC, Campbell LM, Carreras C, Casale P, Chaloupka M, Chan SKF, Coyne MS, Crowder LB, Diez CE, Dutton PH, Epperly SP, FitzSimmons NN, Formia A, Girondot M, Hays GC, Cheng IJ, Kaska Y, Lewison R, Mortimer JA, Nichols WJ, Reina RD, Shanker K, Spotila JR, Tomás J, Wallace BP, Work TM, Zbinden J, Godley BJ (2010) Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endangered Species Research* 11: 245-269.
- Hart KM, Fujisaki I (2010) Satellite tracking reveals habitat use by juvenile green sea turtles *Chelonia mydas* in the Everglades, Florida, USA. *Endangered Species Research* 11: 221-232.

- Hart KM, Mooreside P, Crowder LB (2006) Interpreting the spatio-temporal patterns of sea turtle strandings: going with the flow. *Biological Conservation* 129: 283-290.
- Hart KM, Lamont MM, Fujisaki I, Tucker AD, Carthy RR (2011) Common coastal foraging areas for loggerheads in the Gulf of Mexico: opportunities for marine conservation. *Biological Conservation* 145: 185-194.
- Hartog JC, Nierop MM (1984) A study on the gut contents of six leathery turtles *Dermochelys coriacea* (Linnaeus) (Reptilia, Testudines, Dermochelyidae) from British waters and from The Netherlands. *Zoologische Verhandelingen* 209: 1-36.
- Hatase H, Sato K, Yamaguchi M, Takahashi K, Tsukamoto K (2006) Individual variation in feeding habitat use by adult female green sea turtles (*Chelonia mydas*): are they obligately neritic herbivores? *Oecologia* 149: 52-64.
- Hawkes LA, Broderick AC, Godfrey MH, Godley BJ (2005) Status of nesting loggerhead turtles *Caretta caretta* at Bald Head Island (North Carolina, USA) after 24 years of intensive monitoring and conservation. *Oryx* 39: 65-72.
- Hawkes LA, Witt MJ, Broderick AC, Coker JW, Coyne MS, Dodd M, Frick MG, Godfrey MH, Griffin DB, Murphy SR, Murphy TM, Williams KL, Godley BJ (2011) Home on the range: spatial ecology of loggerhead turtles in Atlantic waters of the USA. *Diversity and Distributions* 17: 624-640.
- Hays GC (2004) Good news for sea turtles. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 349-351.
- Hays GC, Farquhar MR, Luschi P, Teo SLH, Thys TM (2009) Vertical niche overlap by two ocean giants with similar diets: ocean sunfish and leatherback turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 370: 134-143.
- Heaslip SG, Iverson SJ, Bowen WD, James MC (2012) Jellyfish support high energy intake of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*): video evidence from animal-borne cameras. *PLoS ONE* 7: e33259.
- Heithaus MR, McLash JJ, Frid A, Dill LM, Marshall GJ (2002) Novel insights into green sea turtle behaviour using animal-borne video cameras. *Journal of the Marine Biological Association United Kingdom* 82: 1049-1050.

- Heppell SS, Snover ML, Crowder LB (2003) Sea turtle population ecology. En: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds.) The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Ratón. pp. 275-306.
- Hirth HF (1997) Sinopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). Biological Report 97.
- Hobson KA (1999) Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia* 120: 314-326.
- Hobson KA, Piatt JF, Pitocchelli J (1994) Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology* 63: 786-798.
- Hobson KA, Schell DM, Renouf D, Noseworthy E (1996) Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 528-533.
- Hobson KA, Gibbs HL, Gloutney ML (1997) Preservation of blood and tissue samples for stable-carbon and stable-nitrogen isotope analysis. *Canadian Journal of Zoology* 75: 1720-1723.
- Huxley R (1999) Historical overview of marine turtle exploitation, Ascension Island, South Atlantic. *Marine Turtle Newsletter* 84: 7-9.
- Hykle D (2002) The Convention on Migratory Species and other international instruments relevant to marine turtle conservation: pros and cons. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 105-119.
- Hyslop EJ (1980) Stomach contents analysis- a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.
- Información Legislativa. <http://www.infoleg.gov.ar>, consultado en julio de 2012.
- Inger R, Jackson A, Parnell AC, Bearhop S (2010) SIAR V4: Stable isotopes analysis in R. An Ecologist's guide. Disponible on-line en: http://www.tcd.ie/Zoology/research/research/theoretical/siar/SIAR_for_Ecologist.pdf, consultado en julio de 2012.
- International Sea Turtle Symposium. <http://seaturtlesociety.org>, consultado en julio de 2012.

- Ivar do Sul JA, Costa MF (2007) Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean region: from the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin* 54: 1087-1104.
- Jackson JBC (1997) Reefs since Columbus. *Coral Reefs* 16: Suppl: S23-S32.
- Jackson JBC (2001) What was natural in the coastal oceans? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98(10): 5411-5418.
- Jackson JBC, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, Hughes TP, Kidwell S, Lange CB, Lenihan HS, Pandolfi JM, Peterson CH, Steneck RS, Tegner MJ, Warner RR (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal Ecosystems. *Science* 293: 629-638.
- James MC, Herman TB (2001) Feeding of *Dermochelys coriacea* on Medusae in the Northwest Atlantic. *Chelonian Conservation and Biology* 4: 202-205.
- James MC, Mrosovsky N (2004) Body temperatures of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in temperate waters off Nova Scotia, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 82: 1302-1306.
- James MC, Ottensmeyer CA, Myers RA (2005) Identification of high-use habitat and threats to leatherback sea turtles in northern waters: new directions for conservation. *Ecology Letters* 8: 195-201.
- James MC, Davenport J, Hays GC (2006) Expanded thermal niche for a diving vertebrate: a leatherback turtle diving into near-freezing water. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 335: 221-226.
- James MC, Sherrill-Mix SA, Myers RA (2007) Population characteristics and seasonal migrations of leatherback sea turtles at high latitudes. *Marine Ecology Progress Series* 337: 245-254.
- Jonsen ID, Flemming MJ, Myers RA (2005) Robust state-space modelling of animal movement data. *Ecology* 86: 2874-2880.
- Jonsen ID, Myers RA, James MC (2007) Identifying leatherback turtle foraging behaviour from satellite telemetry using a switching state-space model. *Marine Ecology Progress Series* 337: 255-264.

- Kalikoski DC, Vasconcellos M, Lavkulich L (2002) Fitting institutions to ecosystems: the case of artisanal fisheries management in the estuary of Patos Lagoon. *Marine Policy* 26: 179-196.
- Kokelj F, Mianzan H, Avian M, Burnett J (1993) Dermatitis due to *Olindias sambaquiensis*: a case report. *Cutis* 51: 339-342.
- Krausman PR (1999) Some basic principles of habitat use. En: Launchbaugh KL, Sanders KD, Mosley JC (eds.) *Grazing behaviour of livestock and wildlife*. Idaho Forest, Wildlife & Range Experiment Station Bulletin 70: 95-90.
- Kubis S, Chaloupka M, Ehrhart L, Bresette M (2009) Growth rates of juvenile green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. *Marine Ecology Progress Series* 389: 257-269.
- Laporta M, Miller P, Ríos M, Lezama C, Bauzá A, Aisenberg A, Pastorino MV, Fallabrino A (2006) Conservación y manejo de tortugas marinas en la zona costera uruguaya. En: Menafra R, Rodríguez-Gallego L, Scarabino F, Conde D (eds.) *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. Vida Silvestre, Montevideo. pp. 259-270.
- Laurent L, Casale P, Bradai MN, Godley BJ, Gerosa G, Broderick AC, Schroth W, Schierwater B, Levy AM, Freggi D, El-Mawla EMA, Hadoud DA, Gomati HE, Domingo M, Hadjichristophorou M, Kornaraky L, Demirayak F, Gautier C (1998) Molecular resolution of marine turtle stock composition in fishery bycatch: a case study in the Mediterranean. *Molecular Ecology* 7: 1529-1542.
- Laver P (2005) Kernel home range estimation for ArcGIS, using VBA and ArcObjects. User Manual (Beta v.2). Disponible on-line en: <http://fishwild.vt.edu/abode/Abode2.pdf>, consultado en julio de 2012.
- Lemons GE, Eguchi T, Lyon VB, LeRoux R, Seminoff JA (2012) Effects of blood anticoagulants on stable isotope values of sea turtle blood tissue. *Aquatic Biology* 14: 201-206.
- Lezama C (2009) Impacto de la pesquería artesanal sobre la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en las costas del Río de la Plata exterior. Tesis de Maestría, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Limpus C, Chaloupka M (1997) Nonparametric regression modelling of green sea turtle growth rates (southern Great Barrier Reef). *Marine Ecology Progress Series* 149: 23-34.

- Limpus CJ, Nichols N (1988) The Southern Oscillation regulates the annual numbers of green turtles (*Chelonia mydas*) breeding around northern Australia. *Australian Wildlife Research* 15: 157-161.
- López EA, Monteiro-Filho ELA (2009) Captura accidental de tartarugas marinhas em artes de pesca artesanal na desembocadura da Baía de Paranaguá, estado do Paraná – Brasil. En: IV Jornadas de Conservación e Investigación de Tortugas Marinas en el Atlántico Sur Occidental. Mar del Plata, Argentina. p. 40. Disponible on-line en: <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.
- López Barrera EA, Longo GO, Monteiro Filho ELA (2012) Incidental capture of green turtle (*Chelonia mydas*) in gillnets of small-scale fisheries in the Paranaguá Bay, southern Brazil. *Ocean & Coastal Management* 60: 11-18.
- López Mendilaharsu M, Estrades A, Caraccio MN, Calvo V, Hernández M, Quirici V (2006) Biología, ecología y etología de las tortugas marinas en la zona costera uruguaya. En: Menafra R, Rodríguez-Gallego L, Scarabino F, Conde D (eds.) Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre, Montevideo. pp. 247-264.
- López Mendilaharsu M, Sales G, Giffoni B, Miller P, Fiedler FN, Domingo A (2007) Distribución y composición de tallas de las tortugas marinas (*Caretta caretta* y *Dermochelys coriacea*) que interactúan con el palangre pelágico en el Atlántico Sur. *Collective Volumen of Scientific Papers ICCAT* 60: 2094-2109.
- Lucas AJ, Guerrero RA, Mianzan HW, Acha EM, Lasta CA (2005) Coastal oceanographic regimes of the Northern Argentine Continental Shelf (34-43°S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65: 405-420.
- Luschi P, Hays GC, Del Seppia C, Marsh R, Papi F (1998) The navigational feats of green sea turtles migrating from Ascension Island investigated by satellite telemetry. *Proceedings of the Royal Society of London B* 265: 2279-2284.
- Lutcavage ME, Plotkin P, Witherington B, Lutz PL (1997) Human impacts on sea turtle survival. En: Lutz PL, Musick JA (eds.) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Ratón. pp. 387-410.
- Lutgen GL (2006) Soft law with hidden teeth: the case for a FAO International Plan of Action on sea turtles. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 9:155-173.
- Makowski C, Seminoff JA, Salmon M (2006) Home range and habitat use of juvenile Atlantic green

- turtles (*Chelonia mydas* L.) on shallow reef habitats in Palm Beach, Florida, USA. *Marine Biology* 148: 1167-1179.
- Marcovaldi MA, Marcovaldi GG (1999) Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. *Biological Conservation* 91: 35-41.
- Marcovaldi MA, Sales G, Thomé JCA, Silva ACC, Gallo BMG, EHSM Lima, Lima EP, Bellini C (2006) Sea turtles and fishery interactions in Brazil: identifying and mitigating potential conflicts. *Marine Turtle Newsletter* 112:4-8.
- Mariscal R (1974) Nematocysts. En: Musatine L, Lenhoff H (eds.) *Coelenterate biology: reviews and new perspectives*. Academic Press, New York. pp. 129-178.
- Martin TG, Chadès I, Arcese P, Marra PP, Possingham HP, Norris DR (2007) Optimal conservation of migratory species. *PLoS One* 2: e751.
- Maxwell SM, Breed GA, Nickel BA, Makanga-Bahouna J, Pemo-Makaya E, Parnell RJ, Formia A, Nguouesso S, Godley BJ, Costa DP, Witt MJ, Coyne MS (2011) Using satellite tracking to optimize protection of long-lived marine species: olive ridley sea turtle conservation in central Africa. *PloS One* 6: e19905.
- McCauley SJ, Bjorndal KA (1999) Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: sublethal effects in post-hatchling loggerhead sea turtles. *Conservation Biology* 13: 925-929.
- McClellan CM, Read AJ (2007) Complexity and variation in loggerhead sea turtle life history. *Biology Letters* 3: 592-594.
- McClellan CM, Read AJ (2009) Confronting the gauntlet: understanding incidental capture of green turtles through fine-scale movement studies. *Endangered Species Research* 10: 165-179.
- McClellan CM, Read AJ, Price BA, Cluse WM, Godfrey MH (2009) Using telemetry to mitigate the bycatch of long-lived marine vertebrates. *Ecological Applications* 19: 1660-1671.
- McClellan CM, Braun-McNeill J, Avens L, Wallace BP, Read AJ (2010) Stable isotopes confirm a foraging dichotomy in juvenile loggerhead sea turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 387: 44-51.
- McCullagh P, Nelder JA (1989) *Generalized linear models*. Chapman & Hall, London.

- McMichael E, Seminoff J, Carthy R (2008) Growth rates of wild green turtles, *Chelonia mydas*, at a temperate foraging habitat in the northern Gulf of Mexico: assessing short-term effects of cold stunning on growth. *Journal of Natural History* 42: 2793-2807.
- Mendonça MT, Ehrhart LM (1982) Activity, population size and structure of immature *Chelonia mydas* and *Caretta caretta* in Mosquito Lagoon, Florida. *Copeia* 1: 161-167.
- Meylan AB, Bowen BW, Avise JC (1990) A genetic test of the natal homing versus social facilitation models for green turtle migration. *Science* 248: 724-727.
- Meylan PA, Meylan AB, Gray JA (2011) The ecology and migrations of sea turtles, 8: Test of the developmental habitat hypothesis. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 357: 1-70.
- Mianzan HW, Guerrero RA (2000) Environmental patterns and biomass distribution of gelatinous macrozooplankton. Three study cases in the South-western Atlantic Ocean. *Scientia Marina* 64: 215-224.
- Mianzan HW, Lasta C, Acha E, Guerrero R, Macchi G, Bremec C (2001) The Rio de la Plata Estuary, Argentina-Uruguay. *Ecological Studies* 144: 185-204.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. <http://www.minagri.gob.ar>, consultado en julio de 2012.
- Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires. <http://www.maa.gba.gov.ar>, consultado en julio de 2012.
- Monteiro DS, Estima SC, Junqueira SP, Bugoni L, Gandra TBR (2005) Ocorrência de *Chelonia mydas* e interação com a pesca artesanal no interior do estuário da Lagoa dos Patos – RS. En: II Jornada de Conservação e Pesquisa de Tartarugas Marinhas no Atlântico Sul Ocidental. Casino, Brasil. p. 68. Disponible on-line en: <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.
- Monzón Argüello C, López Jurado LF, Rico C, Marco A, López P, Hays GC, Lee PLM (2010) Evidence from genetic and Lagrangian drifter data for transatlantic transport of small juvenile green turtles. *Journal of Biogeography* 37: 1752-1766.
- Morrison DF (1990) Multivariate statistical methods. McGraw Hill series in probability and statistics, New York. ISBN 0-07-043187-6.

- Mortimer JA, Carr A (1987) Reproduction and migrations of the Ascension Island green turtle (*Chelonia mydas*). *Copeia* 1: 103-113.
- Murman MI, Alonso L, Pérez Comesaña JE (2011) El impacto de los desechos antrópicos em individuos juveniles de tortuga verde (*Chelonia mydas*), Cerro Verde, Uruguay. En: V Jornada sobre Tartarugas Marinhas do Atlântico Sul Ocidental, Florianópolis, Brasil. pp. 65-68. Disponible on-line en: <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.
- Musick JA, Limpus CJ (1997) Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. En: Lutz PL, Musick JA (eds.) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Ratón. pp. 137-163.
- Nagaoka SM, Martins AS, Santos RG, Tognella MMP, Oliveira Filho EC, Seminoff JA (2012) Diet of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) associating with artisanal fishing traps in a subtropical estuary in Brazil. *Marine Biology* 159: 573-589.
- Namnum S (2002) The Inter-American Convention for the Protection and Conservation of Sea Turtles and its implementation in Mexican law. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 87-103.
- Naro Maciel E, Becker JH, Lima EHSM, Marcovaldi MA, Desalle R (2007) Testing dispersal hypotheses in foraging green sea turtles (*Chelonia mydas*) of Brazil. *Journal of Heredity* 98: 29-39.
- National Research Council (1990) *Decline of the sea turtles: causes and prevention*. National Academies Press, Washington. ISBN 0-309-54342-8. Disponible on-line en: <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=030904247X>, consultado en julio de 2012.
- Negri RM, Benavides HR, Akselman R (2004) Algas del litoral marplatense. En: Boschi EE, Cousseau MB (eds.) *La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina*. Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata.
- Nichols WJ (2003) *Biology and conservation of sea turtles in Baja California, Mexico*. PhD Thesis, University of Arizona, USA.
- Nierop MM, Hartog FC (1984) A study on the gut contents of five juvenile loggerhead turtles, *Caretta caretta* (Linnaeus) (Reptilia, Cheloniidae), from the south-eastern part of the north Atlantic ocean, with emphasis on coelentera identification. *Zoologische Mededelingen* 59: 35-53.

- Núñez Cortés C, Narosky T (1997) Cien caracoles argentinos. Ed. Albatros, Buenos Aires. ISBN 950-24-0753-9.
- Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. <http://www.opds.gba.gov.ar>, consultado en julio de 2012.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. <http://www.fao.org>, consultado en julio de 2012.
- Pajuelo M, Bjorndal K, Reich K, Arendt M, Bolten A (2012) Distribution of foraging habitats of male loggerhead turtles (*Caretta caretta*) as revealed by stable isotopes and satellite telemetry. *Marine Biology* 159: 1255-1267.
- Parnell AC, Inger R, Bearhop S, Jackson AL (2010) Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PLoS One* 5: e9672.
- Parodi ER (2004) Marismas y algas bentónicas. En: Piccolo MC, Hoffmeyer MS (eds.) Ecosistema del estuario de Bahía Blanca. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Bahía Blanca. pp. 101-107. ISBN 987-9281-96-9.
- Patterson TA, Thomas L, Wilcox C, Ovaskainen O, Matthiopoulos J (2008) State–space models of individual animal movement. *Trends in Ecology and Evolution* 23: 87-94.
- Peckham SH, Maldonado-Diaz D, Walli A, Ruiz G, Crowder LB, Nichols WJ (2007) Small-scale fisheries bycatch jeopardizes endangered pacific loggerhead turtles. *PloS One* 10: e1041.
- Peterson BJ, Fry B (1987) Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 293-320.
- Phillips DL (2001) Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a critique. *Oecologia* 127: 166-170.
- Phillips D, Koch P (2002) Incorporating concentration dependence in stable isotopes mixing models. *Oecologia* 130: 114-125.
- Phillips DL, Gregg JW (2003) Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia* 136: 261-269.
- Phillips DL, Eldridge PM (2006) Estimating the timing of diet shifts using stable isotopes. *Oecologia* 142: 195-203.

- Pilcher NJ, Chaloupka MY, Woods E (2012) *Chelonia mydas* Hawaiian subpopulation. En: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. Disponible on-line en: www.iucnredlist.org, consultado en julio de 2012.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK (1971) Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Fish Bulletin 152: 1-26.
- Piola AR, Matano RP (2001) Brazil and Falklands (Malvinas) currents. En: Steele JH, Thorpe SA, Turekian KK (eds.) Encyclopedia of Ocean Sciences. Academic Press, Londres. pp. 340-349.
- Plotkin P (2003) Adult migrations and habitat use. En: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds.) The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Ratón. pp. 225-242.
- Post DM (2002) Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods and assumptions. Ecology 83: 703-718.
- Post DM, Layman CA, Arrington DA, Takimoto G, Quattrochi J, Montaña CG (2007) Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. Oecologia 152: 179-189.
- Pritchard PCH (1997) Evolution, phylogeny, and current status. En: Lutz PL, Musick JA (eds.) The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Ratón. pp. 1-28.
- Proietti MC, Lara-Ruiz P, Reisser JW, Pinto LdS, Dellagostin OA, Marins LF (2009) Green turtles (*Chelonia mydas*) foraging at Arvoredo Island in southern Brazil: Genetic characterization and mixed stock analysis through mtDNA control region haplotypes. Genetics and Molecular Biology 32: 613-618.
- Proietti MC, Reisser JW, Kinas PG, Kerr R, Monteiro DS, Marins LF, Secchi ER (2012) Green turtle *Chelonia mydas* mixed stocks in the western South Atlantic, as revealed by mtDNA haplotypes and drifter trajectories. Marine Ecology Progress Series 447: 195-209.
- Prosdocimi L, González Carman V, Albareda DA, Remis MI (2012) Genetic composition of green turtle feeding grounds in coastal waters of Argentina based on mitochondrial DNA. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 412: 37-45.
- Pyke GH, Pulliam HR, Charnov EL (1977) Optimal foraging: a selective review of theory and tests. The quarterly review of biology 52: 137-154.

- Quiñones J, González Carman V, Zeballos J, Purca S, Mianzan H (2010) Effects of El Niño-driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging grounds. *Hydrobiologia* 645: 69-79.
- R Developmental Core Team (2008). <http://cran.r-project.org>, consultado en julio de 2012.
- Rabuffetti F, Favero M, Tamini L (2008) captura incidental de aves, mamíferos y tortugas marinas en las pesquerías del Mar Patagónico y áreas de influencia. En: Campagna C (ed.) Estado de conservación del Mar Patagónico y áreas de influencia – versión electrónica: 603-645. Disponible on-line en: <http://www.marpatagonico.org/libro/articulo.php?id=rabuffetti-favero-tamini-captura-incidental>, consultado en julio de 2012.
- Reich KJ, Bjorndal KA, Bolten AB (2007) The 'lost years' of green turtles: using stable isotopes to study cryptic life stages. *Biology Letters* 3: 712-714.
- Reich KJ, Bjorndal KA, Río Martínez del Río C (2008) Effects of growth and tissue type on the kinetics of ^{13}C and ^{15}N incorporation in a rapidly growing ectotherm. *Oecologia* 155: 651-663.
- Reis EC, Pereira CS, Rodrigues DdP, Kinast H, Secco C, Lima LM, Rennó B, Siciliano S (2010) Condição de saúde das tartarugas marinhas do litoral centro-norte do estado do rio de janeiro, Brasil: avaliação sobre a presença de agentes bacterianos, fibropapilomatose e interação com resíduos antropogênicos. *Oecologia Australis* 14: 756-765.
- Reunión de Trabajo de Especialistas en Tortugas Marinas del Atlántico Sur Occidental- Red ASO Tortugas. <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.
- Revelles M, Cardona L, Aguilar A, Félix MS, Fernández G (2007) Habitat use by immature loggerhead sea turtles in the Algerian Basin (western Mediterranean): swimming behaviour, seasonality and dispersal pattern. *Marine Biology* 151: 1501-1515.
- Richardson PB, Broderick AC, Campbell LM, Godley BJ, Ranger S (2006) Marine turtle fisheries in the UK overseas territories of the Caribbean: domestic legislation and the requirements of multilateral agreements. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 9: 223-246.
- Rodríguez CS (2012) Hidromedusas del Atlántico Sudoccidental: biodiversidad y patrones de distribución. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.

- Rodriguez Graña L, Calliari D, Conde D, Sellanes J, Urrutia R (2008) Food web of a SW Atlantic shallow coastal lagoon: spatial environmental variability does not impose substantial changes in the trophic structure. *Marine Ecology Progress Series* 362: 69-83.
- Rubenstein DR, Hobson KA (2004) From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 256-263.
- Ruppert EE, Barnes RD (1994) *Zoología de los invertebrados*. Ed. Interamericana, México.
- Saba VS, Santidrián-Tomillo P, Reina RD, Spotila JR, Musick JA, Evans DA, Paladino FV (2007) The effect of the El Niño Southern Oscillation on the reproductive frequency of eastern Pacific leatherback turtles. *Journal of Applied Ecology* 44: 395-404.
- Sabsay D, Di Paola ME, Quispe C, Machain N (2006) Bases para una gestión ecosistémica sustentable del Mar Patagónico. Editorial Mare Magnum, Puerto Madryn.
- Sales G, Giffoni BB, Barata PCR (2008) Incidental catch of sea turtles by the Brazilian pelagic longline fishery. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88: 853-864.
- Sales G, Giffoni BB, Fiedler FN, Azevedo VG, Kotas JE, Swimmer Y, Bugoni L (2010) Circle hook effectiveness for the mitigation of sea turtle bycatch and capture of target species in a Brazilian pelagic longline fishery. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20: 428-436.
- Santos RG, Martins AS, Torezani E, Baptistotte C, Farias JdN, Horta PA, Work TM, Balazs GH (2010) Relationship between fibropapillomatosis and environmental quality: a case study with *Chelonia mydas* off Brazil. *Diseases of Aquatic Organisms* 89: 87-95.
- Santos RG, Martins AS, Farias JdN, Horta PA, Pinheiro HT, Torezani E, Baptistotte C, Seminoff JA, Balazs GH, Work TM (2011) Coastal habitat degradation and green sea turtle diets in southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1297-1302.
- Saunders CD, Brook AT, Myers OE (2006) Using psychology to save biodiversity and human well-being. *Conservation Biology* 20: 702-705.
- Sazima I, Sazima M (1983) Aspectos de comportamento alimentar e dieta da tartaruga marinha (*Chelonia mydas*) no litoral norte paulista. *Boletín del Instituto Oceanográfico de São Paulo* 32: 199-203.

- Schiariti A, Berasategui A, Giberto D, Guerrero R, Acha E, Mianzan H (2006) Living in the front: *Neomysis americana* (Mysidacea) in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. *Marine Biology* 149: 483-489.
- Schiariti A (2008) Historia de vida y dinámica de poblaciones de *Lychnorhiza lucerna* (Scyphozoa). Un recurso pesquero alternativo? Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Disponible on-line en: <http://www.oceandocs.org/handle/1834/3109>, consultado en julio de 2012.
- Schofield G, Hobson VJ, Fossette S, Lilley MKS, Katselidis KA, Hays GC (2010) Fidelity to foraging sites, consistency of migration routes and habitat modulation of home range by sea turtles. *Diversity and Distributions* 16: 840-853.
- Scott R, Hodgson DJ, Witt MJ, Coyne MS, Adnyana W, Blumenthal JM, Broderick AC, Canbolat AF, Catry P, Ciccione S, Delcroix E, Hitipeuw C, Luschi P, Pet-Soede L, Pendoley K, Richardson PB, Rees AF, Godley BJ (2012) Global analysis of satellite tracking data shows that adult green turtles are significantly aggregated in marine protected areas. *Global Ecology and Biogeography* 21(11): 1053-1061. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2011.00757.x.
- Seaman DE, Powell RA (1996) An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology* 77: 2075-2085.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. <http://www.ambiente.gov.ar>, consultado en julio de 2012.
- Seminoff JA (2004) 2004 Global status assessment- Green turtle (*Chelonia mydas*). Disponible on-line en: http://jr.iucnredlist.org/documents/attach/Reptiles/4615_Chelonia_mydas.pdf, consultado en julio de 2012.
- Seminoff JA, Jones TT (2006) Diel movements and activity ranges of green turtles (*Chelonia mydas*) at a temperate foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Herpetological Conservation and Biology* 1: 81-86.
- Seminoff JA, Shanker K (2008) Marine turtles and IUCN Red Listing: A review of the process, the pitfalls, and novel assessment approaches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 356: 52-68.
- Seminoff JA, Resendiz A, Nichols WJ (2002a) Home range of green turtles *Chelonia mydas* at a

- coastal foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 242: 253-265.
- Seminoff JA, Resendiz A, Nichols WJ (2002b) Diet of east pacific green turtles (*Chelonia mydas*) in the central Gulf of California, Mexico. *Journal of Herpetology* 36: 447-453.
- Seminoff JA, Jones TT, Resendiz A, Nichols WJ, Chaloupka MY (2003) Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices describe population status. *Journal of the Marine Biological Association United Kingdom* 83: 1355-1362.
- Seminoff JA, Jones TT, Eguchi T, Jones DR, Dutton PH (2006a) Stable isotope discrimination ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) between soft tissues of the green sea turtle *Chelonia mydas* and its diet. *Marine Ecology Progress Series* 308: 271-278.
- Seminoff JA, Jones TT, Marshall GJ (2006b) Underwater behaviour of green turtles monitored with video-time-depth recorders: what's missing from dive profiles? *Marine Ecology Progress Series* 322: 269-280.
- Seminoff JA, Bjorndal KA, Bolten AB (2007) Stable carbon and nitrogen isotope discrimination and turnover in pond sliders *Trachemys scripta*: insights for trophic study of freshwater turtles. *Copeia* 2007: 534-542.
- Seminoff JA, Zárata P, Coyne M, Foley DG, Parker D, Lyon BN, Dutton PH (2008) Post-nesting migrations of Galápagos green turtles *Chelonia mydas* in relation to oceanographic conditions: integrating satellite telemetry with remotely sensed ocean data. *Endangered Species Research* 4: 57-72.
- Seminoff JA, Jones TT, Eguchi T, Hastings M, Jones DR (2009) Stable carbon and nitrogen isotope discrimination in soft tissues of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*): insights for trophic studies of marine turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 381: 33-41.
- Silva LM, de Oliveira MV, Monteiro DS, Estima SC (2007) Captura incidental de tartarugas marinhas na pesca artesanal no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adyacente, Rio Grande do Sul – Brasil. En: III Jornadas de Conservación e Investigación de Tortugas Marinas en el Atlántico Sur Occidental. Piriápolis, Uruguay. p. 61. Disponible on-line en: <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.

- Silva TF, Britto MB, Sartori LP (2011) Ingestão de material antropogênico por *Chelonia mydas* no litoral de Ubatuba, SP. En: V Jornada sobre Tartarugas Marinhas do Atlântico Sul Ocidental, Florianópolis, Brasil. pp. 58-61. Disponible on-line en: <http://www.tortugasaso.org>, consultado en julio de 2012.
- Small CJ (2005) Regional Fisheries Management Organizations: their duties and performance in reducing bycatch of albatrosses and other species. BirdLife International, Cambridge.
- Sorarrain DR (1998) Cambios estacionales en la biomasa de organismos gelatinosos en relación con otros zoopláncteres en la Bahía Samborombón. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.
- Spotila JR, O'Connor MP, Paladino FV (1997) Thermal biology. En: Lutz PL, Musick JA (eds.) The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Ratón. pp. 297-314.
- Spotila JR, Reina RD, Steyermark AC, Plotkin PT, Paladino FV (2000) Pacific leatherback turtles face extinction. *Nature* 405: 529-530.
- Tamini LL, Chiaramonte GE, Perez JE, Cappozzo HL (2006) Batoids in a coastal trawl fishery of Argentina. *Fisheries Research* 77: 326-332.
- The BUGS Project, WinBUGS. <http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs/winbugs/contents.shtml>, consultado en julio de 2012.
- Tieszen LL, Boutton TW, Tesdahl KG, Slade NA (1983) Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for ^{13}C analysis of diet. *Oecologia* 57: 32-37.
- Tiwari M (2002) An evaluation of the perceived effectiveness of international instruments for sea turtle conservation. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 145-156.
- Torezani E, Baptistotte C, Mendes SL, Barata PCR (2010) Juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) in the effluent discharge channel of a steel plant, Espírito Santo, Brazil, 2000–2006. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90: 233-246.
- Tourinho PS, Ivar do Sul JA, Fillmann G (2010) Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin* 60: 396-401.
- Trigo CC (2004) Análise de marcas de crescimento osseo e estimativas de idade para *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no litoral do Rio Grande do sul. Tesis de Maestria, Universidad Federal de Rio

Grande do sul. Porto Alegre, Brasil. Disponible on-line en: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/7690>, consultado en julio de 2012.

- Troëng S, Rankin E (2005) Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle *Chelonia mydas* nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. *Biological Conservation* 121: 111-116.
- Turchin P (1991) Translating foraging movements in heterogeneous environments into the spatial distribution of foragers. *Ecology* 72: 1253-1266.
- UICN (2011) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <http://www.iucnredlist.org>, consultado en julio de 2012.
- Upadhyay S, Upadhyay V (2002) International and national instruments and marine turtle conservation in India. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 65-86.
- Vera V, Buitrago J (2012) Actividad reproductiva de *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) en Isla de Aves, Venezuela (2001-2008). *Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology and Conservation)* 60: 745-758.
- Wallace BP, Heppell SS, Lewison RL, Kelez S, Crowder LB (2008) Impacts of fisheries bycatch on loggerhead turtles worldwide inferred from reproductive value analyses. *Journal of Applied Ecology* 45: 1076-1085.
- Wallace BP, Avens L, Braun-McNeill J, McClellan CM (2009) The diet composition of immature loggerheads: insights on trophic niche, growth rates, and fisheries interactions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 373: 50-57.
- Wallace BP, DiMatteo AD, Hurley BJ, Finkbeiner EM, Bolten AB, Chaloupka MY, Hutchinson BJ, Abreu Grobois FA, Amorochó D, Bjørndal KA, Bourjea J, Bowen BW, Dueñas RB, Casale P, Choudhury BC, Costa A, Dutton PH, Fallabrino A, Girard A, Girondot M, Godfrey MH, Hamann M, López Mendilaharsu M, Marcovaldi MA, Mortimer JA, Musick JA, Nel R, Pilcher NJ, Seminoff JA, Troëng S, Witherington B, Mast RB (2010a) Regional management units for marine turtles: a novel framework for prioritizing conservation and research across multiple scales. *PloS One* 5: e15465.
- Wallace BP, Lewison RL, McDonald SL, McDonald RK, Kot CY, Kelez S, Bjorkland RK, Finkbeiner EM, Helmbrecht SR, Crowder LB (2010b) Global patterns of marine turtle bycatch. *Conservation Letters* 3: 369-381.

- Wallace BP, DiMatteo AD, Bolten AB, Chaloupka MY, Hutchinson BJ, Abreu Grobois FA, Mortimer JA, Seminoff JA, Amorocho D, Bjorndal KA, Bourjea Jrm, Bowen BW, Dueñas RB, Casale P, Choudhury BC, Costa A, Dutton PH, Fallabrino A, Finkbeiner EM, Girard A, Girondot M, Hamann M, Hurley BJ, López Mendilaharsu M, Marcovaldi MA, Musick JA, Nel R, Pilcher NJ, Tröeng S, Witherington B, Mast RB (2011) Global conservation priorities for marine turtles. *PloS One* 6: e24510.
- Watson KP, Granger RA (1998) Hydrodynamic effect of a satellite transmitter on a juvenile green turtle (*Chelonia mydas*). *The Journal of Experimental Biology* 201: 2497-2505.
- Werner EE, Gilliam JF (1984) The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 393-425.
- Wilson RP, McMahon CR (2006) Measuring devices on wild animals: what constitutes acceptable practice? *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 147-154.
- Witham R (1980) The "lost year" question in young sea turtles. *American Zoologist* 20: 525-530.
- Witherington BW (2002) Ecology of neonate loggerhead turtles inhabiting lines of downwelling near a Gulf Stream front. *Marine Biology* 140: 843-853.
- Witt MJ, Bonguno EA, Broderick AC, Coyne MS, Formia A, Gibudi A, Mounguengui GAM, Moussounda C, NSafou M, Nougessono S, Parnell RJ, Sounguet G-P, Verhage S, Godley BJ (2011) Tracking leatherback turtles from the world's largest rookery: assessing threats across the South Atlantic. *Proceedings of the Royal Society B* 278: 2338-2347.
- Witzell WN (2002) Immature atlantic loggerhead turtles (*Caretta caretta*): suggested changes to the life history model. *Herpetological Review* 33: 266-269.
- Wold C (2002) The status of sea turtles under international environmental law and international environmental agreements. *Journal of International Wildlife Law and Policy* 5: 11-48.
- Worton BJ (1989) Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- Wyneken J (2001) The anatomy of sea turtles. US Department of Commerce NOAA- Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470.
- Wyneken J, Salmon M (1992) Frenzy and post-frenzy swimming activity in loggerhead, green and

leatherback hatchling sea turtles. *Copeia* 2: 478-484.

Zar JH (1996) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

APÉNDICE ESTADÍSTICO

USO DE HÁBITAT

Modelo Lineal Generalizado para profundidad y distancia a la costa

Para ambas variables, el nivel de α fue del 5%. Se procedió a eliminar los valores *outliers* según la corrección de Bonferroni (Morrison, 1990).

I. VARIABLE: Z, profundidad (m). La variable fue transformada con $X = \log(-Z)$.

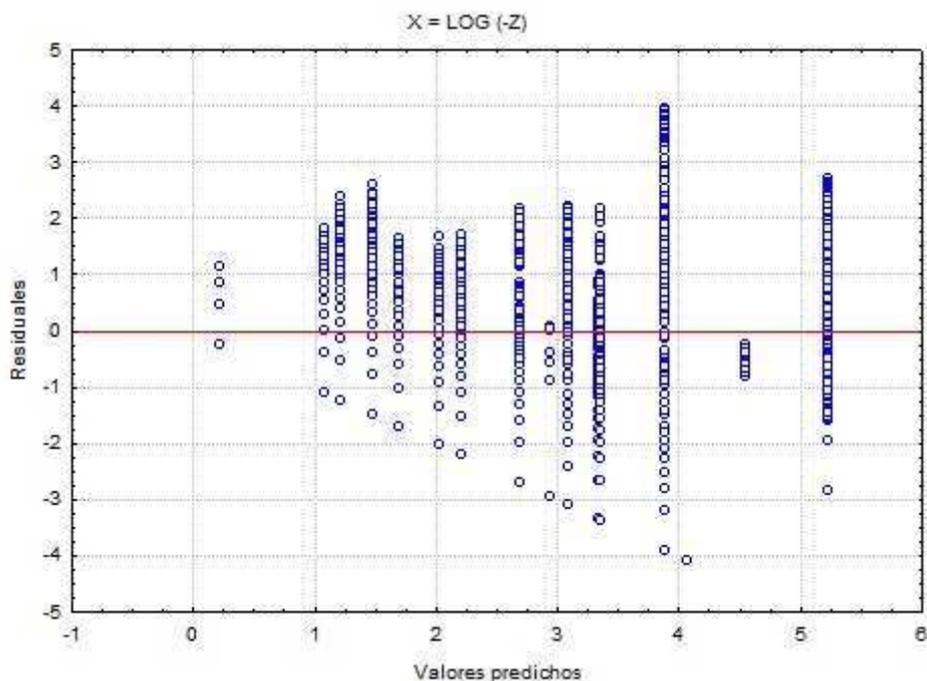
Modelo:

$$Z_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ij} \text{ con } 1 < i < 2; 1 < j < 9$$

donde μ es una constante, α_i es el efecto de la ESTACIÓN (factor fijo con 2 niveles: verano/otoño e invierno/primavera), β_j es el efecto del INDIVIDUO (factor aleatorio con 9 niveles: tortugas A-I) y ξ_{ij} es el error.

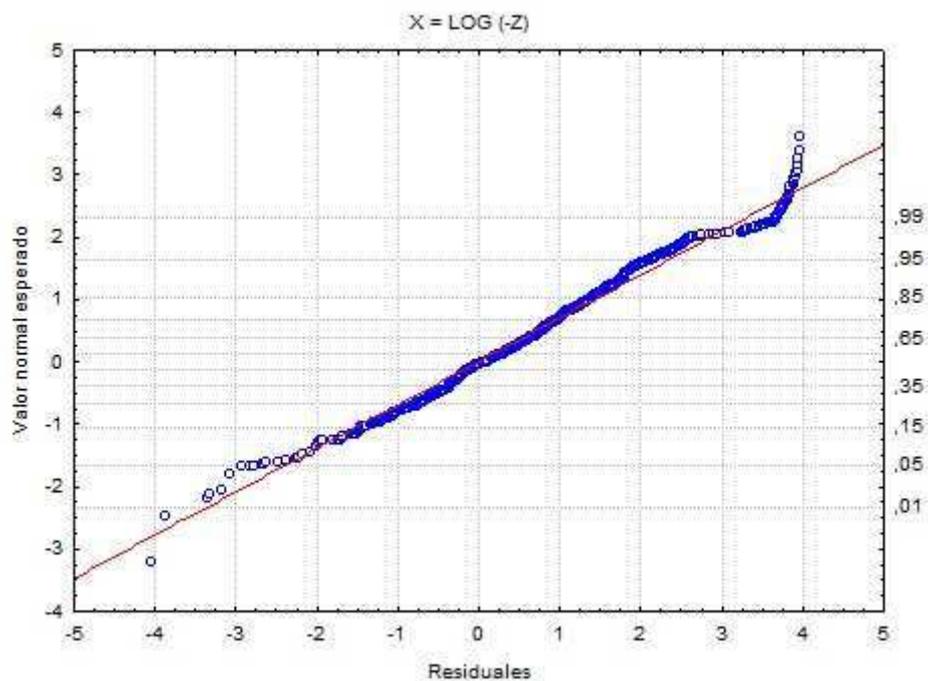
Supuestos:

Homocedacia:



Existe cierta heterogeneidad de varianzas, aún luego de la transformación de la variable. Los puntos que forman una diagonal en la parte inferior del gráfico son los ceros de la variable.

Normalidad:



A excepción de algunas desviaciones en los valores extremos de la variable- que persisten aún luego de aplicada la corrección de Bonferroni- los valores de la variable ajustan a una distribución normal.

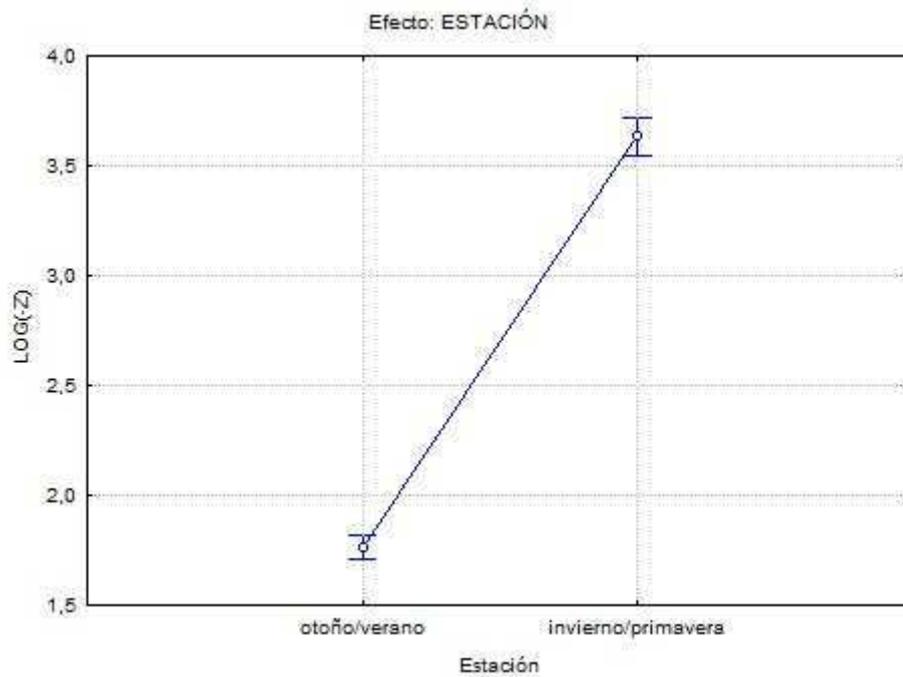
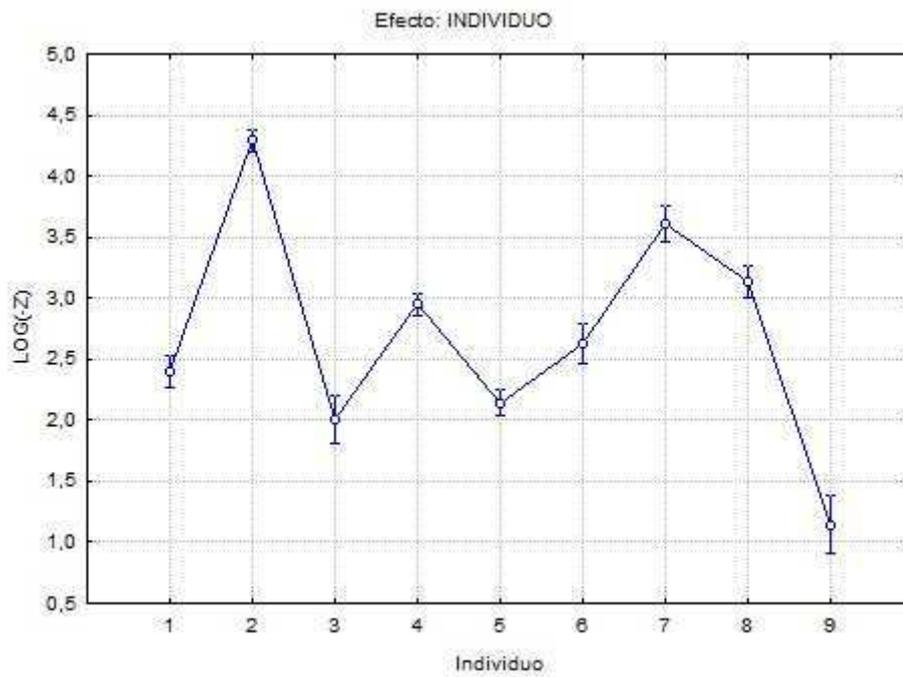
Tabla de ANOVA:

$$H_0: \alpha_i = 0$$

$$H_0: \beta_j = 0$$

Efecto	SC	GL	CM	F	p
Individuo	3198,24	8	399	197,1	0,00
Estación	2820,55	1	2820	1390,5	0,00
Error	9598,55	4732	2		

Existen diferencias significativas en la profundidad de los hábitats ocupados por las tortugas entre estaciones del año y entre individuos.



Ajuste del modelo:

$R^2 = 0,47$, el modelo explica el 47% de la variación observada en los datos.

2. VARIABLE: D, distancia a la costa (km). La variable fue transformada con $X = \log(D)$.

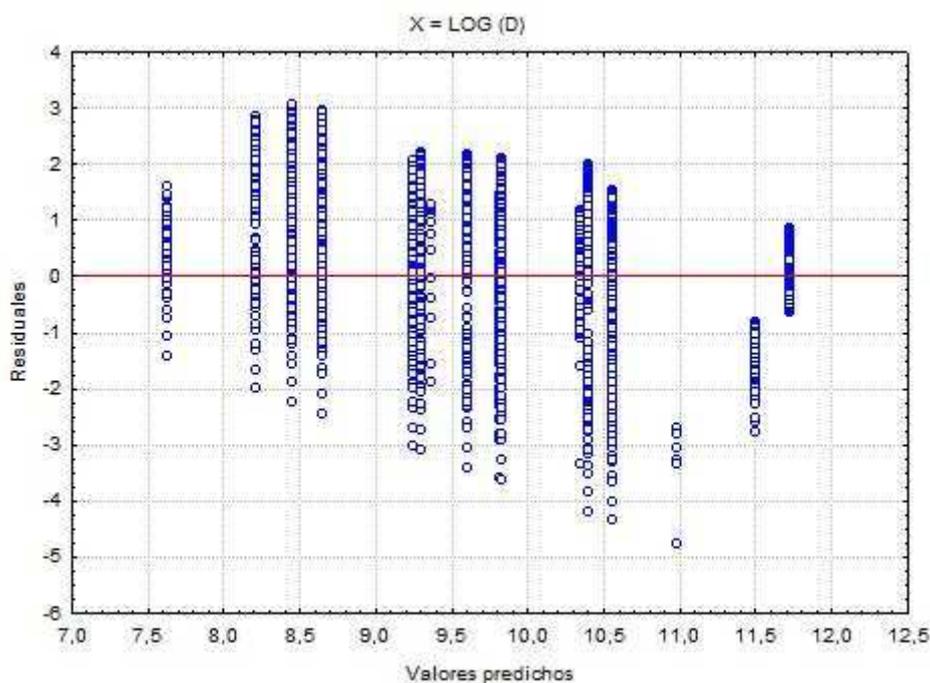
Modelo:

$$D_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ij} \text{ con } 1 < i < 2; 1 < j < 9.$$

donde μ es una constante, α_i es el efecto de la ESTACIÓN (factor fijo con 2 niveles: verano/otoño e invierno/primavera), β_j es el efecto del INDIVIDUO (factor aleatorio con 9 niveles: tortugas A-I) y ξ_{ij} es el error.

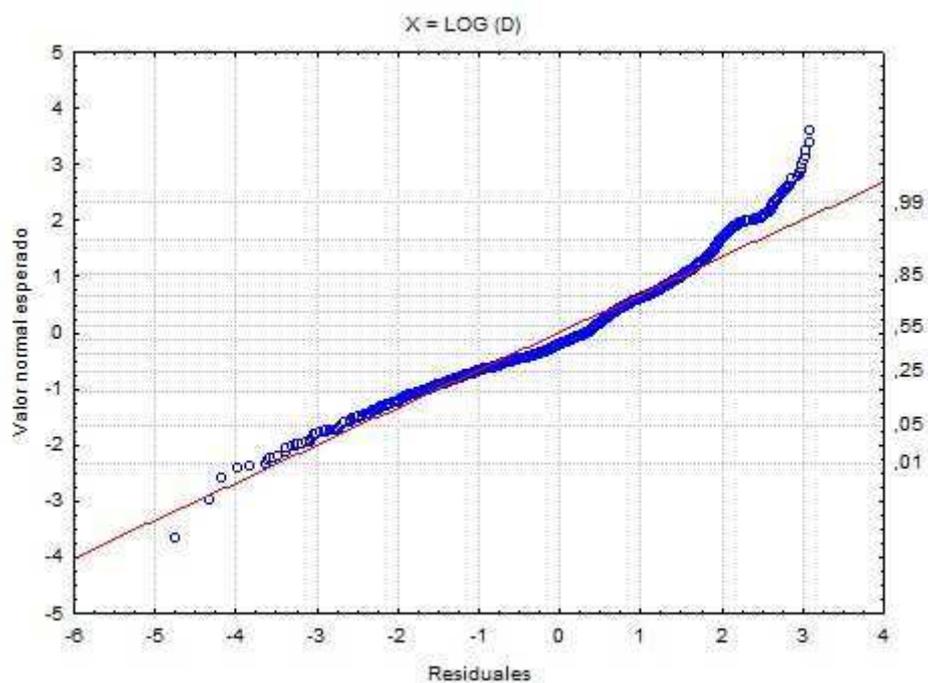
Supuestos:

Homocedacia:



Existe cierta heterogeneidad de varianzas, aún luego de la transformación de la variable. Los puntos que forman una diagonal en la parte inferior del gráfico son los ceros de la variable.

Normalidad:

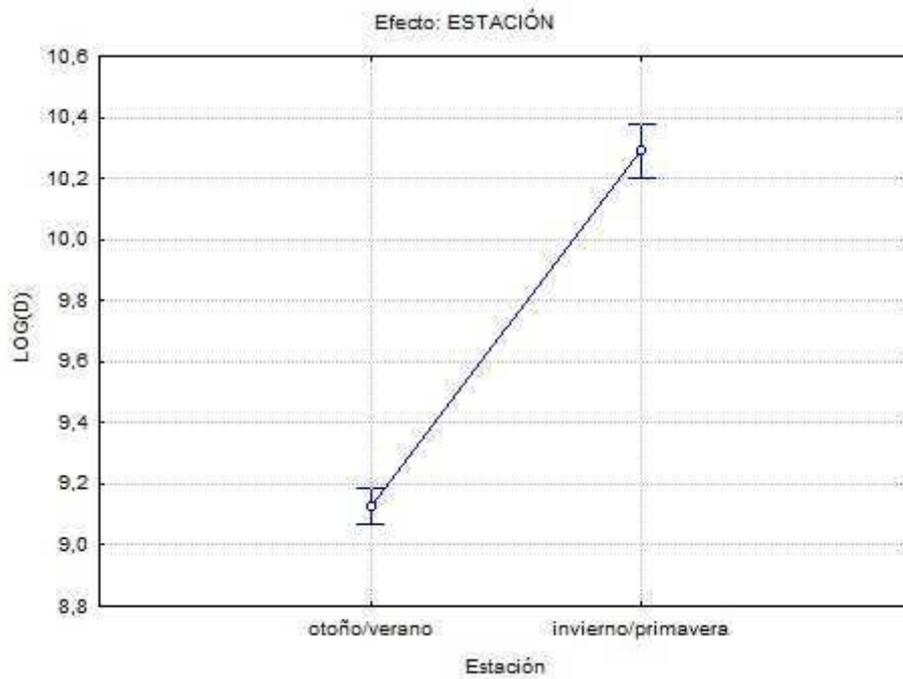
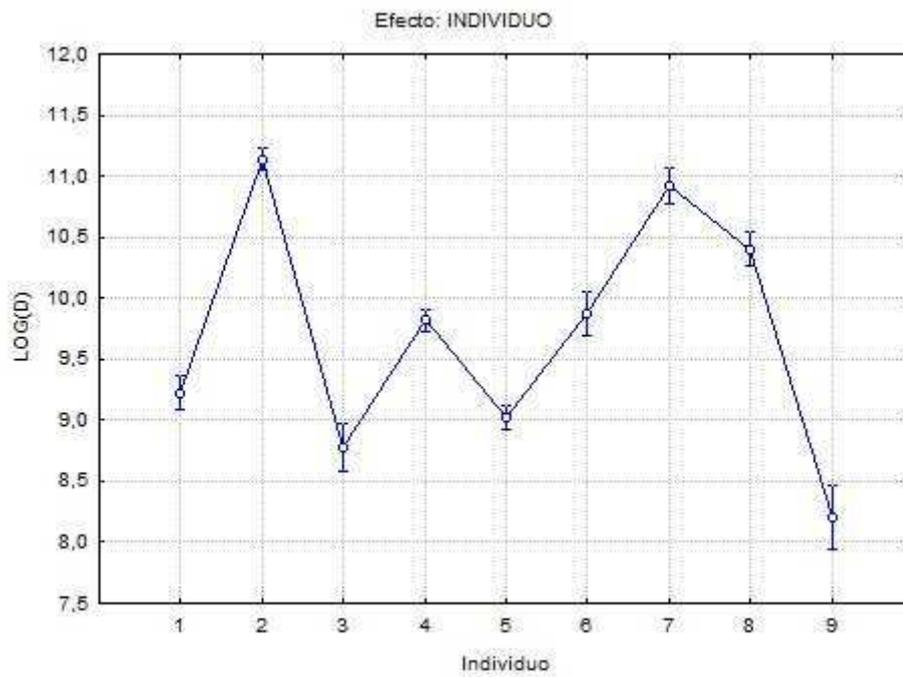


A excepción de algunas desviaciones en los valores extremos de la variable- que persisten aún luego de aplicada la corrección de Bonferroni- los valores de la variable ajustan a una distribución normal.

Tabla de ANOVA:

Efecto	SC	GL	CM	F	p
Individuo	3489,3	8	436,2	202,3	0,00
Estación	1105,6	1	1105,6	512,7	0,00
Error	10167,2	4715	2,2		

Existen diferencias significativas en la distancia a la costa de los hábitats ocupados por las tortugas entre estaciones del año y entre individuos.



Ajuste del modelo:

$R^2 = 0,35$, el modelo explica el 35% de la variación observada en los datos.

ECOLOGÍA TRÓFICA

Modelo Lineal Generalizado para la composición isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de los distintos tejidos

Para ambas variables el nivel de α fue del 5%.

1. VARIABLE: composición isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$). La variable fue transformada con

$$X = \log(-\delta^{13}\text{C}).$$

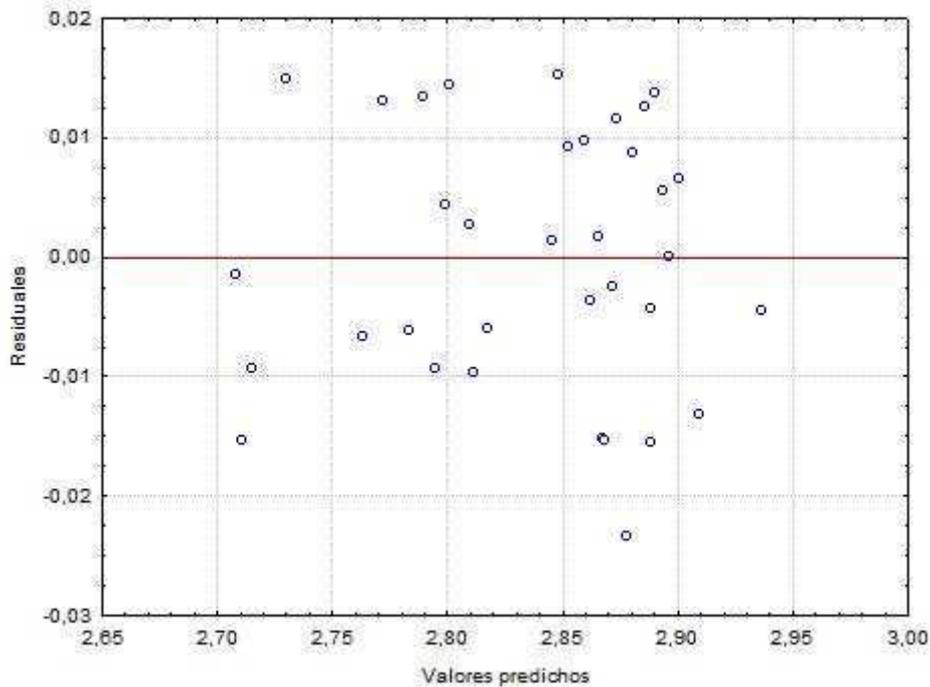
Modelo:

$$\delta^{13}\text{C}_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ij} \quad \text{con } 1 \leq i \leq 4; 1 \leq j \leq 14.$$

donde μ es una constante, α_i es el efecto del TEJIDO (factor fijo con 4 niveles: epidermis, plasma, glóbulos rojos y músculo), β_j es el efecto del INDIVIDUO (factor aleatorio con 14 niveles) y ξ_{ij} es el error.

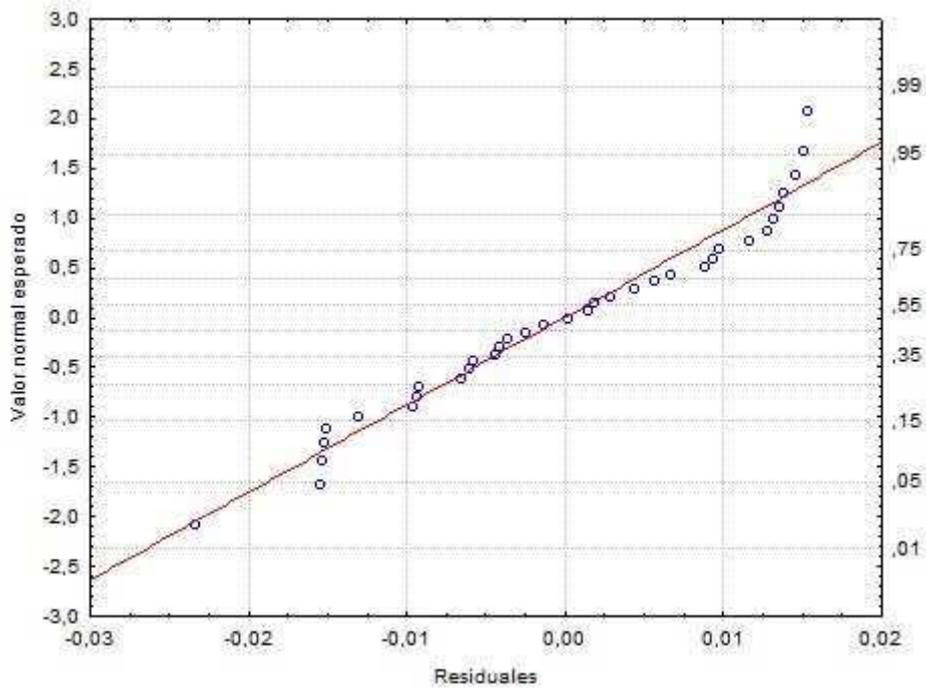
Supuestos:

Homocedacia:



Hay homogeneidad de varianzas.

Normalidad:



Los valores de la variable ajustan a una distribución normal.

Tabla de ANOVA:

$H_0: \alpha_i = 0$

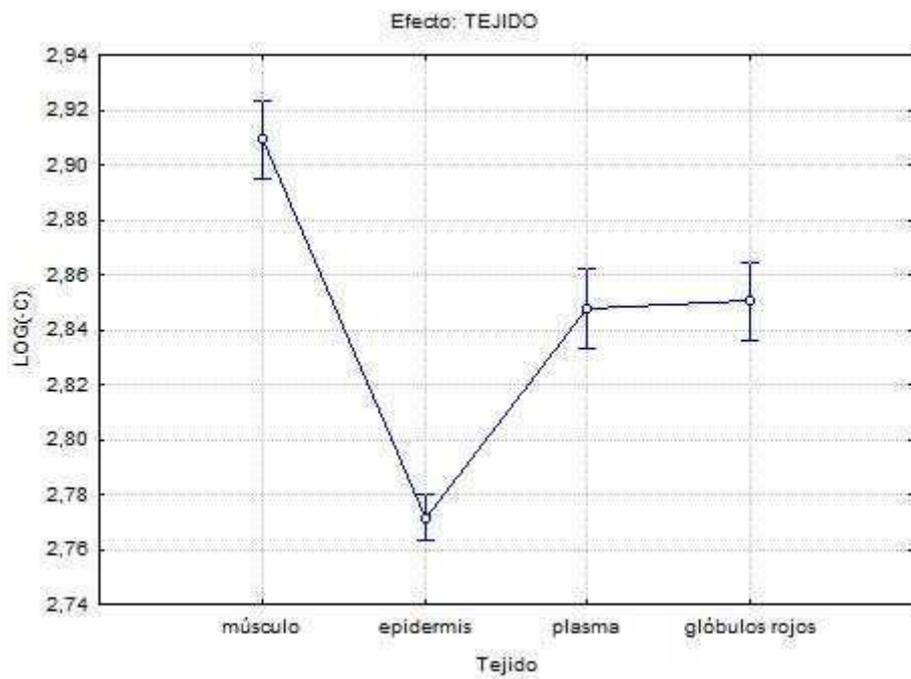
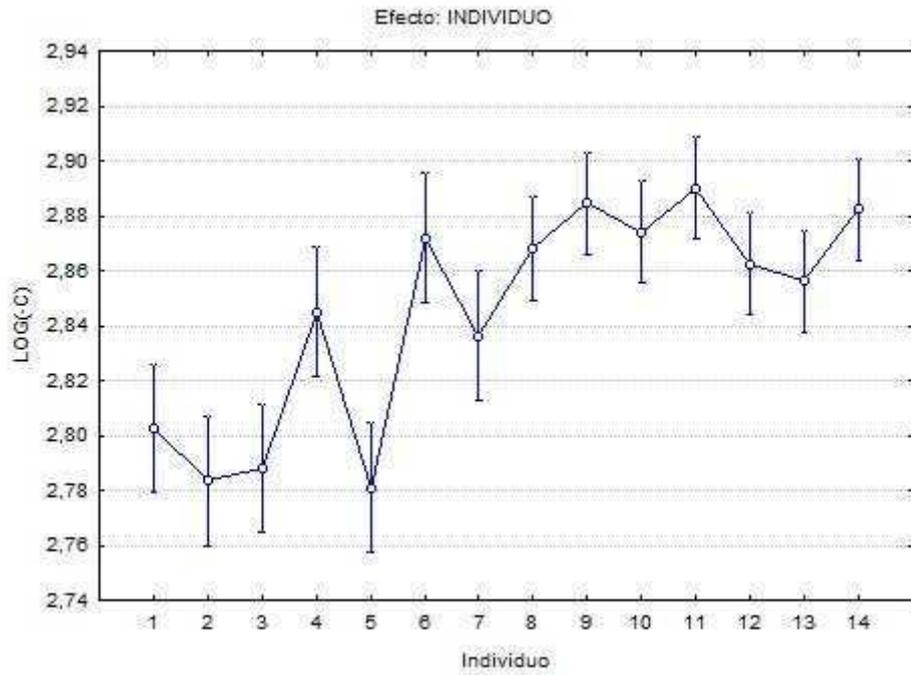
$H_0: \beta_j = 0$

Efecto	SC	GL	CM	F	p
Individuo	0,030	13	0,002	10,5	0,00
Tejido	0,095	3	0,032	142,7	0,00
Error	0,004	18	0,001		

Comparación Unequal Test (Zar, 1996):

	Músculo	Epidermis	Plasma	Glóbulos rojos
Músculo				
Epidermis	0,000			
Plasma	0,986	0,000		
Glóbulos rojos	0,999	0,000	0,990	

Existen diferencias significativas en la composición isotópica de C entre individuos y entre tejidos. La epidermis mostró una señal de ^{13}C significativamente distinta a la del músculo, plasma y glóbulos rojos.



Ajuste del modelo:

$R^2 = 0,97$, el modelo explica el 97% de la variación observada en los datos.

2. VARIABLE: composición isotópica de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$). La variable fue transformada con

$$X = \log(\delta^{15}\text{N}).$$

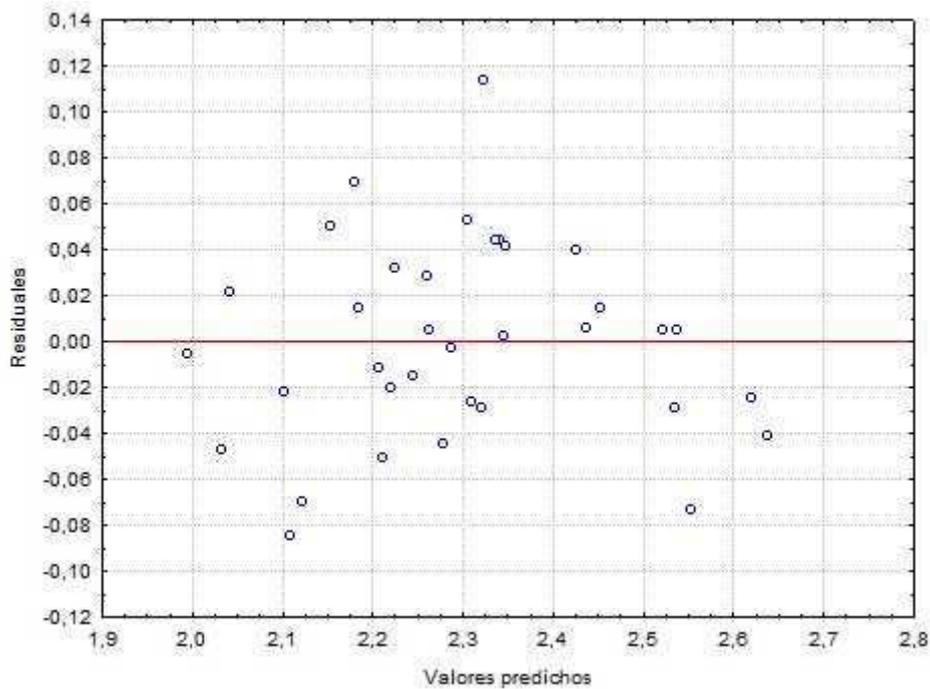
Modelo:

$$\delta^{15}\text{N}_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ij} \text{ con } i < 4; j < 14.$$

donde μ es una constante, α_i es el efecto del TEJIDO (factor fijo con 4 niveles: epidermis, glóbulos rojos, plasma y músculo), β_j es el efecto del INDIVIDUO (factor aleatorio con 14 niveles) y ξ_{ij} es el error.

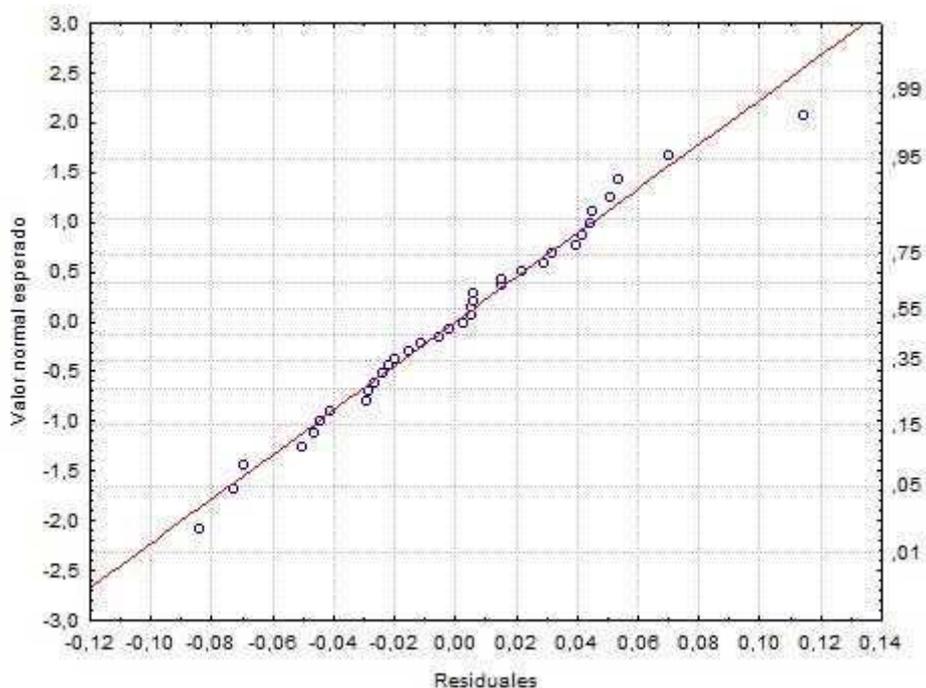
Supuestos:

Homocedacia:



Hay homogeneidad de varianzas.

Normalidad:



Los valores de la variable ajustan a una distribución normal.

Tabla de ANOVA:

$H_0: \alpha_i = 0$

$H_0: \beta_j = 0$

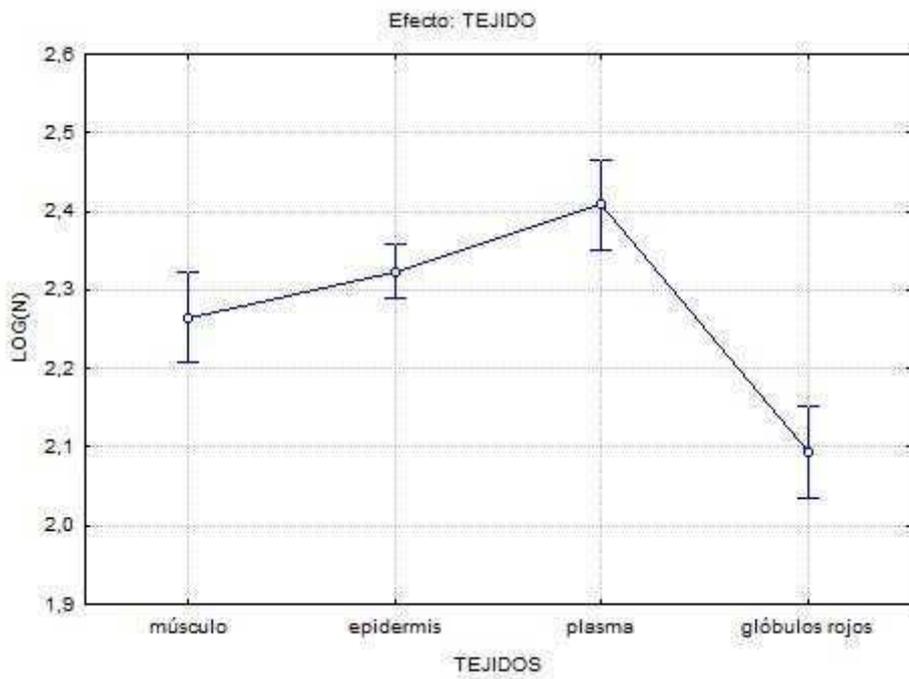
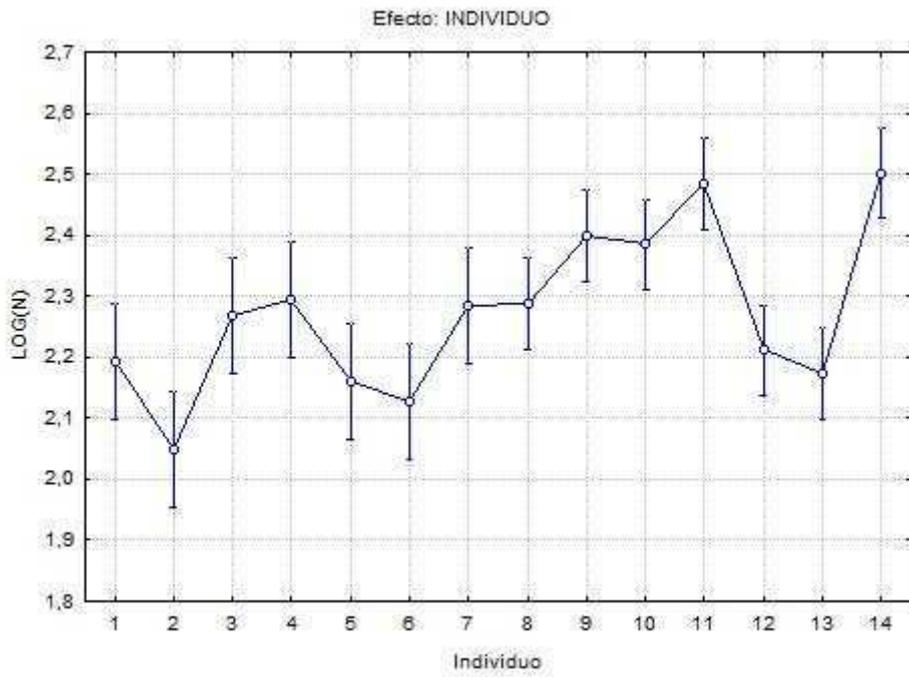
Efecto	SC	GL	CM	F	p
Individuo	0,479	13	0,037	10,462	0,00
Tejido	0,385	3	0,128	36,437	0,00
Error	0,063	18	0,004		

Comparación Unequal Test (Zar, 1996):

	Músculo	Epidermis	Plasma	Glóbulos rojos
Músculo				
Epidermis	0,007			
Plasma	0,002	0,000		
Glóbulos rojos	0,927	0,000	0,000	

Existen diferencias significativas en la composición isotópica de N entre individuos y entre tejidos. La epidermis mostró una señal de ^{15}N significativamente distinta a la del músculo, plasma y

glóbulos rojos. A su vez el plasma mostró una señal de ^{15}N significativamente distinta a la del músculo y glóbulos rojos.

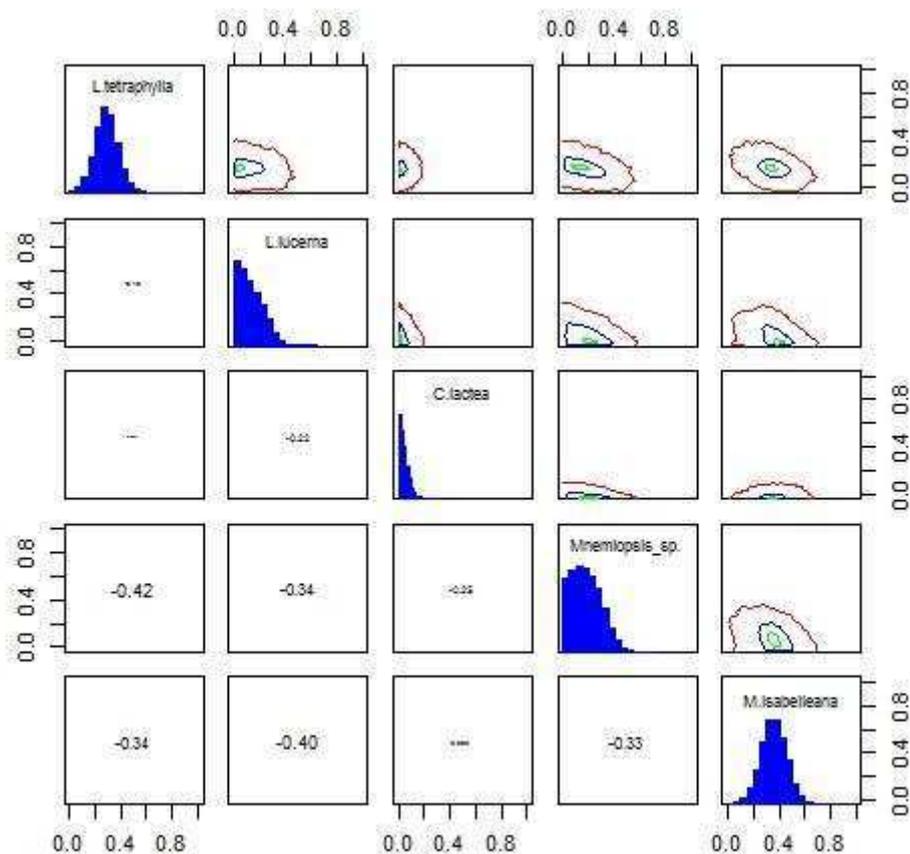


Ajuste del modelo:

$R^2 = 0,84$, el modelo explica el 84% de la variación observada en los datos.

Análisis de la composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para el plasma sanguíneo

El gráfico a continuación muestra la matriz de diagnóstico provista por el software Stable Isotope Analysis in R (SIAR). La misma contiene correlaciones entre las distribuciones *a posteriori* (en azul) generadas simulando valores de las proporciones entre pares de componentes de la dieta durante el proceso de Cadena de Markov Monte Carlo. El triángulo superior de la matriz muestra los gráficos de contorno de las correlaciones y el triángulo inferior el valor de esas correlaciones (Inger et al., 2010). Los valores de los ejes indican los valores de las proporciones.



Es un gráfico de diagnóstico útil ya que permite evaluar el ajuste del modelo a los datos. El modelo muestra un buen ajuste si existen correlaciones bajas entre pares de componentes. Por el contrario, puede suceder que se observen correlaciones altas indicando que el modelo está tratando de diferenciar entre ambos componentes de la dieta. Cuando estas correlaciones altas son negativas, uno u otro componente contribuyen a la dieta, pero no los dos. Si en cambio las correlaciones son positivas entonces que un componente forme parte de la dieta implica necesariamente que el otro también sea parte (Inger et al., 2010).

En el caso de la composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para el plasma sanguíneo, las correlaciones fueron bajas, a excepción de la correlación entre *Maetra sp.* y *L. lucerna*, y *Mnemiopsis sp.* y *L. tetraphylla* que fueron relativamente altas. Esto indicaría que el modelo podría tener alguna dificultad diferenciando entre estas dos fuentes de alimento.