



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



AFINIDAD TRÓFICA A ZONAS DE
ALIMENTACIÓN DE LA TORTUGA VERDE
(*Chelonia mydas*) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

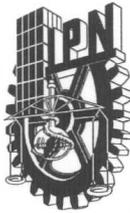
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ BARÓN

LA PAZ, B. C. S. JUNIO DE 2010



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 26 del mes de Mayo del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

“AFINIDAD TRÓFICA A ZONAS DE ALIMENTACIÓN DE LA TORTUGA VERDE
(Chelonia mydas) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”

Presentada por el alumno:

RODRÍGUEZ
Apellido paterno

BARÓN
materno

JUAN MANUEL
nombre(s)

Con registro:

A	0	8	0	2	0	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. GUSTAVO HERNÁNDEZ CARMONA
Director de Tesis

DR. RAFAEL RÍOSMENA RODRÍGUEZ
Director de Tesis

DR. SERGIO AGUÍNIGA GARCÍA

DR. VÍCTOR MANUEL GÓMEZ MUÑOZ

DR. JESÚS IVÁN MURILLO ÁLVAREZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 26 del mes Mayo del año 2010, el (la) que suscribe BIOL. JUAN MANUEL RODRÍGUEZ BARÓN alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A080204 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. GUSTAVO HERNÁNDEZ CARMONA y DR. RAFAEL RIOSMENA RODRÍGUEZ y ceden los derechos del trabajo titulado: "AFINIDAD TRÓFICA A ZONAS DE ALIMENTACIÓN DE LA TORTUGA VERDE (Chelonia mydas) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: gcarmona2007@gmail.com - riosmena@uabcs.mx - juanmaroba@yahoo.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Juan Manuel Rodríguez B
BIOL. JUAN MANUEL RODRÍGUEZ BARÓN

nombre y firma

La alegría hace posible mezclar de manera inusual el conocimiento y la simétrica confianza en sí mismos que nos otorga el amor...

Si me permito comparar un sistema numérico con el devenir de la vida... y si un buen comienzo nos trae los mejores frutos de manera retroactiva,

Debo mencionar que mi inicio fue compartido, amalgama en relación uno a uno con una mujer cuyo ejemplo ha sido definitivo en mi crecimiento personal.

Quiero dedicar este trabajo a Luisa Fernanda Rodríguez Barón como muestra de admiración a su tesón y gratitud por su confianza y amistad.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas cuya visión investigativa me dio la oportunidad de formarme integralmente como investigador y desarrollar un trabajo de vanguardia en el ámbito latinoamericano.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores del IPN (PIFI) por el apoyo económico otorgado durante el desarrollo de esta investigación.

A mis directores, los doctores Rafael Riosmena Rodríguez y Gustavo Hernández Carmona por su confianza y enseñanzas a lo largo de este trabajo.

A los demás miembros de la comisión revisora: doctores Víctor Gómez Muñoz, Sergio Aguíñiga García e Iván Murillo Álvarez por sus pertinentes comentarios y correcciones del manuscrito de esta tesis.

Muy especialmente al Dr. Jeffrey A. Seminoff (NOAA) quien me recibió en su laboratorio e introdujo en el mundo de la ecología de los isótopos estables.

Agradezco a Erin LaCasella quien colaboró desde los Estados Unidos en los trámites de permisos Cites y aduanales para la salida de las muestras de *Chelonia mydas* de México.

A Garret Lemons, técnico del Laboratorio de Isótopos Estables de NOAA por su constante apoyo con todo lo relacionado al procesamiento y pesaje de las muestras.

Lucía Santos, amiga tortuguera. Gracias por ser guía en la interpretación de los análisis isotópicos y la cultura mexicana.

A mis compañeros del Laboratorio de Botánica Marina de la UABCS, especialmente a Cynthia Valdez y Jazmín Hernández por su apoyo en la identificación de macroalgas marinas, y a Javier Carrión, Mario Vergara y Jorge López por su invaluable ayuda en salidas de campo y trabajo de laboratorio.

Al Grupo Tortuguero de las Californias (GTC) por permitirme participar en sus salidas de campo y socializar mis resultados preliminares en las reuniones anuales: especialmente a Aarón Esliman, Jesús Lucero y David Maldonado.

A las comunidades adscritas al GTC en las zonas de estudio, Bahía Magdalena: Escuela de Estudios de Campo, Dr. Gustavo Hinojosa, “Poncho”, Felipe y “Chilaco”; Laguna San Ignacio: Ranulfo Mayoral; Punta Abreojos: Javier Villavicencio y equipo; y Laguna Ojo de Liebre: Biol. Héctor Toledo, Ramiro, Joaquín, “Nan” y Javier. Sin su abnegado trabajo no habría sido posible recolectar los datos y conocer un poco más sobre la ecología de las tortugas verdes en la región.

A mi familia: padres, hermanos y sobrino quienes en la distancia con sus palabras de aliento y buenos deseos siempre fueron mi inspiración.

Gracias amigos, a toda “la palomilla” por su amistad y buena energía: Cristina, Samuel, Javier, Quentin, Fabiola, Antonio, Bia e Itziar.

A mis compañeras de viaje, de vida, gracias Caro y Teo, sin ustedes no habría aprendido el sentido del amor verdadero.

Y por supuesto, GRACIAS al océano por inundar mi existencia de esperanza y libertad.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	1
GLOSARIO	8
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. ANTECEDENTES	18
2.1. CONTENIDOS ESTOMACALES	18
2.2. ISÓTOPOS ESTABLES	20
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. OBJETIVOS	21
4.1. GENERAL	21
4.2. PARTICULARES.....	21
5. HIPÓTESIS	22
6. MATERIAL Y MÉTODOS	22
6.1. ZONAS DE ESTUDIO	22
6.2. RECOLECTA DE MUESTRAS Y PREPARACIÓN EN CAMPO	26
6.2.1. <i>Recolecta de presas potenciales.</i>	26
6.2.2. <i>Recolecta de muestras de tortugas</i>	26
6.3. IDENTIFICACIÓN, PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS	28
6.3.1. <i>Identificación de presas potenciales</i>	28
6.3.2. <i>Análisis de los lavados esofágicos</i>	28
6.3.3. <i>Preparación de las muestras para el análisis de isótopos estables</i>	31
6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y ASIGNACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA DIETA	33
6.4.1. <i>Índice de Condición Corporal (ICC):</i>	33
6.4.2. <i>Isótopos estables</i>	33
7. RESULTADOS	36
7.1. LAVADOS ESOFÁGICOS	37
7.2. ANÁLISIS ISOTÓPICOS	48

7.2.1. Señales isotópicas de las presas potenciales y tortugas verdes: Reconstrucción de la dieta.....	48
7.2.2. Comparación temporal en Bahía Magdalena.....	60
7.2.3. Cuantificación de la dieta: aproximación a partir de un modelo de mezcla.....	60
8. DISCUSIÓN	62
8.1. DIVERSIDAD Y AMPLITUD TRÓFICA.....	62
8.2. SEÑALES ISOTÓPICAS DE LAS PRESAS POTENCIALES	67
8.2.1. Variación estacional en Bahía Magdalena.....	72
8.2.2. PATRONES DE VARIACIÓN ISOTÓPICA Y RECONSTRUCCIÓN DE LA DIETA.....	72
9. CONCLUSIONES	76
10. REFERENCIAS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Localización geográfica de las zonas de alimentación de la tortuga verde en la costa occidental de Baja California Sur consideradas en este estudio. **21**
- Figura 2.** Procedimientos para la toma de datos morfométricos, pesaje y marcaje de las tortugas utilizados en el presente estudio. **26**
- Figura 3.** Vista superficial de la grilla usada para el conteo de los componentes dietarios. **28**
- Figura 4.** Aparato de Soxhlet usado para la extracción de lípidos de las muestras de presas potenciales y piel de *Chelonia mydas*. **30**
- Figura 5.** Estructura de tallas por zona de las tortugas verdes muestreadas en el presente estudio. **36**
- Figura 6.** Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en BMG (n=23). 1. *G. vermiculophylla*, 2. *C. affine*, 3. *H. johnstonii*, 4. *G. textorii*, 5. *R. maritima*. **40**
- Figura 7.** Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos y contenidos estomacales de las tortugas en LSI (n=14). 1. *Z. marina*, 2. *G. textorii*, 3. Materia animal, 4. *R. maritima*, 5. *C. amplivesiculatum*, 6. Sustrato calcáreo. **41**
- Figura 8.** Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en PAO (n=15). 1. *R. maritima*, 2. *G. vermiculophylla*, 3. *U. lactuca*, 4. Materia animal, 5. *H. johnstonii*, 6. Sustrato calcáreo. **42**
- Figura 9.** Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en LOL (n=21). 1. Materia animal, 2. *Z. marina*, 3. *G. textorii*, 4. *C. microcladioides*, 5. *C. amplivesiculatum*. **43**
- Figura 10.** Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los contenidos esofágicos y

estomacales de las tortugas verdes en BMG: círculo, LSI: asterisco, PAO: triángulo y LOL: rombo. **44**

Figura 11. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en Estero San Buto, BMG (n=13). 1. *G. vermiculophylla*, 2. *H. johnstonii*, 3. *G. textorii*, 4. *R. maritima* 5. *C. californica*. **45**

Figura 12. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en Estero Banderitas, BMG (n=13). 1. *G. vermiculophylla*, 2. *C. affine*, 3. *R. mangle*. **45**

Figura 13. Volumen de los componentes dietarios para cada una de las zonas de estudio. a) BMG b) LSI c) PAO d) LOL encontrados en los lavados esofágicos y contenidos estomacales de *Chelonia mydas*. **46**

Figura 14. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en BMG. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, FAN: fanerógamas y CHM: *C. mydas*. **52**

Figura 15. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en BMG. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, FAN: fanerógamas y CHM: *C. mydas*. **53**

Figura 16. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en BMG. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, FAN: fanerógamas y CHM: *C. mydas*. **53**

Figura 17. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LSI. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*. **54**

Figura 18. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LSI. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*. **54**

Figura 19. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LSI. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*. **55**

Figura 20. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LOL. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*. **55**

Figura 21. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LOL. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*. **56**

Figura 22. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LOL. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*. **56**

Figura 23. Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en piel de *C. mydas* con el factor de discriminación propuesto por Seminoff *et al.* (2006). **57**

Figura 24. Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ en piel de *C. mydas* con el factor de discriminación propuesto por Seminoff *et al.* (2006). **57**

Figura 25. Valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ en piel de *C. mydas* con el factor de discriminación propuesto por Seminoff *et al.* (2006). **58**

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Zonas de estudio y fechas de salidas de campo contempladas en el presente estudio. **35**
- Tabla 2.** Índice de Condición Corporal (ICC) para las cuatro zonas de estudio. EE: error estándar, N: número de individuos muestreados por zona. **36**
- Tabla 3.** Lista de componentes dietarios por zona hallados en los contenidos esofágicos y estomacales. **38**
- Tabla 4.** Lista de valores obtenidos por el Índice Resultante Ponderado (R_w) para cada una de las zonas de estudio. **39**
- Tabla 5.** Lista de presas potenciales recolectadas en las cuatro zonas de estudio para análisis isotópicos. **48**
- Tabla 6.** Valores isotópicos promedio y Error Estándar de $\delta^{13}\text{C}$ para los grupos funcionales de presas potenciales y piel de *C. mydas* con el factor de corrección propuesto por Seminoff *et al.* (2006). **49**
- Tabla 7.** Valores isotópicos promedio y Error Estándar de $\delta^{15}\text{N}$ para los grupos funcionales de presas potenciales y piel de *C. mydas* con el factor de corrección propuesto por Seminoff *et al.* (2006). **50**
- Tabla 8.** Valores isotópicos promedio y Error Estándar de $\delta^{34}\text{S}$ para los grupos funcionales de presas potenciales y piel de *C. mydas* en tres de las zonas de estudio. **51**
- Tabla 9.** Valores isotópicos promedio y error estándar para los tejidos de *C. mydas* en las cuatro zonas de alimentación. **58**

Tabla 10. Valores isotópicos (promedio y error estándar) para Rhodophyta, Chlorophyta y *C. mydas* en BMG. P/V: primavera/verano y O/I: otoño/invierno. **59**

Tabla 11. Resultados obtenidos por el modelo de mezcla IsoSource al integrar a sus corridas los valores isotópicos de *C. mydas* con respecto al de sus presas potenciales. **60**

GLOSARIO

δ (delta): Es la diferencia en partes por mil (‰) entre la razón absoluta (R) de la muestra de interés y un estándar internacional.

$\delta^{13}\text{C}$: Relación isotópica de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ expresada en partes por mil (‰) sobre un estándar (Pee Dee Belemnite).

$\delta^{15}\text{N}$: Relación isotópica de $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ expresada en partes por mil (‰) sobre un estándar (nitrógeno atmosférico).

$\delta^{34}\text{S}$: Relación isotópica de $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ expresada en partes por mil (‰) sobre un estándar (Vienna Cañon Diablo Troilite).

Dieta: Conjunto de componentes alimentarios que se ingieren formando hábitos o comportamientos nutricionales en los animales, los cuales forman parte de su estilo de vida.

Discriminación isotópica: La diferencia neta en la abundancia isotópica causada por una conducta variable de los isótopos de algún elemento, lo cual es determinado por los procesos biogeoquímicos debido a procesos termodinámicos y cinéticos relacionados con las diferencias en la masa nuclear.

Enriquecimiento isotópico: Diferencia entre la razón isotópica de un animal y su dieta.

Espectrómetro de masas de razones isotópicas: Instrumento analítico de gran precisión que se utiliza para medir la razón absoluta entre dos isótopos (R) y así, obtener la razón isotópica de una muestra relativa a un estándar (δ). La muestra se introduce como un gas, el cual es bombardeado con electrones para crear iones. Estos iones son acelerados a través de un tubo de vacío y expuestos a un campo magnético que causa que los iones de diferente masa sean desviados a trayectorias ligeramente diferentes. Los detectores (vasos de Faraday) están colocados en cada

trayectoria para capturar los iones de masa específica. El valor resultante es comparado con los valores (R) obtenidos en el gas estándar y posteriormente utilizado para calcular δ .

Espectro trófico: Lista de especies presa que conforma la dieta de una especie consumidora a lo largo de un periodo de tiempo.

Estrategias de alimentación: Conjunto de tácticas con la que un depredador selecciona distintos tipos de presas en el medio ambiente.

Fraccionamiento isotópico: El enriquecimiento o reducción de un isótopo estable causado por procesos naturales o artificiales.

Fraccionamiento trófico: Cambio en los valores isotópicos (δ) que se dan entre presas y depredador.

Fuentes de variabilidad isotópica: Factores que modifican o afectan los valores isotópicos. Pueden darse en el medio o en los tejidos de los organismos.

Fuentes primarias: Formas de carbono, nitrógeno y azufre inorgánico del medio que utilizan los productores primarios para llevar a cabo la fotosíntesis.

Isótopo: Átomos de un mismo elemento con igual número de protones pero diferente número de neutrones.

Isótopo estable: Isótopo que no demuestra ninguna tendencia a experimentar la descomposición radiactiva o espontánea. Cualquier isótopo natural no radiogénico de un elemento químico.

Isótopo ligero: Isótopo del mismo elemento que tiene un menor número de neutrones o masa atómica. Generalmente son más abundantes en los compuestos y la naturaleza.

Nicho ecológico: Posición estructural de un organismo dentro de un ecosistema, incluyendo su posición trófica, hábitat y su relación con el medio ambiente físico y biótico circundante.

Nivel trófico: Posición o categoría en la que se clasifica un determinado organismo dentro de la cadena trófica; dicha posición está dada de acuerdo a la manera en la cual obtiene su materia y energía.

Nutrientes: Se refiere a la importancia y comúnmente elementos medidos necesarios para el crecimiento de plantas, fósforo, nitrógeno y sílice. Algunos otros elementos son necesarios para la vida. H, C, O y S son importantes, y elementos como Fe, Cu, Co, Zn y B se emplean en trazas.

Macroalga: Organismo pluricelular constituido por células indiferenciadas de estructura generalmente talosa, viven fijos al litoral o a fondos rocosos y presentan una gran variedad de morfología y cuyos tamaños van desde unos cuantos centímetros hasta más de 60 cm de longitud. Se incluyen las divisiones Rhodophyta, Phaeophyta y Chlorophyta.

Marcas inconel: Son usadas típicamente para establecer el estatus poblacional de las tortugas marinas. Registradas por la *International Nickel Company*, están hechas de una aleación metálica y llevan a bajo relieve el nombre del proyecto al que pertenecen y un código único para cada unidad.

Omnívoro: Describe el comportamiento alimentario del depredador, estableciendo si se alimenta de uno o diferentes niveles tróficos.

Población.- Conjunto de individuos de una misma especie, que coexisten entre ellos e interaccionan con el medio ambiente en un mismo territorio.

Razón isotópica: Proporción del isótopo estable entre el ligero del mismo elemento, también se denomina **señal isotópica**.

Surgencias: Movimientos ascendentes mediante los cuales las aguas de los niveles subsuperficiales son llevadas hasta la superficie, desde profundidades generalmente menores a 100-200m y removidos desde el área de transporte por el flujo horizontal produciéndose así un aporte de nutrientes a las aguas superficiales empobrecidas por el consumo biológico.

Tasa de recambio isotópico: Periodo en el que las razones isotópicas de un tejido reflejan la señal o firma isotópica de una dieta en particular. Los tejidos con una tasa de recambio isotópica rápida reflejarán una dieta reciente mientras que aquellos tejidos con una tasa de recambio lenta (como la piel) reflejarán la dieta promedio representativa de un periodo mucho más extenso.

RESUMEN

Las lagunas costeras de la Península de Baja California son importantes áreas de alimentación y desarrollo para individuos inmaduros de la tortuga verde (*Chelonia mydas*). Durante 2008-2009 estudiamos tortugas inmaduras en cuatro áreas incluyendo Laguna Ojo de Liebre (LOL), Laguna San Ignacio (LSI), Punta Abreojos (PAO) y Bahía Magdalena (BMG). Nuestros objetivos fueron elucidar la consistencia entre los componentes de la dieta y la disponibilidad de los recursos en el medio y determinar el estatus trófico de la tortuga en la región. Usamos lavados esofágicos de 67 tortugas para recuperar los recursos recientemente consumidos y 6 contenidos estomacales de tortugas muertas en LSI. Fueron recolectadas muestras de piel de 54 de estas tortugas y analizadas sus señales isotópicas de carbono, nitrógeno y azufre. Los valores isotópicos de la piel fueron comparados con los de 84 presas potenciales y de este modo se determinaron sus relaciones tróficas. El intervalo del largo curvo de caparazón (LCC) de las tortugas fue de 40.3 a 95.1 cm (media= 59.1 ± 7.7 cm). Un total de 24 componentes dietarios fueron identificados en los lavados y contenidos estomacales. Los resultados del índice resultante ponderado (Rw) mostraron que las algas rojas *Gracilaria textorii*, *G. vermiculophylla*, los pastos marinos *Zostera marina* y *Ruppia maritima*, y la materia animal fueron los componentes más importantes ($V \geq 5\%$). Los valores isotópicos reflejaron la posición en la red trófica de los organismos tenidos en cuenta (como productores y consumidores) y en la mayoría de los casos ayudaron a identificar las relaciones tróficas en las lagunas. Los resultados de $\delta^{15}\text{N}$ indicaron que *C. mydas* tiene el mismo nivel trófico en las 4 zonas. Por su parte los valores de carbono y azufre mostraron un gradiente latitudinal que evidencia indirectamente la fidelidad de las tortugas a sus zonas de alimentación. Finalmente el modelo de mezcla IsoSource arrojó los porcentajes en que cada grupo funcional (algas rojas, verdes, pardas, pastos marinos e invertebrados) aporta energéticamente a los individuos de cada zona, hecho que estuvo estrechamente relacionado con la talla de los animales.

ABSTRACT

The Pacific-coast lagoons along the Baja California Peninsula, are important developmental and feeding areas for green sea turtles (*Chelonia mydas*). During 2008-2009 we studied juvenile turtles at four sites, including Laguna Ojo de Liebre (LOL), Laguna San Ignacio (LSI), Punta Abrejos (PAO) and Bahía Magdalena (BMG). Our goals were elucidate the consistency between the components of the diet and the availability of resources in the environment and determine the trophic status of the turtle in the region. We used esophageal lavage to recover recently consumed food items from 67 turtles, and six full stomachs were analyzed from dead turtles encountered in LSI. Skin samples were collected from 54 turtles and analyzed for stable carbon, nitrogen, and sulfur isotope signatures. Values from skin were then compared to those for 84 potential prey species to determine trophic linkages. Straight carapace length ranged from 40.3 cm to 95.1 cm (mean= 59.1 ± 7.7 cm, n= 67). A total of 24 dietary components were identified from lavage and stomach analysis. The resultant index (Rw) indicated that the algae *Gracilaria textorii*, *G. vermiculophylla*, the seagrasses *Zostera marina* and *Ruppia maritima* and animal material were the more important components for analyzed samples (V ≥ 5%). Body condition was calculated for all turtles and ranged from 1,06 to 2,06 (mean= 1.39 ± 0,08). Overall, the isotopic values of the potential items reflected their position in the food chain (such as producers or consumers) and in some cases helped identify potential trophic relationships between some of the groups and with the green turtle. The results of $\delta^{15}\text{N}$ indicated that *C. mydas* has the same trophic level in the four areas. Carbon and sulfur values showed a latitudinal gradient, indirect evidence of fidelity of turtles to their feeding areas. Finally, the mixing model Isosource showed the percentages in each functional group (red algae, green and brown, sea grasses and invertebrates) provides energy to the individuals in each area, a fact which was closely related with the size of the animals.

1. INTRODUCCIÓN

Chelonia mydas al igual que las demás especies de tortugas marinas exhibe un crecimiento lento y madurez sexual tardía, lo que conlleva a un patrón de longevidad que aunado a las características intrínsecas de su historia de vida le permite pasar varias décadas en diferentes hábitats donde utiliza y modifica el medio (Chaloupka & Musick, 1997).

Después del evento denominado “frenesí natatorio” ulterior a la eclosión, los neonatos comienzan una etapa oceánica en la cual flotan asociados a fases pelágicas de Sargazo o a líneas de marea que se forman cerca de los frentes de las principales corrientes (Carr, 1987) alimentándose de los recursos disponibles. Existen evidencias de que en esta etapa las tortugas verdes presentan una fuerte tendencia a la carnivoría, lo que se traduce en una significativa ganancia proteica para su desarrollo (Bjorndal, 1985).

Al alcanzar la talla de largo curvo de caparazón (LCC) entre 30 y 40 cm, los individuos juveniles reclutan a hábitats neríticos ricos en macroalgas y pastos marinos (Balazs, 1982; Bjorndal & Bolten, 1988) modificando su dieta a una predominantemente herbívora, la cual les confiere un nicho trófico único entre las tortugas marinas (Mortimer, 1982). Las razones por las cuales *C. mydas* inicia sus movimientos para la elección de dichas zonas no son del todo entendidas (Bjorndal *et al.*, 2005), sin embargo, se ha determinado que los individuos inmaduros presentan una demanda energética mayor que las tortugas adultas, prefiriendo áreas protegidas donde el esfuerzo durante la búsqueda de alimento es menor que en zonas adyacentes (López-Mendilaharsu, 2003; Seminoff *et al.*, 2003).

Las lagunas costeras de la Península de Baja California son consideradas importantes áreas de alimentación y desarrollo para las tortugas verdes del Pacífico Oriental (Cliffon *et al.*, 1982; Márquez, 1990; Gardner & Nichols, 2001), donde se ha propuesto que pasan hasta 33 años mientras consiguen su madurez sexual (López-Castro *et al.*, 2010), patrón considerado típico de las tortugas que habitan en zonas

tropicales y subtropicales (Balazs *et al.*, 1982). Por su parte, Hirth (1971) determinó que una vez son sexualmente maduras: $LCC \pm 77.3$ cm (Alvarado & Figueroa, 1991), las tortugas realizan migraciones entre las zonas de alimentación y sus áreas de apareamiento, posiblemente con intervalos de varios años, en los cuales los adultos residen en zonas de alimentación costeras que pueden coincidir con hábitats de desarrollo de juveniles (Limpus *et al.*, 1992).

Las zonas de forrajeo de la costa occidental de Baja California Sur tenidas en cuenta en la presente investigación son Bahía Magdalena, Laguna San Ignacio, Punta Abreojos y Laguna Ojo de Liebre, las cuales se caracterizan por ser someras y presentar canales (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975; Swart & Cummings, 1978; CIPAMEX, 2006). Allí *C. mydas* se alimenta de las abundantes macroalgas, fanerógamas e invertebrados, y se trasladan dentro de las mismas usando los canales conforme a los cambios diarios de mareas (Brooks *et al.*, 2004, 2009).

Entre los principales retos para la conservación de la tortuga verde está el establecer sus hábitos alimentarios ya que el tipo y la composición de la dieta son fuertes influencias en su historia de vida, tasa de crecimiento y reproducción (Wallace *et al.*, 2009). Particularmente en los animales inmaduros, la selección de la dieta tiene implicaciones en la duración de sus futuros estadios de vida y consecuentemente en el tiempo requerido para alcanzar la madurez sexual, lo cual es un importante atributo en su dinámica poblacional (Caswell, 2001).

Históricamente se ha procurado un mayor esfuerzo a los estudios relacionados con la biología reproductiva y protección de playas de anidación con respecto a las investigaciones de su ecología y uso de hábitats de alimentación. Afortunadamente, en los últimos años se han priorizado los trabajos en zonas de forrajeo, los cuales esclarecen su papel como depredadores y como conductos de flujos de energía y nutrientes dentro y entre ecosistemas (Bjorndal, 2000; León & Bjorndal, 2002) lo que resulta imperativo para la integración de la información biológica de *Chelonia mydas* considerada en *Peligro* por la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) (Hilton-Taylor, 2000) y se encuentra listada en el apéndice I de la Convención

Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) (Fisheries Service and U.S. Fish and Wildlife Service, 1998).

Hasta la fecha las investigaciones se han centrado en Bahía Magdalena, por lo cual se hace necesario un estudio integral que permita obtener resultados robustos y objetivos que apunten a resolver la problemática en mención. El presente trabajo representa el primer esfuerzo en contemplar las cuatro áreas de forrajeo más importantes de la costa occidental de B.C.S. utilizando dos métodos complementarios: análisis de contenidos esofágicos y de isótopos estables de carbono, nitrógeno y azufre.

Inicialmente, el uso de métodos tradicionales como el lavado esofágico a individuos vivos y análisis de contenido estomacal de tortugas muertas proporciona una buena resolución taxonómica (la cual es necesaria para validar otro tipo de estudios). Sin embargo, deben considerarse tan sólo como una aproximación relativa, ya que en muchos casos no representan la diversidad de la dieta y describen de manera incorrecta la importancia de cada una de sus presas. Además, al revisar los contenidos esofágico y estomacal, es posible sobreestimar la proporción no digerible de las presas y subestimar la proporción que no pueda ser identificada (en especial a los organismos de cuerpos blandos) (Jepsen & Winemiller, 2002). Otra desventaja de estos métodos es que no permiten hacer inferencias precisas sobre el contenido de la dieta, patrones de alimentación a largo plazo y sobre todo, de los componentes que realmente son asimilados por los organismos (Jepsen & Winemiller, 2002).

Por tal motivo, se recurre a los análisis isotópicos; los cuales proporcionan la información necesaria para evaluar el nivel trófico ($\delta^{15}\text{N}$) y el origen de los nutrientes asimilados ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$) por la tortuga verde (Hobson & Clark 1992, 1993), permitiendo conocer los recursos que han sido digeridos a largo plazo (Román-Reyes, 2003) y por lo tanto, ofrecen una amplia representación de cómo las fuentes nutricionales están siendo utilizadas.

Sin embargo, los mecanismos de discriminación entre los valores isotópicos de los consumidores y sus presas no son del todo claros. Al parecer, estas diferencias se deben a diversos procesos dentro de las rutas metabólicas, como la excreción (^{14}N) y respiración (^{12}C) diferenciales de los isótopos ligeros, así como a su discriminación durante la aminación y transaminación de las proteínas, y la distribución isotópica diferencial de las fracciones dietarias hacia tejidos específicos (Hobson & Clark, 1992; Román-Reyes, 2003). Los orígenes de las variaciones isotópicas, incluyendo los ecológicos, fisiológicos, bioquímicos y físicos deben ser considerados cuando se intenta interpretar los datos de isótopos estables. Sin un conocimiento básico de cómo los efectos de estos factores interactúan en la variación isotópica, algunos intentos de reconstruir los patrones dietarios desde isótopos estables probablemente generen conclusiones engañosas (Korschgren, 1994). Las señales isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ permanecerán en los tejidos dependiendo de su particular tasa de recambio, inherente a su composición bioquímica, lo que confiere tasas anabólicas y metabólicas diferenciales (Walker *et al.*, 1999). Un importante factor a tener en cuenta es el tiempo de integración de la dieta a los tejidos; para el caso de la piel de *C. mydas* fue determinado en un promedio de 5 a 6 meses (Seminoff *et al.*, 2006).

Los principales resultados obtenidos en este trabajo muestran una consistencia entre la dieta de los individuos con los recursos de mayor disponibilidad y contenido energético dentro de las lagunas. También se incluye el porcentaje de aporte de los grupos funcionales más representativos en la dieta de la tortuga verde en las cuatro lagunas (Rhodophyta, Chlorophyta, Phaeophyta, fanerógamas marinas e invertebrados: esponjas y moluscos) utilizando el modelo de mezcla IsoSource (Phillips & Gregg, 2003).

2. ANTECEDENTES

La mayoría de estudios de las zonas de alimentación en el Golfo de California y Pacífico mexicanos se han ejecutado en el Noroeste por ser un sector muy representativo en cuanto a la disponibilidad tanto de rutas como de recursos alimenticios para la tortuga verde.

2.1. CONTENIDOS ESTOMACALES

En la costa Occidental de la Península de Baja California, Seminoff *et al.*, (2002) realizaron un estudio preliminar, el cual menciona que algas marinas como *Gracilaria* sp., *Codium* sp. y *Ulva lactuca* y fanerógamas marinas como *Zostera marina* y *Halodule wrightii*, constituyeron el 99% del contenido estomacal promedio de tortugas capturadas.

Los componentes ingeridos por la tortuga verde en Bahía de los Ángeles (Golfo de California) fueron: *Codium* spp., *Chaetomorpha antennina*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha acanthophora*, *Sargassum* spp., *Ishige sinicola*, *Dictyota flabellata*, *Sphorochnus bolleanus*, especies de la familia Gracilariaceae, *Gracilaria spnigera*, *Lithophyllum* sp., *Gelidium johnstonii*, *Gigartina* spp., *Eucema uncinatum*, *Halymenia refugiensis*, *Laurencia johnstonii* y otros invertebrados menores (Márquez, 2002; Seminoff *et al.*, 2002).

Una evaluación de los contenidos estomacales de tortugas capturadas dentro de Bahía Magdalena y en aguas adyacentes del Pacífico (López-Mendilaharsu *et al.*, 2003), mostró que las tortugas que se alimentan dentro de la Bahía lo hacen principalmente de algas de la familia Gracilariaceae y fanerógamas marinas en menor cantidad (*Zostera marina*), mientras que las que se alimentan en zonas adyacentes lo hacen principalmente de fanerógamas marinas (*Phyllospadix torreyi*) y de algas rojas de la especie *Gelidium robustum*. A su vez fueron significativas las diferencias de tallas de las tortugas dentro y fuera de la laguna, siendo

considerablemente más grandes las encontradas en zonas adyacentes, fuera de la laguna.

López-Mendilaharsu *et al.* (2005) determinaron las preferencias alimenticias de *C. mydas* en Bahía Magdalena, encontrando que la dieta está constituida principalmente por siete especies de macroalgas: *Gracilaria pacifica*, *Gracilariopsis lemaneiformes*, *Hypnea johnstoni*, *Gracilaria textorii*, *Chondria nidifica*, *Laurencia pacifica*, *Ulva lactuca* y *Codium amplivesiculatum*.

La revisión de once estómagos de tortuga prieta en Bahía Magdalena (Hilbert *et al.*, 2005), mostró que existen diferencias en los hábitos alimenticios de las tortugas en verano y en otoño, lo cual está relacionado con la variación en la disponibilidad de especies en el medio. No obstante, hubo especies predominantes en ambos grupos de datos como son *Gracilaria* sp., *Ulva lactuca*, *Rhodomenia* sp., *Phyllospadix torreyi* y algunos grupos de invertebrados. A su vez, mencionan que hay diferencias en la dieta de las tortugas que se encontraron dentro y fuera de la Bahía, ya que las del interior contenían principalmente macroalgas como *Gracilaria* sp. y *Ulva lactuca*, e invertebrados en pequeñas cantidades, mientras que las encontradas en aguas externas contenían principalmente pasto marino como *Phyllospadix torreyi* y *Rhodomenia* sp.

Para explicar algunos aspectos de selectividad desde el punto de vista nutricional, Villegas-Nava (2006) realizó un análisis químico proximal (humedad, cenizas, proteína, fibra Cruda, extracto libre de nitrógeno, extracto etéreo y energía) de las principales especies que forman parte de la dieta de la tortuga verde dentro de Bahía Magdalena. Este estudio, apoya la idea de la selectividad por parte de la tortuga con una relación estrecha tanto en el contenido nutricional como en el contenido energético de las especies, respaldado a su vez, por la teoría del forrajeo óptimo. Al parecer, cuando existe diversidad en el medio, la tortuga selecciona especies que en conjunto le ofrecen mayor disponibilidad de nutrimentos y por ende de energía. Una dieta multiespecífica les otorga a las tortugas una alta disponibilidad

de nutrientes, al compensar las deficiencias nutritivas de algunas especies con la ingesta de otras.

2.2. ISÓTOPOS ESTABLES

Seminoff *et al.* (2006) establecieron los primeros datos sobre discriminación isotópica en tortugas marinas. La información sobre estos valores se obtuvo de sangre y piel extraídas de organismos mantenidos bajo condiciones de laboratorio. Los autores señalan la importancia de contar con una validación de las bases teóricas y experimentales de este método en tortugas marinas, ya que hasta la fecha sólo se contaba con información de otros organismos marinos. En ese trabajo se encontraron diferentes factores de enriquecimiento con un rango de -1.11‰ (eritrocitos) a $+0.17\text{‰}$ (piel) para $\delta^{13}\text{C}$ y para $\delta^{15}\text{N}$ de $+0.22\text{‰}$ (eritrocitos) a $+2.92\text{‰}$ (plasma sanguíneo), los cuales contrastan con los factores que han sido utilizados con otros organismos, incluyendo a las tortugas marinas.

Un estudio realizado entre 2005 y 2007 en Bahía Magdalena (Santos-Baca, 2008), evaluó los valores isotópicos $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en las presas potenciales y muestras de piel y plasma sanguíneo de *Chelonia mydas*. Se recolectaron 39 especies entre las cuales se incluyeron algas verdes (Chlorophyta), rojas (Rhodophyta) y cafés (Phaeophyta); 2 especies de fanerógamas marinas y 2 grupos de invertebrados (Porífera y Cnidaria); y se capturaron en total 29 tortugas, cuya particularidad fue su talla, característica de individuos juveniles (LCC < 77.3 cm). Evidencias en los valores isotópicos de los tejidos, demostraron que las tortugas de la zona se alimentan por lo menos de dos niveles tróficos (productores primarios e invertebrados), prefiriendo así, los invertebrados, las algas verdes y las rojas. Aunque las señales isotópicas de los tejidos variaron a lo largo del tiempo, sus valores siempre coincidieron con los intervalos encontrados en las presas potenciales, por lo que es posible que las tortugas capturadas en Bahía Magdalena, sean un grupo residente, que no presenta movimientos entre las distintas zonas de alimentación en la Península de la Baja California.

3. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de los hábitos alimentarios de la tortuga verde es insuficiente en las principales lagunas costeras de la costa occidental de B.C.S. por lo que resulta central determinar su espectro y hábitos tróficos para establecer el uso que da a sus hábitats. Este tipo de estudios permiten obtener conocimientos objetivos que coayudan a la toma de decisiones para la elaboración del requerido plan de manejo de las tortugas marinas en las zonas de alimentación en México.

4. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Comparar la afinidad trófica de la tortuga verde del Pacífico Oriental entre cuatro zonas de alimentación de la costa occidental de Baja California Sur.

4.2. PARTICULARES

1. Comparar la composición de la dieta de las tortugas en Bahía Magdalena, Punta Abreojos, Laguna San Ignacio y Laguna Ojo de Liebre, mediante el análisis de lavados esofágicos e isótopos estables de C, N y S
2. Complementar la información sobre los hábitos alimentarios de la tortuga verde en las áreas de estudio por medio del análisis de isótopos estables de C, N y S
3. Complementar el mapa isotópico de las presas más representativas de la tortuga verde en el área

5. HIPÓTESIS

La alta fidelidad de la tortuga verde del Pacífico Oriental (*Chelonia mydas*) a sus áreas de alimentación, determinará las diferencias de dieta en las escalas espacial y temporal en la costa occidental de Baja California Sur.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. ZONAS DE ESTUDIO

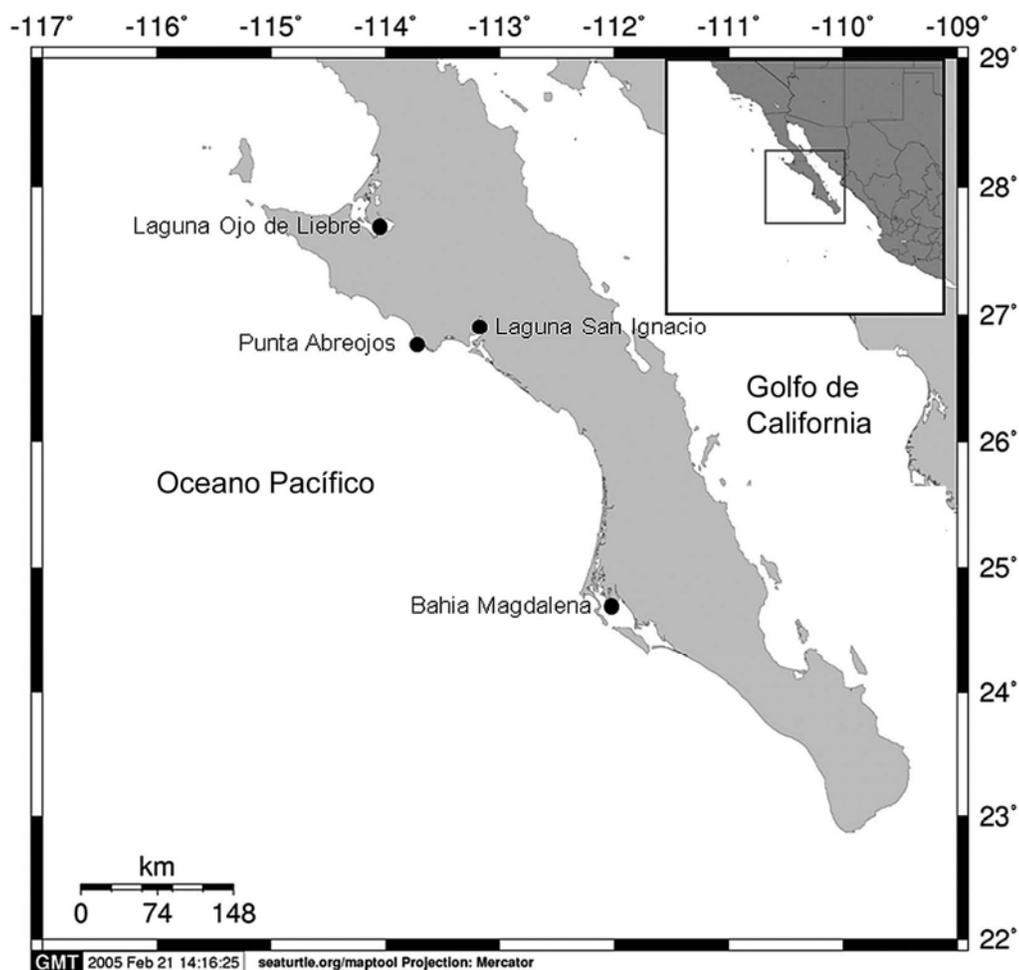


Figura 1. Localización geográfica de las zonas de alimentación de la tortuga verde en la costa occidental de Baja California Sur consideradas en este estudio.

Bahía Magdalena (BMG) hace parte del complejo lagunar denominado Bahía Magdalena-Almejas (24° 15' y 25° 20'N, y 111° 30' y 112° 12'W). Cuenta con un área aproximada de 1.200 km² (Funes-Rodríguez *et al.*, 2001). Es el mayor ecosistema de humedales en la costa oeste de Baja California, con más de 200 km de largo (Morgan *et al.*, 2005). Se clasifica dentro de la zona de transición templada tropical (Norton *et al.*, 1985). La salinidad en la boca del Estero Banderitas fluctúa entre 36.9 y 38.7 UPS. La temperatura del agua varía entre 18 y 31°C entre estaciones temporales y la profundidad varía de 1 a 40 m. En las zonas someras existen grandes áreas cubiertas de algas y pastos marinos, con manglares en la mayoría de sus márgenes (Álvarez-Borrego *et al.*, 1976; López-Mendilaharsu *et al.*, 2005). Los cambios estacionales en el número de especies de la flora son relativamente pequeños, con una diferencia entre seis y once especies de macroalgas en las diferentes temporadas del año; así, un máximo en invierno y un mínimo en verano (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 1989). La biomasa máxima se encuentra en junio (6.5 kg/m²), coincidiendo con la mayor frecuencia de surgencias costeras (Sánchez-Rodríguez & Cervantes-Duarte, 1999).

Desde el 2004 el Grupo Tortuguero de las Californias A.C. en colaboración con la Escuela de Estudios de Campo, adscrita a la Boston University (Puerto San Carlos) han realizado el monitoreo mensual en el Estero Banderitas; sin embargo, recientemente se han iniciado labores en el estero San Buto de donde también se obtuvieron muestras para el presente estudio.

La tasa de crecimiento anual de *Chelonia mydas* calculada para el Estero Banderitas es de 1.37 ± 0.71 cm/año, siendo la más baja entre las zonas de forrajeo de la costa occidental de B.C.S. (López-Castro *et al.*, 2010). Se estima que la presión pesquera que soporta esta área (el más grande e importante puerto de la región) impacta negativamente a las tortugas residentes (Gardner & Nichols, 2001; Koch *et al.*, 2006; Peckham & Nichols, 2006), pues aunque existe una veda total para la

pesca de estos animales, la extracción anual es de 200 tortugas/por año (Koch *et al.*, 2006)

Laguna San Ignacio (LSI) está ubicada entre los 26° 43' y 26° 88'N, y los 113° 08' y 113° 16'W (Núñez-López, 1996). Tiene un área aproximada de 17.500 km² (Contreras, 1988), con 6 km de ancho y 35 km de largo (Ortega & Arriaga, 1991). Presenta una profundidad de 2 a 4 m en su mayor parte, llegando hasta 20 m en los canales que la comunican con el océano (Swart & Cummings, 1978). En el interior de la laguna se encuentran marismas en las que predominan los mangles, las algas y los pastos marinos. Presenta un rango de mareas de 1.6 m y la salinidad varía de 36 a 41 UPS (Núñez-López, 1996). Se encuentra en áreas de surgencias (Espinoza-Avalos, 1993), con aguas frías y altas concentraciones de nutrimentos, que favorecen la ocurrencia de algas de afinidad templada (Núñez-López, 1996).

No se detecta un patrón estacional evidente de la riqueza específica de macroalgas, ya que entre el número máximo y mínimo, sólo hay una diferencia de 8 especies, ocurriendo el mayor número de especies en verano y el menor en invierno (Núñez-López, 1996).

López-Castro *et al.* (2010) reportan que el tamaño promedio de las tortugas muestreadas en la zona es el menor con respecto a las demás lagunas: largo recto de caparazón (LRC) promedio de 52.66 ± 7.71 cm; debido probablemente a que el sitio en que se han capturado las tortugas “El Remate” se localiza en la parte interna-superior de la laguna, donde los animales más pequeños buscan protección de depredadores y condiciones oceanográficas más fuertes (Lopez-Mendilaharsu *et al.*, 2005; Koch *et al.*, 2007).

Punta Abrejos (PAO) es parte de la reserva del Vizcaíno (26° 42.5' N, 113° 34.3'W). El sitio de muestreo denominado “El Remate” se encuentra localizado en el estero El Coyote, una laguna costera pequeña de 6 km de largo por 1.5 de ancho (Valenzuela, 2005). Está rodeada de manglares y comparte muchas características

con laguna San Ignacio. En el fondo hay abundantes algas y pastos marinos (Nichols, 2003).

Desde el año 2001, cuando se inició el programa de monitoreo mensual de tortugas marinas, el área de alimentación que ha presentado mayor número de individuos e intervalo de estructura de tallas (rango: 32.1-95.5 cm LCC; media: 52.66 ± 7.71 cm) ha sido Punta Abrejos (López-Castro *et al.*, 2010), hecho atribuido a la protección que los pobladores han ejercido para evitar la pesca furtiva o fuera de las normativas legalmente establecidas de sus recursos pesqueros.

Laguna Ojo de Liebre (LOL) está ubicada al norte de Baja California Sur, entre los 27° 35' y 27° 52'N, y los 113° 58' y 114° 10'W. Hace parte de la reserva El Vizcaíno, la cual es catalogada como la más grande de las áreas naturales protegidas de México (Águila Ramírez, 1998). Forma parte de un complejo lagunar que comprende a las lagunas de Guerrero Negro y Ojo de Liebre (De la Cruz-Agüero *et al.*, 1996). Tiene un área de 360 km², con una profundidad que varía entre 6 y 12 m con excepción de los canales que pueden alcanzar 20 m (CIPAMEX, 2006). La marea presenta una amplitud de 1 a 3 m (Phleger & Ewing, 1962), salinidad entre 35 y 39 UPS y la temperatura superficial del agua de 18 a 25°C (Acevedo-Cervantes, 1997). Se caracteriza por presentar algas y pastos marinos (Águila-Ramírez, 1998). La mayor riqueza específica y biomasa se presentan durante el verano y la menor en primavera, asociadas a la disminución de la temperatura por las surgencias que ocurren en la zona oceánica adyacente (De la Lanza-Espino, 1991).

En dicha laguna se presenta la tasa de crecimiento anual de tortugas verdes más alta (3.05 ± 2.23 cm/año) (López-Castro *et al.*, 2010). Son varios los factores que pueden influenciar la tasa de crecimiento de los animales, tales como la abundancia y calidad de los recursos alimenticios, la densidad poblacional, edad, sexo, temperatura del agua, entre otros (Bjorndal *et al.*, 2000; Seminoff *et al.*, 2002), un importante factor de esta diferencia en el crecimiento entre lagunas es el significativo consumo de materia animal por parte de los individuos en dicha zona (observación personal).

6.2. RECOLECTA DE MUESTRAS Y PREPARACIÓN EN CAMPO

Las temporadas de muestreo se eligieron teniendo en cuenta los principales cambios oceanográficos relacionados con las estaciones o la influencia de la corriente de California: febrero-junio (invierno-primavera) y julio-diciembre (verano-otoño). Por inconvenientes logísticos solo se asistió a Bahía Magdalena en las dos épocas.

6.2.1. Recolecta de presas potenciales.

Se realizó con el fin de analizarlas isotópicamente y compararlas con los valores obtenidos en muestras de piel de las tortugas verdes.

Las muestras de los individuos identificados como presas frecuentes y potenciales de la tortuga verde fueron recolectadas manualmente mediante buceo libre en sitios donde previamente se identificó su presencia. Todas las muestras fueron puestas en bolsas plásticas y congeladas para su posterior análisis.

6.2.2. Recolecta de muestras de tortugas

Se contó con el apoyo logístico de las comunidades adscritas al Grupo Tortuguero de las Californias A.C. para cada zona. Las tortugas fueron capturadas utilizando redes de enmalle de 100 m, con una luz de malla de 50 cm, las cuales se colocaron de forma perpendicular a la costa o en los canales durante 24 horas y revisadas cada dos horas para evitar el maltrato de los individuos.

A las tortugas capturadas se les tomó las medidas morfométricas propuestas y estandarizadas por Bolten (2000). Fueron pesadas y se describió la condición física general del animal. De no presentar marcas “Inconel” precedentes, cada individuo fue doblemente marcado (una marca por cada aleta posterior), siguiendo la técnica propuesta por Balazs (2000) (Figura 2).



Figura 2. Procedimientos para la toma de datos morfométricos, pesaje y marcaje de las tortugas utilizados en el presente estudio.

6.2.2.1. Lavado esofágico

La comida recientemente ingerida por las tortugas fue extraída por medio de un lavado esofágico ya que permite la recuperación rápida de alimento no digerido del esófago y de la región anterior del estómago. Esta metodología está basada y modificada de acuerdo a la propuesta por Forbes & Limpus (1993). Durante los lavados fue utilizada una manguera cuyo diámetro estuvo definido por la talla del animal; para tortugas con largo curvo de caparazón (LCC < 70 cm) se usó un tubo de 15 mm de diámetro externo y para tortugas con un LCC > 70 cm uno de 17 mm. Dichas mangueras se lubricaron con aceite vegetal para facilitar el paso por el esófago y su introducción fue cuidadosa, sin exceder los 30 cm. Los lavados no se prolongaron más de dos minutos y ninguno de los animales presentó reacciones negativas al procedimiento.

En Laguna San Ignacio se obtuvieron 6 muestras de contenidos estomacales de tortugas muertas que fueron tenidos en cuenta en el análisis de la dieta de la tortuga verde en el presente estudio.

Todas las muestras fueron rotuladas y congeladas para su posterior identificación en el Laboratorio de Botánica Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).

6.2.2.2. Toma de muestras de piel

Fueron recolectadas en la región dorsal del cuello (biopsia) de todas las tortugas capturadas. Para esto se utilizó un bisturí y pinzas esterilizados. Una vez las muestras fueron tomadas se les puso violeta de Genciana a los animales en la nuca para evitar posibles infecciones. Los tejidos fueron preservados en viales de plástico que contenían sal, a su vez los viales fueron refrigerados.

6.3. IDENTIFICACIÓN, PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS

6.3.1. Identificación de presas potenciales

Las especies colectadas en campo se identificaron utilizando claves taxonómicas específicas para el Pacífico Este, según Riosmena-Rodríguez (1999). Adicionalmente, todas las muestras fueron secadas a la sombra para su posterior preparación en el laboratorio de isótopos estables de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

6.3.2. Análisis de los lavados esofágicos

Los componentes dietarios encontrados en los lavados fueron identificados en el Laboratorio de Botánica Marina de la UABCS, usando un estereoscopio y en casos donde no se logró identificar especies por características morfológicas, se procedió a hacer cortes histológicos para observar y medir sus estructuras en el microscopio óptico, apoyados en claves taxonómicas especializadas (Abbott & Hollenberg, 1976).

La técnica usada para el análisis cuantitativo de las muestras se basó en el principio de microestereología (Weibel *et al.*, 1966; Schaefer, 1970) y una técnica descrita por Forbes (2000). El volumen relativo de cada componente de la dieta se determinó de la siguiente manera (Forbes, 2000):

Cada muestra fue vaciada dentro de una bandeja y mezclada hasta quedar homogenizada. Se tomó una submuestra que cubriera el fondo de una caja de Petri y se esparció; en el fondo de la caja se puso una grilla de 16 cuadrados de 1x1 cm y separados entre sí por 0.5 cm para posteriormente ser observada al esteroscopio (Figura 3). La contribución de cada componente dietario al volumen de la muestra fue determinada contando el número de aristas de la cuadrícula que interceptó cada componente, relativo al número total de intersecciones contadas para todos los componentes combinados. Los componentes con un volumen relativo mayor de 5 % dentro de la muestra fueron considerados componentes principales de la dieta (Garnett *et al.*, 1985).

$$\%V = \frac{V_i}{V_t}$$

Donde:

V_i = volumen total del componente particular i

V_t = volumen total de todos los componentes de la muestra

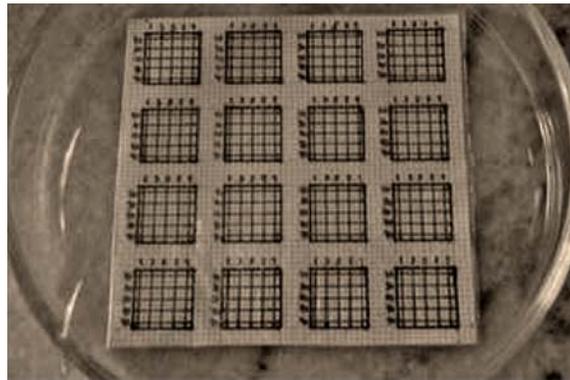


Figura 3. Vista superficial de la grilla usada para el conteo de los componentes dietarios.

La frecuencia de aparición (%F) para un componente i fue calculada como el número de muestras que contenían dicho componente entre el número total de muestras.

$$\%F = \frac{ni}{N} \times 100$$

Donde:

ni = número de muestras que contienen el componente i

N = número total de muestras

La frecuencia de aparición y el porcentaje del volumen de cada componente fueron usados para calcular el índice resultante ponderado (Mohan & Sankaran, 1988).

$$Rw = \frac{Q(Vi^2 + Fi^2)^{\frac{1}{2}}}{\sum Q(Vi^2 + Fi^2)^{\frac{1}{2}}} \times 100$$

$$Q = \frac{45 - |\theta - 45|}{45}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{Vi}{Fi} \right)$$

Donde:

Rw = índice resultante ponderado

Vi = porcentaje de volumen del componente i

Fi = porcentaje de ocurrencia del componente i

Una de las características de este índice es que permite representar de forma gráfica los valores de frecuencia y volumen con respecto a un ángulo (θ), lo que facilita la interpretación de los datos. Un componente con valores de $\%F$ y $\%V$ similares, graficamente estará cercano a los 45° . De este modo, si el valor de Vi es alto y el de Fi es bajo, θ será pequeño y viceversa.

Otra de las ventajas que posee Rw es que incorpora un factor de corrección que permite comparar los componentes de la dieta en orden de importancia.

6.3.3. Preparación de las muestras para el análisis de isótopos estables

Para llevar a cabo esta meta del estudio, se realizó una estancia de investigación en el Laboratorio de Isótopos Estables de la NOAA, La Jolla-California durante el mes de octubre de 2009. Cada una de las muestras de piel y todas las de los componentes dietarios potenciales fueron maceradas con ayuda de un mortero de porcelana hasta homogenizar los tejidos. Se extrajeron los lípidos de todas las muestras utilizando un aparato Soxhlet (Figura 4) con una mezcla de disolventes de baja polaridad 1:1 de éter de petróleo y éter etílico en un ciclo de 24 h. Posteriormente se secaron en una estufa a 60°C por 24 horas para remover cualquier residuo del disolvente. Los tubos de celulosa que contenían los tejidos, se colocaron en canastillas, que a su vez, fueron organizados dentro de un desecador para evitar que adquirieran nuevamente humedad.



Figura 4. Aparato de Soxhlet usado para la extracción de lípidos de las muestras de presas potenciales y piel de *Chelonia mydas*.

Se pesaron entre 0.50 y 0.80 mg para el análisis de carbono y nitrógeno, y 3.00 mg para el de azufre de todas las muestras. Cada muestra se dispuso en una cápsula de aluminio preparada. Las muestras se analizaron por medio de un espectrómetro de masas de flujo continuo en los Laboratorios de Isótopos Estables de la Universidad de Florida (^{13}C - ^{15}N) y la Universidad de Washington (^{34}S). Se utilizó el sistema de combustión Costech ECS 4010 vía interfase ConFlo III (Finnigan MAT, Bremen, Alemania) Deltaplus gas isotope-ratio mass spectrometer (Finnigan MAT, Bremen, Alemania).

La proporción de isótopos estables se expresa en la notación delta (δ), definida como las partes por mil (‰):

$$\delta^{13}\text{C} = ([R_{\text{muestra}}/E_{\text{estándar}}] - 1) (1000)$$

$$\delta^{15}\text{N} = ([R_{\text{muestra}}/E_{\text{estándar}}] - 1) (1000)$$

$$\delta^{34}\text{S} = ([R_{\text{muestra}}/E_{\text{estándar}}] - 1) (1000)$$

Donde R_{muestra} y $E_{\text{estándar}}$ son las proporciones correspondientes de isótopos pesados y ligeros ($^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ y $^{34}\text{S}:^{33}\text{S}$) en la muestra y los estándares respectivamente. $R_{\text{estándar}}$ para ^{13}C es IAEA CH-6 acetanilida de Baker calibrada con “PeeDee Belemnita” ($\delta^{13}\text{C} = -10.4$); para ^{15}N es IAEA N1 sulfato de amonio calibrado con nitrógeno atmosférico ($\delta^{15}\text{N} = +0.4$) y para ^{34}S es IAEA S1 sulfuro de plata calibrado con “Vienna Cañon Diablo Troilite” ($\delta^{34}\text{S} = -0.3$). Todas las corridas analíticas incluyen muestras de material estándar insertados en intervalos regulares para calibrar el sistema y evaluar cualquier deriva a través del tiempo. Las desviaciones estándar de los materiales estándares se esperan sea de 0.05 mg^{-1} para carbón, 0.09 mg^{-1} para nitrógeno y 0.07 mg^{-1} para azufre.

Para la representación gráfica de los valores obtenidos en la aplicación del Índice Resultante Ponderado (R_w) y las firmas isotópicas de las presas potenciales y

piel de *C. mydas* se recurrió al uso de diagramas de dispersión, pues dichos gráficos son de fácil comprensión cuando tenemos un análisis bivariable a partir de una tabla de datos de doble entrada.

6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y ASIGNACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA DIETA

6.4.1. Índice de Condición Corporal (ICC):

Este índice fue calculado para las tortugas vivas que integran esta investigación, el cual evalúa la relación entre la talla y el peso de animal, lo cual se ha propuesto como una medida indirecta del buen desarrollo y salud de estos individuos (Bjorndal *et al.*, 2000):

$$ICC = \frac{MC}{LCC^3}$$

Donde:

ICC = índice de condición corporal

MC = masa corporal (kg)

LCC = largo curvo de caparazón (cm)

6.4.2. Isótopos estables.

A todos los grupos de datos (presas potenciales y tejido de tortugas) se les realizaron pruebas *a priori* para determinar su normalidad, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1999) y la existencia de homogeneidad de varianza por medio de la prueba Bartlett (Zar, 1999).

Al no presentar normalidad, se les aplicó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, la cual permite comparar tres o más muestras y su análisis es basado en

intervalos y no en medias como las pruebas paramétricas (Zar, 1999). A su vez, cuando hubo evidencia de diferencias entre pares de muestras, se aplicó la prueba de múltiples valores de Z y de este modo obtener el valor p .

En el caso de las presas potenciales, para facilitar su comparación entre zonas de estudio, fueron concentradas en grupos funcionales (algas rojas, verdes, pardas, pastos marinos e invertebrados) y de este modo se evaluaron las diferencias entre las señales isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$.

Para mostrar el efecto de los factores de discriminación en la interpretación de la dieta, se procedió a corregir los valores en los tejidos de tortuga utilizando los factores de discriminación isotópica disponibles para la tortuga verde en piel (de 2,8‰ para $\delta^{15}\text{N}$ y de 0,17‰ para $\delta^{13}\text{C}$) (Seminoff *et al.*, 2006). En el caso del $\delta^{34}\text{S}$ no fue necesario usar un factor de corrección, ya que se ha determinado que este isótopo no presenta discriminación entre presas y consumidor (McCutchan *et al.*, 2003).

Dichas correcciones se realizaron de acuerdo a la ecuación de Cerling & Harris (1999), que establece el factor de discriminación entre un depredador y su presa.

$$(\Delta_{dt}): \delta_{dieta} = \delta_{tejido} - \Delta_{dt}$$

Se compararon las señales isotópicas corregidas de tortuga verde con las posibles presas, de acuerdo a la premisa de que las señales isotópicas cambian de una manera predecible desde las presas hasta sus consumidores (DeNiro & Epstein, 1981) y en los casos del carbono y nitrógeno considerando los factores de discriminación establecidos por Seminoff *et al.* (2006). De esta forma, las señales de aquellos grupos que están siendo consumidos por la tortuga, tendrían que coincidir con las señales corregidas y las de azufre de la tortuga verde.

Se realizó un análisis de similitud (Primer versión 6.0) entre los grupos potenciales de presas y los tejidos de *C. mydas*. Este tipo de análisis establece relaciones entre grupos de manera cuantitativa, por lo que puede utilizarse como

herramienta para establecer un posible esquema de los niveles tróficos ($\delta^{15}\text{N}$) y las relaciones tróficas de la tortuga ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$). Para esto, se utilizó como regla de agrupación la del vecino más cercano (“nearest neighbor”) y la de distancia euclidiana, ya que representan las distancias geométricas en un espacio multidimensional. Se consideraron como significativas, todas las agrupaciones formadas a una distancia del 95% (distancia de ligado/distancia máxima* 100).

El modelo de mezcla IsoSource (Phillips & Gregg, 2003) fue usado para analizar la contribución de cada grupo funcional en la dieta de *C. mydas*. Este método examina todas las posibles combinaciones de cada fuente con un pequeño incremento (en este caso de 1 %) y dentro de una tolerancia predeterminada (entre 1 y 5 % en este caso). Cada una de estas combinaciones nos presenta valores de intervalo y frecuencia que el programa discrimina y nos proporciona la combinación más aproximada a las firmas isotópicas promedio de las tortugas verdes para cada zona.

7. RESULTADOS

Entre junio de 2008 y agosto de 2009 se realizaron ocho salidas a las cuatro zonas de estudio (Tabla 1), un total de 67 tortugas fueron capturadas en los monitoreos realizados por el Grupo Tortuguero (LCC= 59.10 ± 7.71 cm; intervalo= 40.3 - 95.1 cm) y 6 fueron encontradas varadas en la playa de Laguna San Ignacio (LCC= 54.9 ± 3.01 cm; intervalo= 50.2 – 58 cm). El 95.89 % (n= 70) de individuos fueron juveniles, considerando en tamaño promedio de las hembras que anidan en Colola, Michoacán (LCC= 77.3 cm; Alvarado & Figueroa, 1991), confirmando que las lagunas costeras del Pacífico de B.C.S. son importantes lugares de agregación de tortugas verdes en sus primeras etapas de vida (Figura 5). La mayor concentración de tortugas pequeñas se dio en BMG, mientras que las de mayor talla se presentaron en LSI, hecho que contrasta con lo reportado por López-Castro *et al.* (2010), quienes mencionan que en LSI cohabitan las tortugas de menor talla entre sus zonas de alimentación y descanso de la costa occidental de B.C.S.

El Índice de Condición Corporal (*ICC*) manifestó un buen estado físico de los animales al ser comparado con el promedio reportado por Seminoff *et al.* (2003) (media= 1.42 ± 0.05 , intervalo= 1.03 - 2.19) (Tabla 2).

Tabla 1. Zonas de estudio y fechas de salidas de campo contempladas en el presente estudio.

ZONA	FECHA DE MONITOREO
	26/08/2008
BMG	05/11/2008
	17/02/2009
LSI	15/06/2008
	16/05/2009
PAO	20/03/2009
LOL	15/06/2009
	13/08/2009

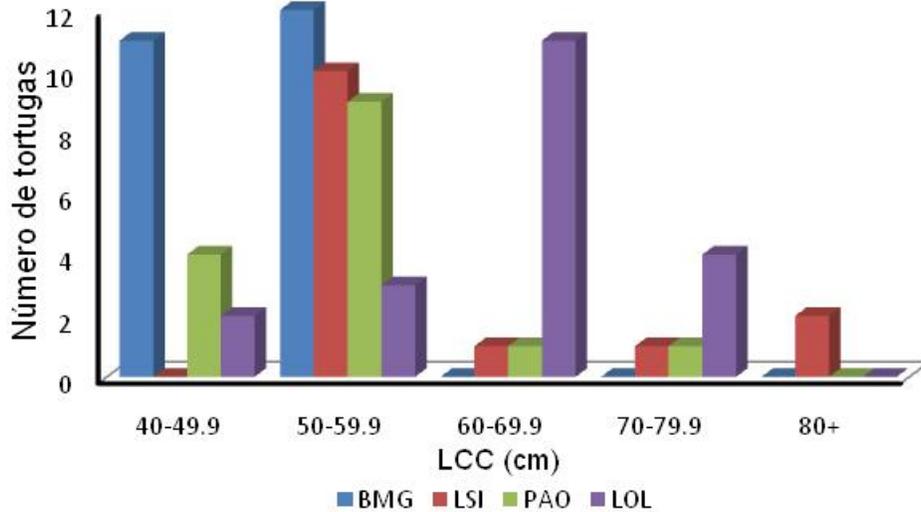


Figura 5. Estructura de tallas por zona de las tortugas verdes muestreadas en el presente estudio.

Tabla 2. Índice de Condición Corporal (ICC) para las cuatro zonas de estudio. EE: error estándar, N: número de individuos muestreados por zona.

ZONA	ICC (*10 ⁴)	EE (*10 ⁶)	RANGO	N
BMG	1.42	2.12	1.25-1.66	23
LSI	1.38	4.47	1.19-1.58	8
PAO	1.29	4.73	1.06-1.65	15
LOL	1.48	4.13	1.25-2.06	21

7.1. LAVADOS ESOFÁGICOS

A todas las tortugas capturadas (n= 67) se les realizó un lavado esofágico mientras que a las 6 tortugas muertas en Laguna San Ignacio se les practicó una necropsia, extrayéndoles el estómago para posteriormente analizar su contenido en laboratorio.

Se identificaron 26 componentes dietarios (Tabla 3) donde las algas rojas (Rhodophyta) fueron las más representativas; su porcentaje de volumen (%V) con respecto al total de componentes analizados fue de 39.14 %, seguidas por los pastos

marinos (*Zostera marina* y *Ruppia marítima*, 26.71 %), la materia animal (20.18 %), las algas verdes (Chlorophyta, 11.62 %), las algas pardas (Pheophyta, 1.61 %) y el mangle (*Rizophora mangle*, 0.74 %).

El Índice Resultante Ponderado (*Rw*) organizó en orden de importancia los componentes de la dieta; a continuación se presenta una tabla que resume los resultados obtenidos y una gráfica por cada una de las zonas.

En Bahía Magdalena se practicaron lavados esofágicos a tortugas capturadas en el Estero San Buto (*n*= 13) el 26 de agosto y 5 de noviembre de 2008, y en el Estero Banderitas (*n*= 10) el 17 de febrero de 2009. Un individuo fue capturado-recapturado en las dos salidas realizadas en el Estero San Buto; sus diferencias dietarias en las dos fechas se describen más adelante. Los componentes encontrados en las muestras fueron *G. vermiculophylla*, *G. textorii*, *H. Johnstonii*, *J. crassa*, *S. filamentosa*, *C. affine*, *C. amplivesiculatum*, *C. californica*, *R. riparium*, *U. lactuca*, *R. maritima*, *R. mangle*, *Craniella* sp., *S. aurantica*, moluscos y ofiuros no identificados.

Los principales componentes de la dieta de *Chelonia mydas* en BMG (%V > 5) fueron usados para calcular el *Rw* (Figura 6) presentando a *G. vermiculophylla* como el componente con mayor valor (*Rw*= 21.64, %V= 62.03 y %F= 69.57). Aunque *C. affine* y *H. johnstonii* exhibieron un %V mayor que *G. textorii* (8.71%, 7.76% y 7.26% respectivamente), su *Rw* fue menor (Tabla 4) sugiriendo una menor homogeneidad entre sus valores de frecuencia y volumen y por ende menor consistencia entre los datos, como lo postula el Índice Resultante Ponderado. El pasto marino *Ruppia maritima* obtuvo valores de *Rw*= 11.19, %V= 5.16 y %F= 13.04.

Tabla 3. Lista de componentes dietarios por zona hallados en los contenidos esofágicos y estomacales.

		ESPECIE	ÁREA DE ESTUDIO			
			BMG	LSI	PAO	LOL
MACROALGAS	Rhodophyta	<i>Ceramium affine</i>	X			
		<i>Delesseria sp.</i>			X	
		<i>Gracilaria textorii</i>	X	X		X
		<i>G. vermiculophylla</i>	X	X	X	
		<i>Halymenia sp.</i>			X	
		<i>Hypnea johnstonii</i>	X	X	X	
		<i>Jania crassa</i>	X			
		<i>Polysiphonia pacifica</i>			X	
		<i>Spyridia filamentosa</i>	X	X		
	Chlorophyta	<i>Acetabularia calyculus</i>		X		
		<i>Chaetomorpha californica</i>	X		X	
		<i>Cladophora microcladioides</i>				X
		<i>Codium amplivesiculatum</i>	X	X		X
		<i>Rhizoclonium riparium</i>	X			
		<i>Ulva lactuca</i>	X		X	
Phaeophyta		<i>Colpomenia tuberculata</i>		X		
	<i>Pachydichthyon coriaceum</i>		X			
PASTOS MARINOS	<i>Zostera marina</i>		X	X	X	
	<i>Ruppia maritima</i>	X	X	X		
PLANTAS SUPERIORES	Rizophoraceae	<i>Rizophora mangle</i>	X			
MATERIA ANIMAL	Poriphera	<i>Craniella sp.</i>	X			
		<i>Suberites aurantica</i>	X	X		
	Mollusca	Gastropoda	X	X	X	X
		Nudibranchia		X		
	Echinoderma	Ophiura	X		X	X
	Cnidaria	Actiniaria				X
SUSTRATO CALCÁREO			X	X	X	

Tabla 4. Lista de valores obtenidos por el Índice Resultante Ponderado (*R_w*) para cada una de las zonas de estudio, (EE): error estándar.

COMPONENTE DIETARIO	BMG (n= 23)				LSI (n= 14)				PAO (n=15)				LOL (n=21)			
	%V (EE)	No.	%F	R _w	%V (EE)	No.	%F	R _w	%V (EE)	No.	%F	R _w	%V (EE)	No.	%F	R _w
MACROALGAS																
Rhodophyta																
<i>Ceramium affine</i>	8.71 (7.32)	4	17.39	13.80												
<i>Delesseria sp.</i>									2 (2.19)	3	33	2				
<i>Gracilaria textorii</i>	7.26	2	8.70	20.68	18.05 (3.99)	4	28.57	21.96					6.92 (0.51)	21	100	5
<i>G. vermiculophylla</i>	62.03 (4.37)	16	69.57	21.64	1.59 (1.09)	3	21.42	2.89	15 (2.62)	8	89	17				
<i>Halymenia sp.</i>									0.3	1	11	0.35				
<i>Hypnea johnstonii</i>	7.76 (5.38)	9	39.13	5.82	2.17	2	14.29	5.88	13.77 (2.33)	5	56	8				
<i>Jania crassa</i>	0.65	1	4.35	4.41												
<i>Polysiphonia pacifica</i>									T	1	11		3.59 (2.04)	10	50	2.77
<i>Spyridia filamentosa</i>	0.25	2	8.69	1.79	0.27	1	7.14	0.2								
Chlorophyta																
<i>Acetabularia calyculus</i>					T	1	7.14									
<i>Chaetomorpha californica</i>	3.8 (4.27)	3	13.04	8.43					2.88 (1)	4	44	2.93				
<i>Cladophora microcladioides</i>													5.8 (2.04)	11	60	4
<i>Codium amplivesiculatum</i>	0.09	1	4.35	0.65	6.25 (2.88)	4	28.57	8.39					5.22 (1.01)	9	40	4
<i>Rhizoclonium riparium</i>		T	1	4.35												
<i>Ulva lactuca</i>		T	1	4.35					10.67 (4.12)	6	67	11.95				
Phaeophyta																
<i>Colpomenia tuberculata</i>					3.48 (1.64)	3	21.43	6.28								
<i>Pachydichthyon coriaceum</i>					T	1	7.14									
PASTOS MARINOS																
<i>Zostera marina</i>					37.03 (7.33)	13	92.86	14.79	3.33 (1.95)	4	44	3.32	10.31 (3.58)	21	100	8
<i>Ruppia maritima</i>	5.16 (3.8)	3	13.04	11.19	6.58	2	14.29	16.81	32.33 (7.90)	8	89	32				
PLANTAS SUPERIORES																
<i>Rizophora mangle</i>	1.9 (1.24)	4	17.39	3.24												
MATERIA ANIMAL																
Poriphera																
<i>Craniella sp.</i>	0.35	2	8.69	1.2												
<i>Suberites aurantica</i>	0.2	1	4.35	1.37	T	1	7.14									
Cnidaria																
Actiniaria													68.76 (1.21)	21	100	75
presas no identificadas	0.05	1	4.35	0.34	17.74 (5.11)	8	57.14	11.73	12.77 (5.98)	5	56	15				

Laguna San Ignacio (LSI) fue la única zona de la que se obtuvieron estómagos de tortugas muertas (n= 6) aparentemente por pesca incidental. Los datos arrojados en el análisis de los contenidos estomacales fueron complementados con los de lavados esofágicos de 8 tortugas vivas. Los recursos consumidos en esta zona fueron: *G. textorii*, *G. vermiculophylla*, *H. johnstonii*, *S. filamentosa*, *A. calyculus*, *C. amplivesiculatum*, *C. tuberculata*, *P. coriaceun*, *Z. marina*, *R 41arítima*, *S. aurantica*, gastrópodos y nudibranquios.

G. textorii fue el componente más consistente en la dieta de *C. mydas* en LSI (Rw= 21.96, %V= 18.05 y %F= 28.57) seguida por los pastos marinos (Figura 7). La materia animal fue un importante componente dietario en esta zona (Rw= 11.73, %V= 17.74 y %F= 57.14).

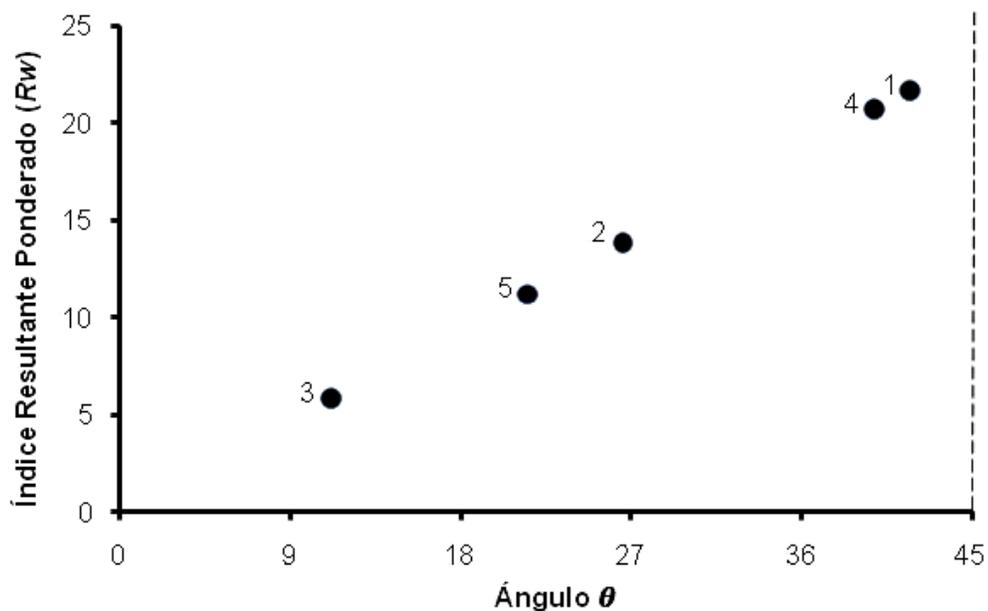


Figura 6. Índice resultante ponderado (Rw) graficado con respecto a un ángulo ($\theta= 45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en BMG (n=23). 1. *G. vermiculophylla*, 2. *C. affine*, 3. *H. johnstonii*, 4. *G. textorii*, 5. *R. maritima*.

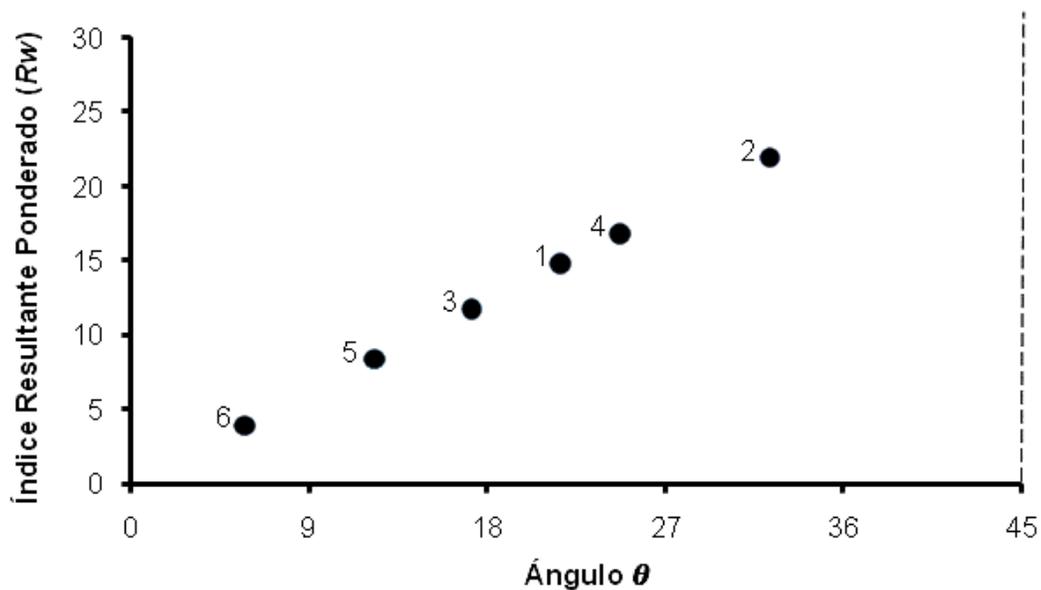


Figura 7. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta = 45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos y contenidos estomacales de las tortugas en LSI ($n=14$). 1. *Z. marina*, 2. *G. textorii*, 3. Materia animal, 4. *R. maritima*, 5. *C. amplivesiculatum*, 6. Sustrato calcáreo.

En la única salida realizada a Punta Abreojos (PAO) se capturaron 15 tortugas cuyos contenidos esofágicos mostraron 12 componentes dietarios: *Delesseria* sp., *G. vermiculophylla*, *Halymenia* sp., *P. pacifica*, *C. 42arítima42ca*, *U. lactuca*, *Z. marina*, *R. 42arítima*, gastrópodos y ofiuros, de los cuales 6 se consideraron como principales ($\%V > 5$) (Figura 8).

Ruppia maritima obtuvo el mayor valor para la dieta en PAO ($R_w = 32$, $\%V = 32.33$ y $\%F = 89$), seguida por *G. vermiculophylla* ($R_w = 17$, $\%V = 15$ y $\%F = 89$); materia animal ($R_w = 15$, $\%V = 12.17$ y $\%F = 56$); *U. lactuca* ($R_w = 12$, $\%V = 10.67$ y $\%F = 67$); *H. johnstonii* ($R_w = 8$, $\%V = 13.77$ y $\%F = 56$) y sustrato calcáreo ($R_w = 6$, $\%V = 5.67$ y $\%F = 56$).

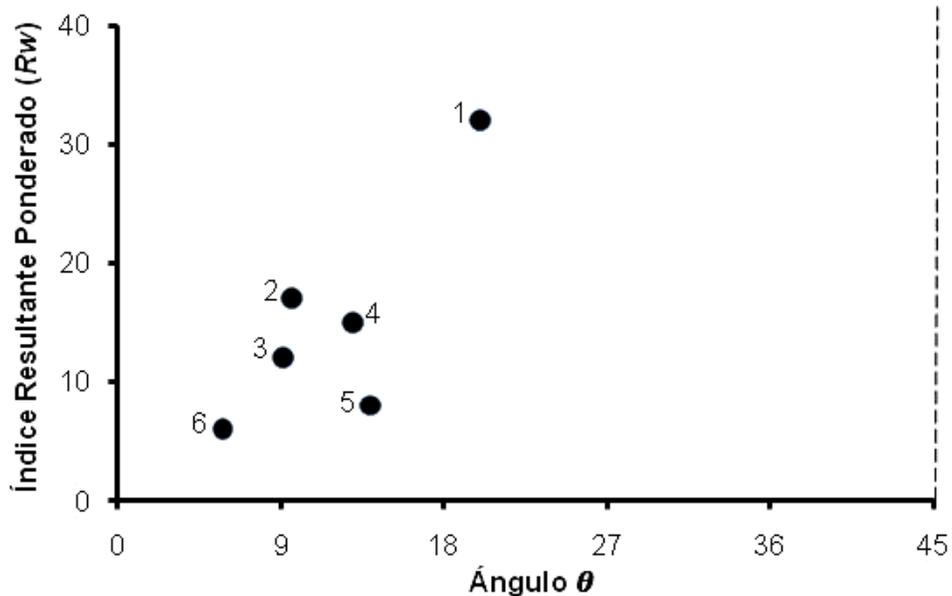


Figura 8. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta = 45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en PAO ($n=15$). 1. *R. maritima* 2. *G. vermiculophylla*, 3. *U. lactuca*, 4. Materia animal, 5. *H. johnstonii*, 6. Sustrato calcáreo.

Por su parte, los individuos muestreados en Laguna Ojo de Liebre (LOL) ($n= 21$) evidenciaron una dieta básicamente carnívora (Figura 9), sin embargo, esto debe analizarse con precaución ya que las dos salidas realizadas a la zona (15/06/09 y 13/08/09) fueron en la misma temporada (verano-otoño), pudiendo de este modo enmascarar hábitos alimentarios diferenciales relacionados con el cambio estructural de la comunidad bentónica coligado a variaciones ambientales estacionales.

La dieta de *C. mydas* en LOL estuvo compuesta por *G. textorii* ($R_w = 5$, $\%V = 6.32$ y $\%F = 100$), *C. microcladioides* ($R_w = 4$, $\%V = 5.8$ y $\%F = 60$), *C. amplivesiculatum* ($R_w = 4$, $\%V = 5.22$ y $\%F = 40$), *Z. marina* ($R_w = 8$, $\%V = 10.31$ y $\%F = 100$), *P. pacífica* ($R_w = 2.77$, $\%V = 3.59$ y $\%F = 50$) y materia animal ($R_w = 74$, $\%V = 68.76$ y $\%F = 100$).

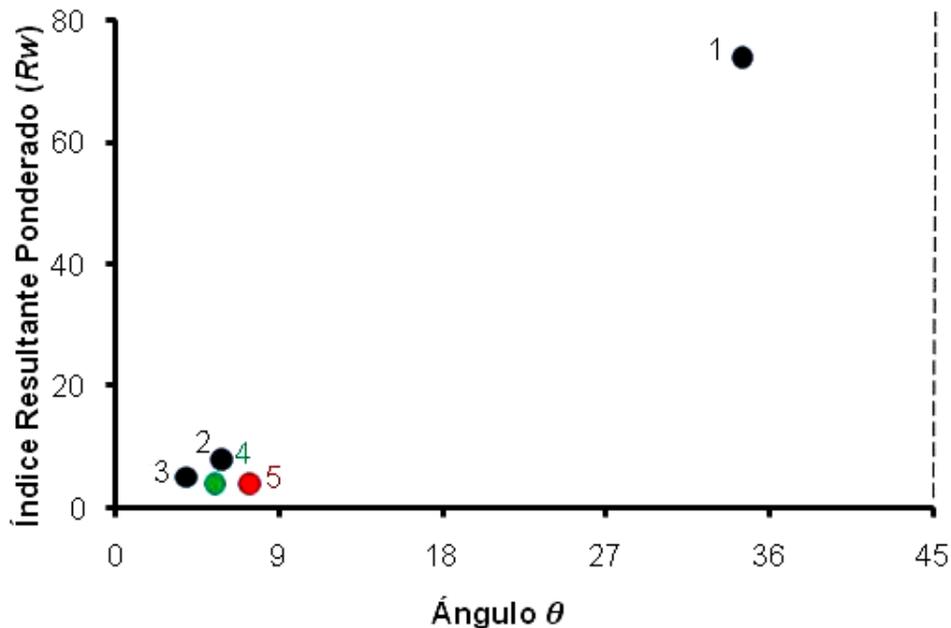


Figura 9. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en LOL ($n=21$). 1. Materia animal, 2. *Z. marina*, 3. *G. textorii*, 4. *C. microcladioides* 5. *C. amplivesiculatum*.

Un diagrama general (Figura 10) fue construido para comparar la distribución en el plano cartesiano (orden de importancia) y composición de la dieta de la tortuga verde en sus 4 zonas de alimentación de la costa occidental de B.C.S. donde se muestra claramente el importante aporte de las algas rojas, pastos marinos y materia animal.

Las diferencias estacionales en la dieta de la tortuga verde solo pudieron analizarse en BMG, por ser la única zona de la que se tienen datos de las dos épocas (verano-otoño, agosto-2008; noviembre 2008) e (invierno-primavera, febrero-2009); por tal razón se hace pertinente mostrar independientemente los diagramas (R_w), donde se evidencia una ligera modificación de los recursos consumidos por *C. mydas*. Es un hecho interesante el haber capturado un mismo individuo durante las dos salidas de la época verano otoño y observar cómo su dieta cambió, al parecer acorde a la sucesión de recursos inherente al cambio gradual de temperatura del agua: el animal cuyos códigos en sus marcas son (MD 457; ML 893), que en el mes

de agosto de 2008 se alimentó principalmente del pasto marino *R. maritima* y del alga verde *C. californica* para noviembre del mismo año se alimentaba de las algas rojas *G. vermiculophylla*, *H. johnstonii* y la esponja *S. aurantica*.

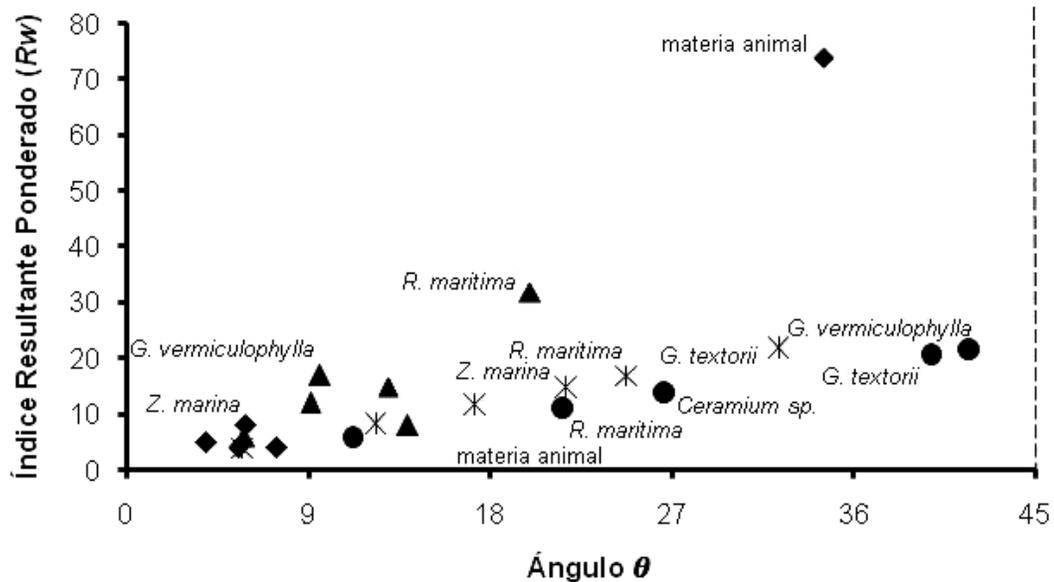


Figura10. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta=45^\circ$) de las principales presas encontradas en los contenidos esofágicos y estomacales de las tortugas verdes en BMG: círculo, LSI: asterisco, PAO: triángulo y LOL: rombo.

En la época de verano-otoño la composición de la dieta de las tortugas estuvo compuesta por *C. californica*, *G. textorii*, *G. vermiculophylla*, *H. johnstonii*, *J. crassa*, *S. filamentosa*, *R. maritima*, *Craniella sp.* *S. aurantica* y materia animal no identificada. Los componentes más representativos en la cuantificación de los lavados esofágicos fueron *G. vermiculophylla* ($R_w=62$, $\%V=57.92$ y $\%F=77$), *H. johnstonii* ($R_w=10$, $\%V=11.92$ y $\%F=69$), *G. textorii* ($R_w=12$, $\%V=11.15$ y $\%F=15$), *R. maritima* ($R_w=7$, $\%V=7.92$ y $\%F=23$) y *C. californica* ($R_w=4$, $\%V=5.85$ y $\%F=23$) (Figura 11).

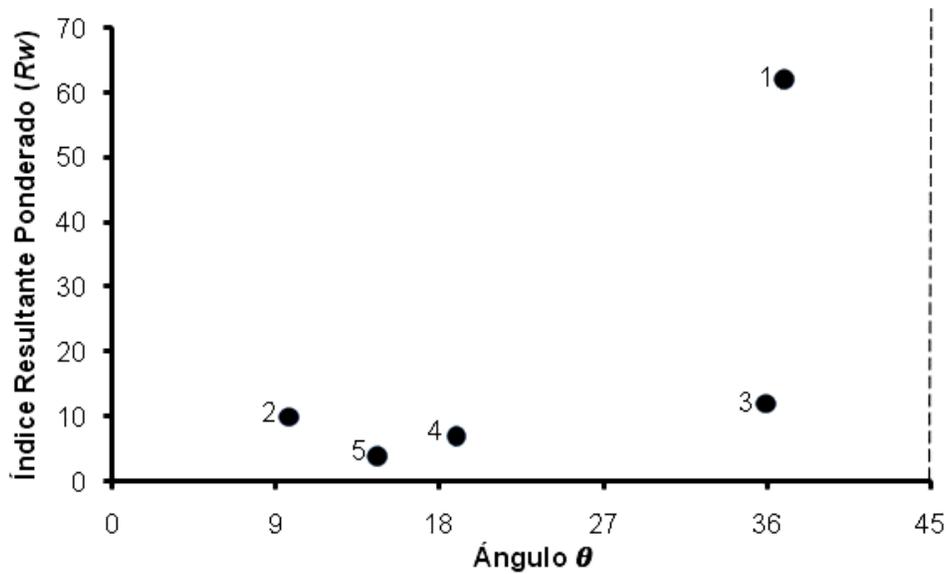


Figura 11. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta = 45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en Estero San Buto, BMG (n=13). 1. *G. vermiculophylla*, 2. *H. johnstonii*, 3. *G. textorii*, 4. *R. maritima* 5. *C. californica*.

Por su parte, en la época invierno-primavera los componentes fueron *C. amplivesiculatum*, *C. affine*, *G. vermiculophylla* y *R. mangle*, de los cuales los más representativos fueron *G. vermiculophylla* ($R_w = 78$, %V= 48.6 y %F= 60), *C. affine* ($R_w = 19$, %V= 17.4 y %F= 40) y *R. mangle* ($R_w = 3$, %V= 3.8 y %F= 40).

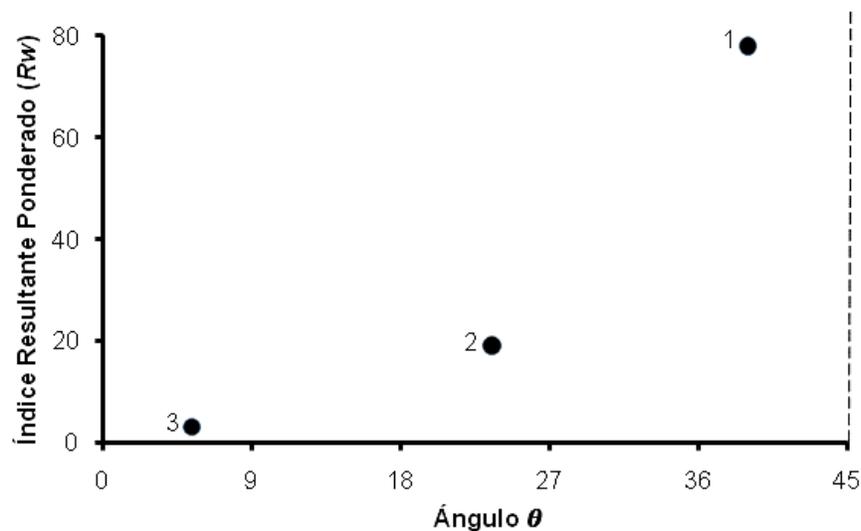


Figura 12. Índice resultante ponderado (R_w) graficado con respecto a un ángulo ($\theta = 45^\circ$) de las principales presas encontradas en los lavados esofágicos de las tortugas capturadas en Estero Banderitas, BMG (n=13). 1. *G. vermiculophylla*, 2. *C. affine*, 3. *R. mangle*.

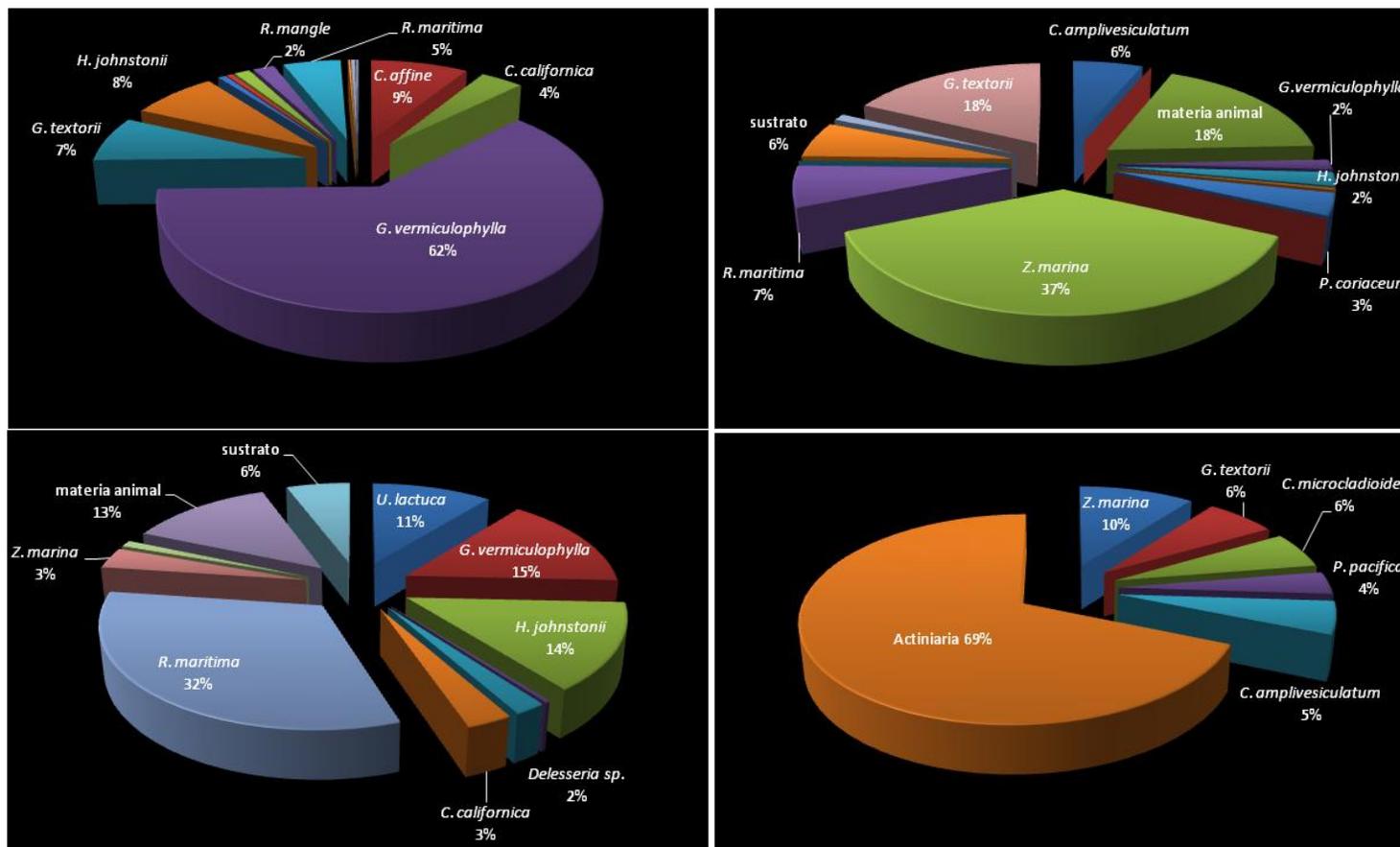


Figura 13. Volumen de los componentes dietarios para cada una de las zonas de estudio: a) BMG b) LSI c) PAO d) LOL encontrados en los lavados esofágicos y contenidos estomacales de *Chelonia mydas*.

7.2. ANÁLISIS ISOTÓPICOS

7.2.1. Señales isotópicas de las presas potenciales y tortugas verdes: Reconstrucción de la dieta.

En total se recolectaron 85 especímenes de presas potenciales pertenecientes a 46 especies entre BMG, LSI y LOL con el fin de establecer su señal isotópica, para ser comparadas entre sí y con las de las tortugas de cada zona (Tabla 5). Debido a inconvenientes logísticos no se obtuvieron muestras de hábitat en PAO, no así de tortugas. El grupo con mayor riqueza específica fue el de las algas rojas (Rhodophyta, n= 16), seguido por las algas pardas (Phaeophyta, n= 12), las algas verdes (Chlorophyta, n= 8), invertebrados marinos (n= 7) y fanerógamas marinas (n= 2).

En cuanto a *Chelonia mydas* la zona con mayor aporte de muestras de piel fue LOL (n= 21) seguida por PAO (n= 15), BMG (n= 10) y LSI (n= 8).

En BMG se presentaron diferencias significativas entre los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ en las algas rojas y las tortugas verdes ($H_{5,62} = 18.88$, $p < 0.05$); los valores menos enriquecidos los presentaron las algas rojas ($-24.20 \pm 0.89 \text{ ‰}$). En el análisis de similitud, se formaron dos grupos a una distancia de ligado de 95%, las fanerógamas marinas y las tortugas formaron un grupo consistente, mientras que los demás grupos presentaron valores más semejantes entre sí, siendo las algas pardas y los invertebrados los más relacionados.

En cuanto a LSI y LOL no hubo indicios de diferencias significativas entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre grupos. Para LSI fueron las algas pardas las que presentaron el valor promedio menos enriquecido ($-16.32 \pm 1.85 \text{ ‰}$) y para LOL fueron las algas verdes (-20.78 ‰).

Tabla 5. Lista de presas potenciales recolectadas en las cuatro zonas de estudio para análisis isotópicos.

	ESPECIE	ÁREA DE ESTUDIO		
		BMG	LSI	LOL
MACROALGAS	Rhodophyta			
	<i>Amphiroa dimorfa</i>		2	
	<i>Amphiroa zonata</i>		1	
	<i>Bonnemaisonia geniculata</i>	2		
	<i>Ceramium affine</i>	1		
	<i>Cryptonemia angustata</i>	1		
	<i>Gracilaria sp.</i>	2	1	
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	8	1	
	<i>Gracilariopsis sp.</i>	2		
	<i>Halymenia sp.</i>	1		
	<i>Hypnea johnstonii</i>	1		
	<i>Hypnea sp.</i>	6		
	<i>Hypnea filamentosa</i>	1		
	<i>Jania Crassa</i>	1		
	<i>Laurencia gardneri</i>			1
	<i>Laurencia pacifica</i>	1		
	<i>Polysiphonia sp.</i>			1
	<i>Spyridia filamentosa</i>	5		
	Chlorophyta			
<i>Caulerpa sertularioides</i>	4			
<i>Cladophora albida</i>	1			
<i>Codium amplivesiculatum</i>		1		
<i>Codium fragile</i>	1			
<i>Codium johnstonie</i>		1		
<i>Codium simulans</i>		1		
<i>Derbesia marina</i>			1	
<i>Ulva lactuca</i>		1		
Phaeophyta				
<i>Colpomenia tuberculata</i>	3			
<i>Dyctiota flabelatum</i>	2			
<i>Hydroclathrus clathratus</i>			1	
<i>Macrocystis pyrifera</i>			1	
<i>Padina concrescens</i>		1		
<i>Padina sp.</i>		1		
<i>Sargassum agardhianum</i>			1	
<i>Sargassum horridum</i>			2	
<i>Sargassum palmeri</i>		1		
<i>Sargassum sinicola</i>	1			
<i>Spatoglossum sp.</i>	1			
<i>Sporochnus pedunculatus</i>	1			
<i>Zostera marina</i>	2	6	2	
PASTOS MARINOS				
<i>Ruppia maritima</i>	1			
<i>Suberites aurantiaca</i>	1			
Esponja 1	1			
Esponja 2	1			
MATERIA ANIMAL				
Molusco 1		1	1	
Molusco 2		1		
Ofiuros		1		
No Identificado			1	

Tabla 6. Valores isotópicos promedio y error estándar de $\delta^{13}\text{C}$ para los grupos funcionales de presas potenciales y piel de *C. mydas* con el factor de corrección propuesto por Seminoff *et al.* (2006).

Taxa	ÁREA DE ESTUDIO					
	BMG		LSI		LOL	
	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n
Rhodophyta	-24.20 (0.89)	32	-11.35 (1.55)	4	-17.75	2
Chlorophyta	-23.50 (0.52)	6	-13.26 (1.29)	4	-20.78	1
Phaeophyta	-23.13 (1.03)	8	-16.32 (1.85)	3	-15.97 (3.29)	5
Fanerogamas	-18.72 (0.37)	3	-11.59 (0.33)	6	-13.35	2
Invertebrados	-23.09 (0.22)	3	-2.48 (1.64)	3		
<i>Chelonia mydas</i>	-18.27 (0.25)	10	-12.71 (0.48)	8	-14.20 (0.64)	21

El análisis de similitud en LSI mostró que *C. mydas* no se relacionó significativamente con ninguno de los grupos funcionales de presas potenciales, estando más cerca de los invertebrados. Las Rhodophyta y *Z. marina* formaron un grupo homogéneo relacionándose con las algas verdes a una distancia de ligado de 95%.

El resultado en LOL fue distinto, donde las tortugas tuvieron un valor promedio de $\delta^{13}\text{C}$ de -14.20 ‰ el cual se aproxima más al obtenido para *Z. marina* (-13.35 ‰). Este hecho es mostrado explícitamente en el cluster de similaridad, donde a su vez, las algas rojas y pardas conforman un grupo a una distancia de 95 % y las algas verdes no se agrupan significativamente con ninguno de los demás conjuntos, pues presentaron en promedio el valor menos enriquecido (-20.78 ‰).

En cuanto a las pruebas estadísticas aplicadas a los valores de $\delta^{15}\text{N}$ para las tres áreas, no se determinaron diferencias significativas entre los grupos en LSI ($H_{4,20} = 8.48$, $p > 0.05$) y LOL ($H_{4,12} = 2.68$ $p > 0.05$). Contrastantemente en BMG hubo diferencias entre los valores de las tortugas con las algas rojas y verdes ($H_{5,58} = 28.48$, $p < 0.05$). En BMG y LOL fue evidente el enriquecimiento en nitrógeno por parte de los consumidores con respecto a las macroalgas y *Z. marina* (de 0.58 ‰ a 2.67 ‰); en el caso de LSI fueron las algas verdes las que presentaron un mayor valor promedio de $\delta^{15}\text{N}$ (11.21 ‰) (Tabla 7).

Tabla 7. Valores isotópicos promedio y error estándar de $\delta^{15}\text{N}$ para los grupos funcionales de presas potenciales y piel de *C. mydas* con el factor de corrección propuesto por Seminoff *et al.* (2006).

Taxa	ÁREA DE ESTUDIO					
	BMG		LSI		LOL	
	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n
Rhodophyta	7.30 (0.04)	30	6.91 (1.07)	4	3.92	2
Chlorophyta	6.24 (0.39)	6	11.21 (1.65)	4	3.78	1
Phaeophyta	7.83 (0.44)	8	6.90 (1.1)	3	5.20 (0.9)	5
<i>Z. marina</i>	5.74	1	5.50 (0.2)	5	5.45	2
Invertebrados	8.41 (1.02)	3	9.96	2	4.46	1
<i>Chelonia mydas</i>	8.40 (0.34)	10	9.49 (0.5)	8	7.92 (0.26)	21

El análisis de similitud para Bahía Magdalena (BMG) relacionó estrechamente a *C. mydas* con los invertebrados. Hecho coherente con la teoría reportada en la literatura, la cual postula que existe un enriquecimiento de 3 a 5 ‰ en $\delta^{15}\text{N}$ entre presas y consumidores (Hobson & Clark, 1992, 1993; Kurle & Worthy, 2002). Además se formaron dos grupos homogéneos entre algas verdes y *Z. marina*, y algas rojas y pardas, respectivamente.

En Laguna San Ignacio (LSI) se dio una situación similar a BMG donde las tortugas formaron un conjunto con una distancia de ligado de 98 % (Figura 18). En este caso los valores isotópicos promedio de los consumidores tuvieron una mayor similitud con las Chlorophyta que con los demás grupos funcionales.

No obstante, en Laguna Ojo de Liebre (LOL) las tortugas verdes no se agruparon significativamente con ninguno de los grupos funcionales de presas potenciales (distancia de ligado de 72 %). Hubo a su vez dos grupos definidos, el primero entre Phaeophyta y *Z. marina*, y el segundo entre Rhodophyta y Chlorophyta. Los invertebrados estuvieron más relacionados a los valores promedios del segundo grupo (distancia de ligado de 92 %).

Por su parte, los valores del isótopo estable de azufre ($\delta^{34}\text{S}$) no presentaron diferencias significativas entre los grupos de presas potenciales en BMG y LOL

($H_{4,50} = 15.22$, $p > 0.05$; $H_{3,9} = 7.20$, $p > 0.05$); por el contrario, en LSI si hubo evidencias de diferencias significativas entre los valores promedio de las algas verdes y la fanerógama *Z. marina* ($H_{3,15} = 11.43$, $p < 0.05$). Los valores promedio con sus respectivos errores estándar se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8. Valores isotópicos promedio y error estándar de $\delta^{34}\text{S}$ para los grupos funcionales de presas potenciales y piel de *C. mydas* en tres de las zonas de estudio.

Taxa	ÁREA DE ESTUDIO					
	BMG		LSI		LOL	
	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n
Rhodophyta	19.98 (0.05)	30	18.15	2	17.83	2
Chlorophyta	20.35 (0.20)	6	21.03 (0.24)	4	20.94	1
Phaeophyta	19.05 (0.23)	8	19.90 (0.58)	3	19.50 (0.21)	4
<i>Z. marina</i>	9.9	2	12.36 (1.05)	6	16.58	2
Invertebrados	15.14 (0.80)	3				
<i>Chelonia mydas</i>	17.49 (0.63)	4	15.45 (0.46)	8	13.70 (0.19)	20

Una apreciación visual por medio de “clusters” (análisis de similitud) nos permitió relacionar en BMG a las tortugas verdes con los tres grupos de macroalgas contemplados en este estudio. Por su parte los invertebrados y *Z. marina* no evidenciaron una relación estrecha con estos quelonidos.

En Laguna San Ignacio (LSI) los valores de *Z. marina* fueron los más relacionados con las tortugas a pesar de no cumplir con la distancia de ligado estipulada como significativa en esta investigación (95 %). Los valores promedio de $\delta^{34}\text{S}$ de las macroalgas al igual que en Bahía Magdalena estuvieron más relacionados entre sí que con los demás grupos.

En el caso de Laguna Ojo de Liebre las tortugas marinas no se agruparon significativamente con los valores de las presas potenciales (distancia de ligado de 85 %). Además, las algas verdes y pardas conformaron un grupo mientras que las algas rojas y *Z. marina* se relacionaron más entre sí.

Para ofrecer una visión de cómo se relacionaron entre sí los valores isotópicos promedio de C, N y S en las zonas de estudio se presentan a continuación gráficos de dispersión con sus respectivas desviaciones estándar.

Considerando la premisa de que los valores isotópicos de carbono entre fuentes y consumidor sufren un fraccionamiento de aproximadamente 1 ‰ en BMG se encontró que son las fanerógamas marinas las que se aproximan más a la tortuga verde. Esto es consistente también para los valores de nitrógeno, pues aunque el fraccionamiento de este isótopo es mucho mayor entre presa-predador, esta gráfica fue construida con los valores corregidos por el factor de discriminación propuesto por Seminoff *et al.* (2006).

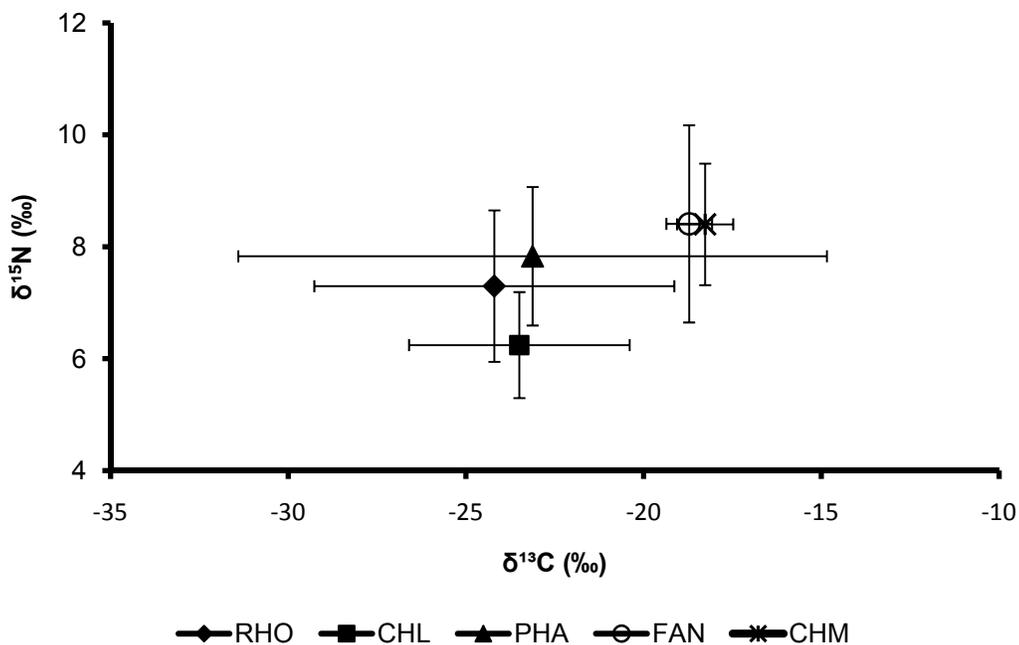


Figura 14. δ¹³C y δ¹⁵N (promedio ± DE) de los valores isotópicos en BMG. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, FAN: fanerógamas y CHM: *C. mydas*.

Los valores de ³⁴S fueron coherentes con los presentados por el carbono, lo que nos confirma que estos dos isótopos son herramientas útiles para determinar el lugar donde las tortugas han estado alimentándose.

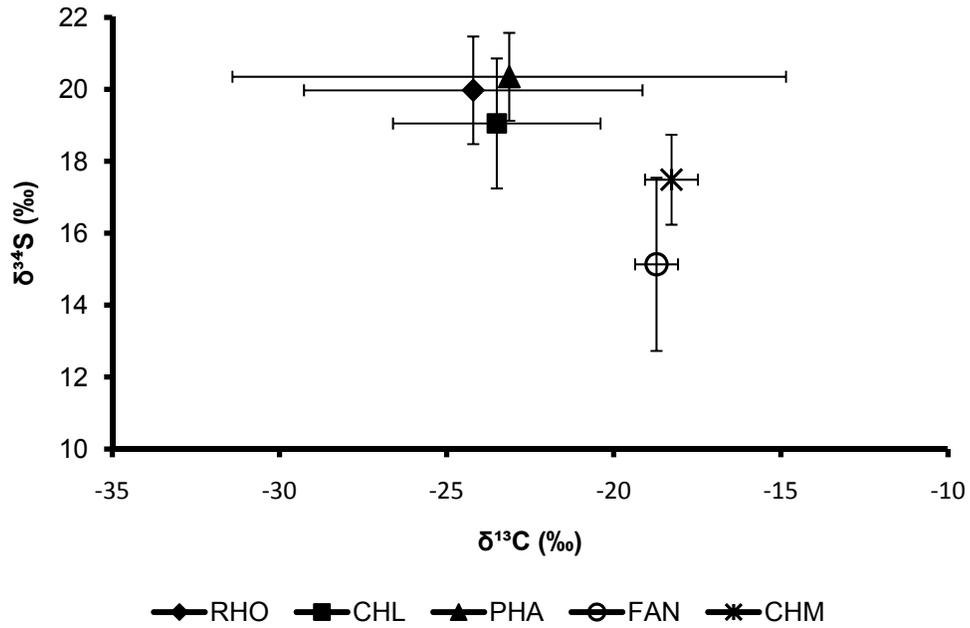


Figura 15. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en BMG. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, FAN: fanerógamas y CHM: *C. mydas*.

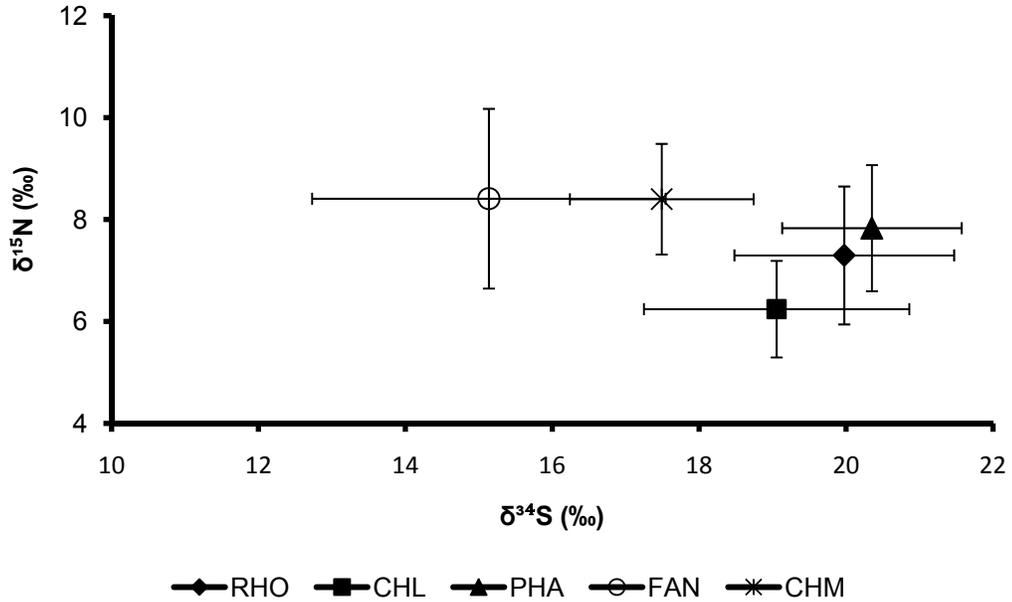


Figura 16. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en BMG. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, FAN: fanerógamas y CHM: *C. mydas*.

En Laguna San Ignacio, al contrario de lo que se esperaba, fueron las algas verdes las que tuvieron una firma isotópica más enriquecida en $\delta^{15}\text{N}$, sin embargo *C. mydas* no distó mucho de este valor. Los promedios de estos dos grupos también estuvieron cercanos en ^{13}C , así como con las algas rojas y el pasto marino *Z. marina*.

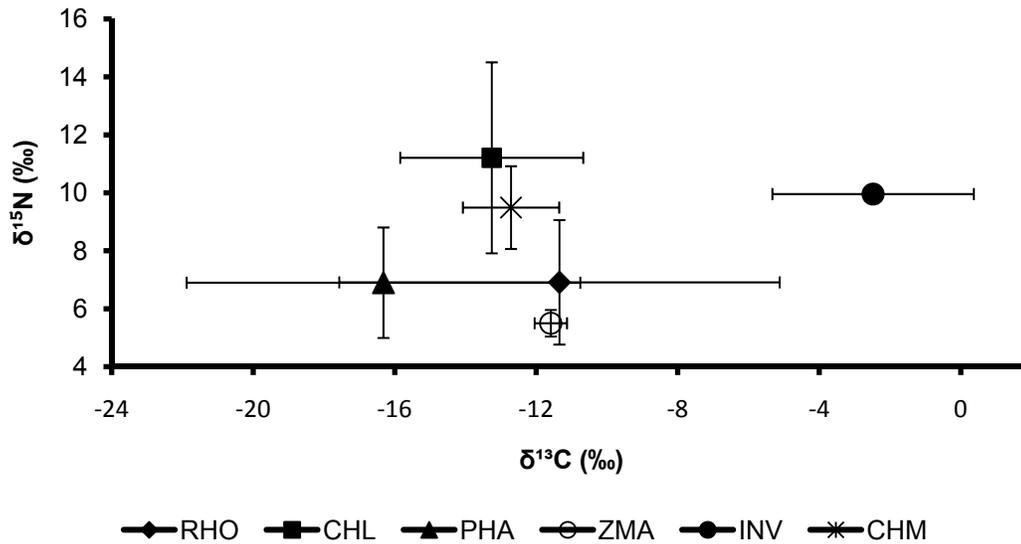


Figura 17. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LSI. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*.

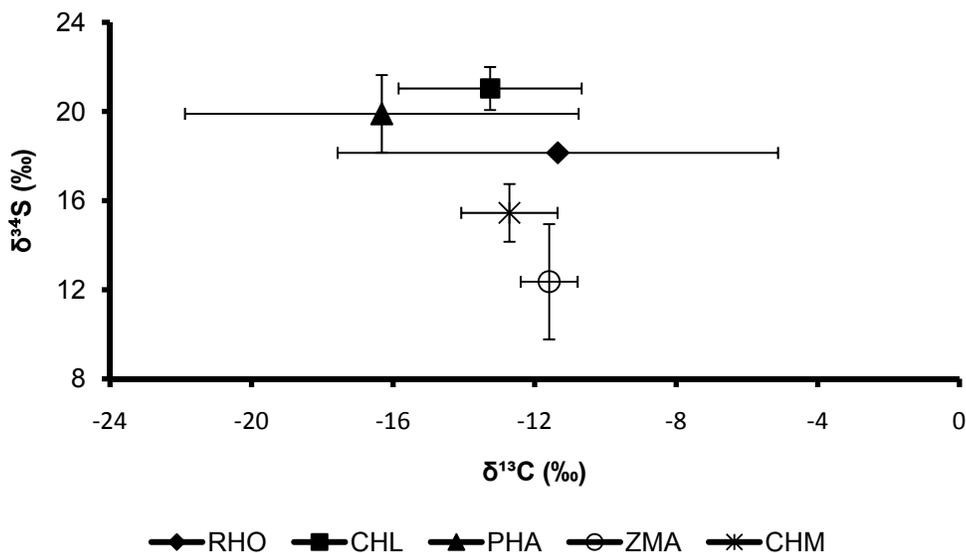


Figura 18. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LSI. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*.

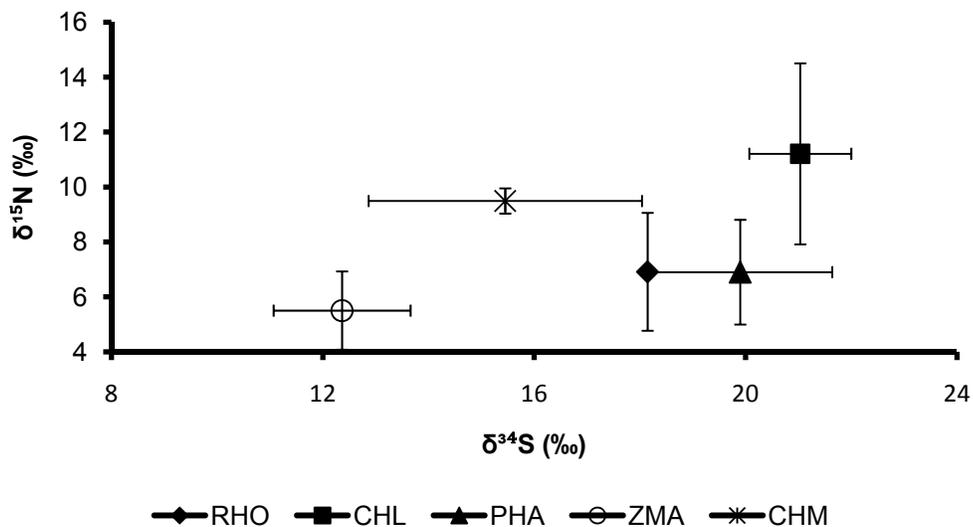


Figura 19. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LSI. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*.

Por su parte, los valores de carbono para Laguna Ojo de Liebre, relacionaron a las tortugas con los pastos marinos, e invertebrados. Adicionalmente las tortugas presentaron la señal isotópica más enriquecida, hecho que resulta interesante ya que los valores usados habían sido corregidos previamente.

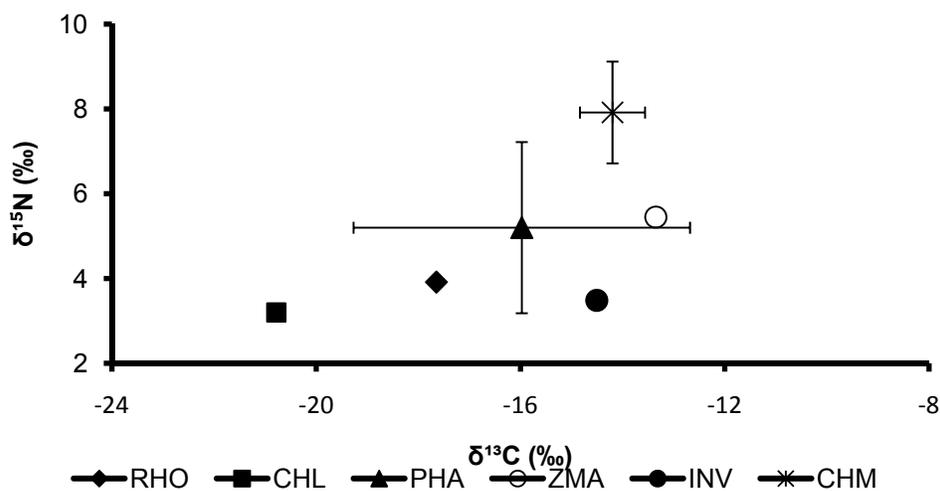


Figura 20. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LOL. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*.

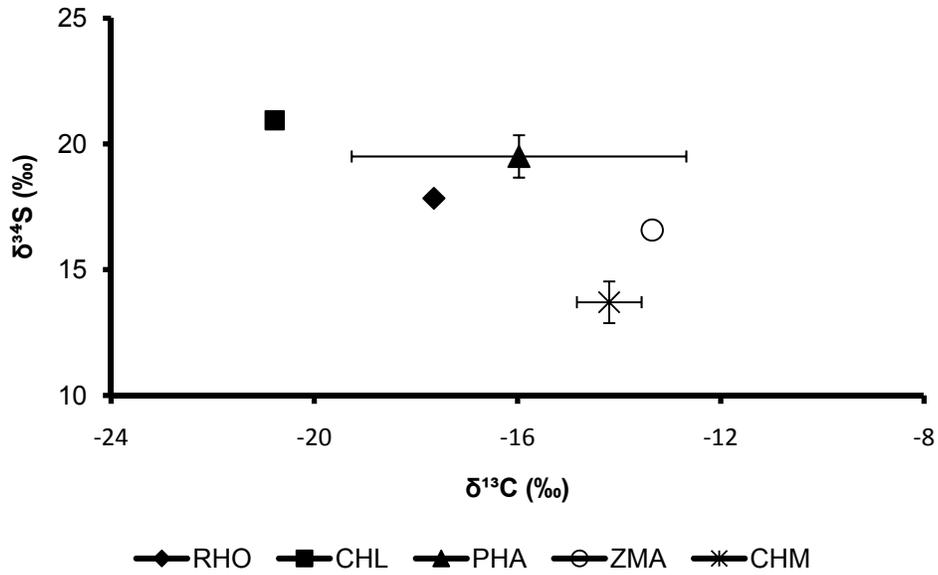


Figura 21. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LOL. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*.

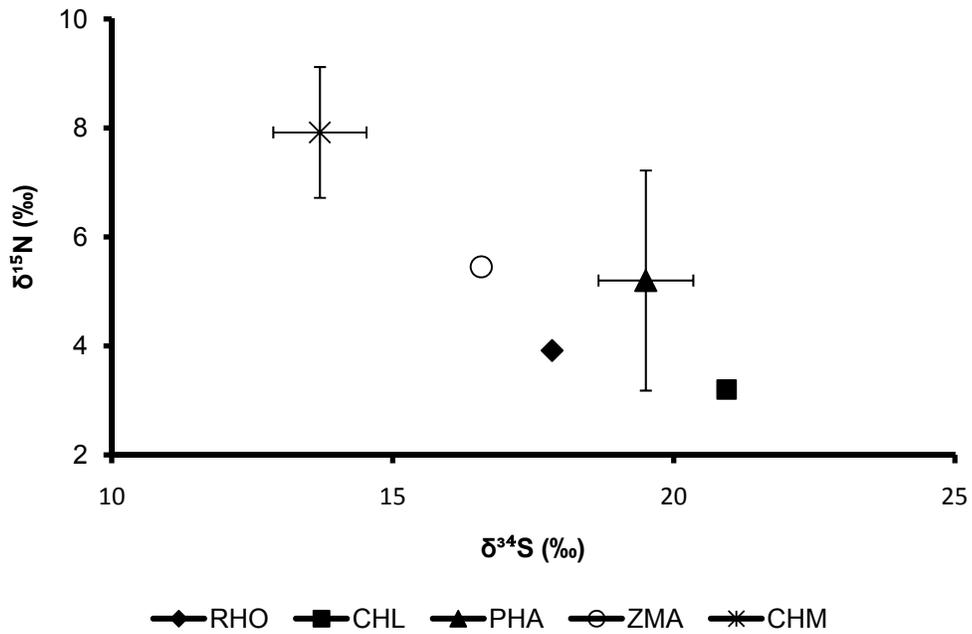


Figura 22. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ (promedio \pm DE) de los valores isotópicos en LOL. RHO: Rhodophyta, CHL: Chlorophyta, PHA: Phaeophyta, ZMA: *Z. marina*, INV: invertebrados y CHM: *C. mydas*.

Una buena integración de la información anteriormente expuesta y siguiendo la premisa “eres lo que comes” la comparación gráfica entre las firmas isotópicas de las tortugas en las cuatro zonas nos da una idea más fehaciente de los hábitos alimentarios y el estatus trófico de *Chelonia mydas* en las cuatro lagunas.

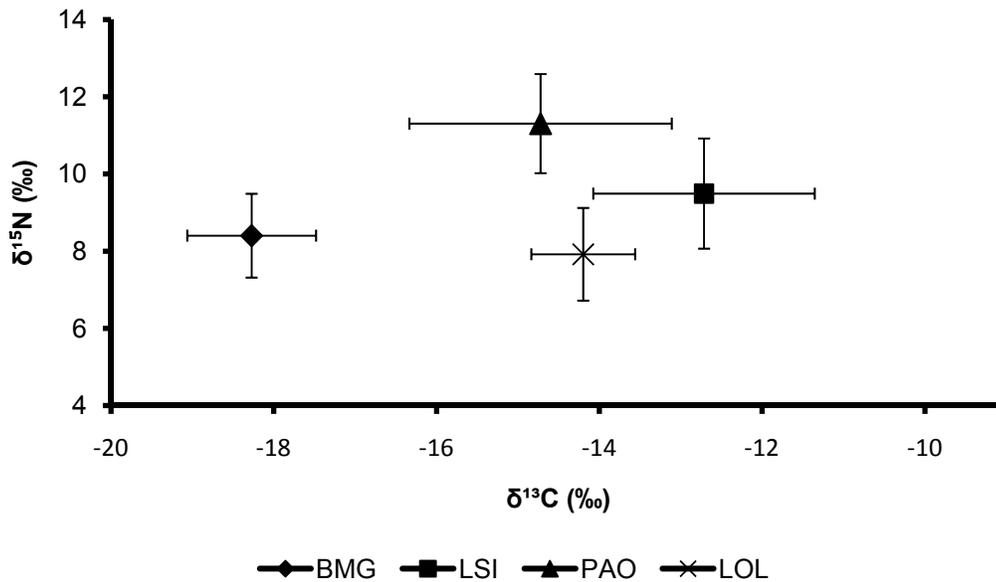


Figura 23. Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en piel de *C. mydas* con el factor de discriminación propuesto por Seminoff *et al.* (2006).

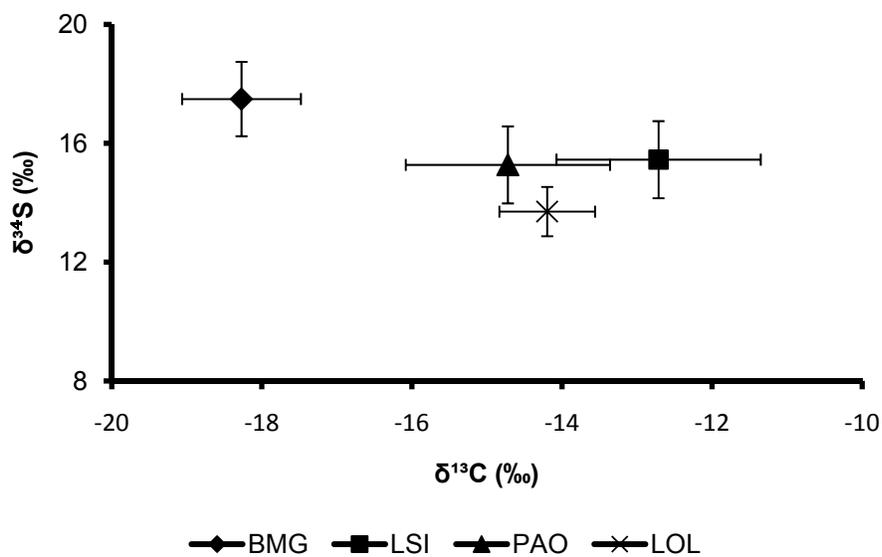


Figura 24. Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{34}\text{S}$ en piel de *C. mydas* con el factor de discriminación propuesto por Seminoff *et al.* (2006).

Vemos como las tortugas presentan un mayor nivel trófico en PAO, seguidas por LSI, BMG y por último LOL. También es evidente un gradiente latitudinal en los valores de ^{34}S , dándonos una idea de la exactitud que este isótopo como marcador de uso del uso de diferentes hábitats.

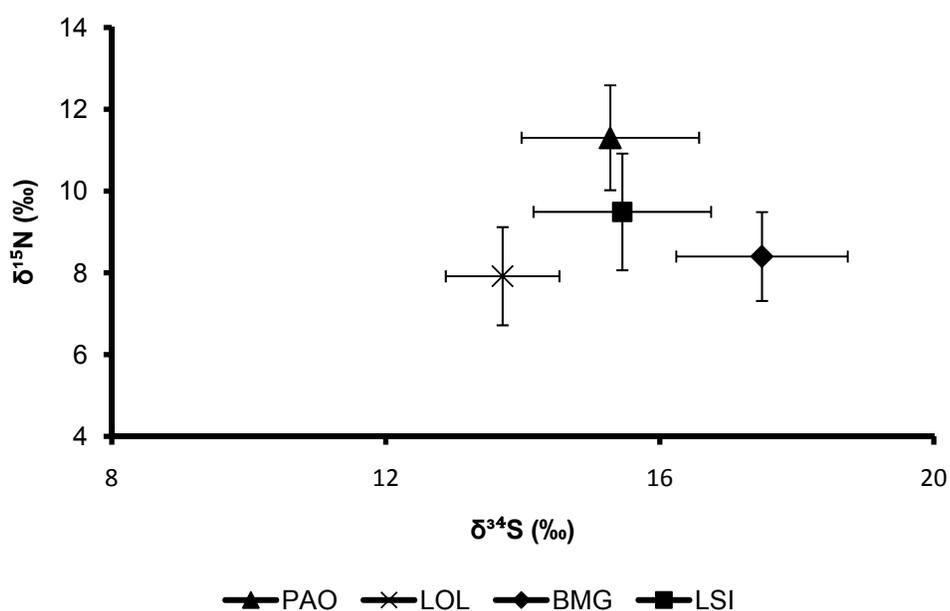


Figura 25. Valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ en piel de *C. mydas* con el factor de discriminación propuesto por Seminoff *et al.* (2006).

Tabla 9. Valores isotópicos promedio y error estándar para los tejidos de *C. mydas* en las cuatro zonas de alimentación.

Isótopo	ÁREA DE ESTUDIO							
	BMG		LSI		PAO		LOL	
	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n
$\delta^{13}\text{C}$	-18.27 (0.25)	10	-12.71 (0.48)	8	-14.72 (0.42)	15	-14.20 (0.14)	21
$\delta^{15}\text{N}$	8.40 (0.34)	10	9.49 (0.5)	8	11.30 (0.33)	15	7.92 (0.26)	21
$\delta^{34}\text{S}$	17.49 (0.63)	4	15.45 (0.46)	8	15.28 (0.55)	15	13.70 (0.19)	20

7.2.2. Comparación temporal en Bahía Magdalena

El análisis temporal de la proporción de isótopos en los grupos de presas potenciales tampoco mostró diferencias significativas. Es importante señalar que no todos los grupos se obtuvieron durante las dos temporadas de muestreo, por lo que este análisis solo se aplicó a las algas rojas y algas verdes. A manera de comparación se incluyeron los valores de *Chelonia mydas* para las dos temporadas. De manera general, no hubo un patrón en el comportamiento de los isótopos ^{13}C y ^{15}N entre temporadas, mientras que los valores de ^{34}S siempre fueron mayores en la temporada 1 (Primavera/verano) que en la temporada 2 (otoño/invierno) (Tabla 10).

Tabla 10. Valores isotópicos (promedio y error estándar) para Rhodophyta, Chlorophyta y *C. mydas* en BMG. P/V: primavera/verano y O/I: otoño/invierno.

Especie	ISÓTOPO						Temporada
	$\delta^{13}\text{C}$		$\delta^{15}\text{N}$		$\delta^{34}\text{S}$		
	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n	Promedio (EE)	n	
Rhodophyta	-23.22 (0.52)	12	6.94 (0.30)	11	20.77 (0.40)	12	P/V
	-25.04 (1.45)	19	7.57 (0.08)	18	19.57 (0.32)	18	O/I
Chlorophyta	-23.83 (0.83)	3	6.55 (0.72)	3	21.14 (0.32)	3	P/V
	-23.16 (2.69)	3	5.93 (0.37)	3	19.56 (0.71)	3	O/I
<i>Chelonia mydas</i>	-18.40 (0.35)	7	8.30 (0.38)	7	18.32	2	P/V
	-17.96 (0.14)	3	8.62 (0.86)	3	16.66	2	O/I

7.2.3. Cuantificación de la dieta: aproximación a partir de un modelo de mezcla.

Al hacer las corridas en el modelo de mezcla IsoSource con los tres isótopos a la vez, el programa ejecutó las iteraciones pertinentes, suministrándonos las proporciones en orden de importancia (porcentajes) de cada uno de los grupos funcionales en la dieta de la tortuga verde del Pacífico Oriental en las lagunas costeras de Baja California Sur (Tabla 9).

Tabla 11. Resultados obtenidos por el modelo de mezcla IsoSource al integrar a sus corridas los valores isotópicos de *C. mydas* con respecto al de sus presas potenciales.

	ÁREA DE ESTUDIO		
	BMG	LSI	LOL
TAXA	%	%	%
Rhodophyta	32.4	6.2	5.6
Chlorophyta	34	38.6	3
Phaeophyta		25.5	7.6
<i>Z. marina</i>	0.5	13.7	79.1
Invertebrados	33	16	4.7
Incremento %	1	1	1
Tolerancia ‰	5	1	3

Los porcentajes de aporte a la dieta de las tortugas por parte de las distintas fuentes al usar los tres isótopos fue muy aproximado a lo encontrado por los análisis de contenidos esofágicos y estomacales. Estos resultados contrastan con lo obtenido al hacer las corridas con los valores de carbono y nitrógeno, los cuales han sido tradicionalmente usados para este tipo de estudios. Aparentemente las tortugas tienen una dieta más rica en proteína animal en Bahía Magdalena, seguida por Laguna San Ignacio y Punta Abrejos. Por su parte en PAO el aporte a la dieta de *Z. marina* fue muy importante (79%).

8. DISCUSIÓN

La distribución de tallas de las tortugas indicó que en LSI se presentaron los organismos de mayor tamaño, resultado interesante ya que López-Castro *et al.* (2010) reportaron esta laguna como la zona en que *C. mydas* exhibe la mayor frecuencia de tallas pequeñas entre las áreas de alimentación de B.C.S. Este hecho es atribuible a que no se pudo muestrear en el punto tradicional: El Remate, localizado en el interior de la laguna y donde se agregan los individuos de menor tamaño, quienes requieren un lugar protegido de depredadores y fuertes condiciones oceanográficas (Koch *et al.*, 2007). El monitoreo tuvo que realizarse en La Piedrita, zona adyacente y donde probablemente se agregan tortugas de mayor tamaño las cuales tienen una capacidad natatoria más desarrollada y cuyo tamaño las hace menos vulnerables a los depredadores naturales (López-Mendilaharsu *et al.*, 2005).

En cuanto al Índice de Condición Corporal (*ICC*), los resultados en BMG, LSI y LOL fueron muy similares a los valores reportados en estudios precedentes para la península (Seminoff *et al.*, 2003, 1.42 ± 0.01 ; Koch *et al.*, 2007, 1.62 ± 0.35) lo que es una medida indirecta del buen estado físico de los animales en las tres áreas (Bjorndal *et al.*, 2000). Contrastantemente el valor obtenido para PAO resulta similar al reportado por Caldwell (1962) (1.21 ± 0.02) para tortugas del Golfo de California cuando no se había diezmado en un 95% las anidaciones de *C. mydas* a causa del saqueo de huevos y caza de organismos adultos y subadultos (Cliffon *et al.*, 1982; Alvarado-Díaz *et al.*, 2001), lo que puede estar sugiriendo que la capacidad de carga del sistema está siendo afectada por la cantidad de individuos, pues se ha comprobado que en esta zona la captura por unidad de esfuerzo en cada monitoreo es mucho mayor que en las demás áreas (López-Castro *et al.*, 2010).

8.1. DIVERSIDAD Y AMPLITUD TRÓFICA.

La dieta de la tortuga verde en la costa occidental de B.C.S. es principalmente herbívora donde las algas y pastos marinos fueron los componentes más

consumidos. Más del 50% de las tortugas comieron algún tipo de macroalga y fanerógama a la vez. El consumo de materia animal fue menor, ~25 % de las tortugas comieron algún tipo de invertebrado lo que resulta coherente con investigaciones realizadas en la península por diversos autores (Seminoff *et al.*, 2002; López-Mendilaharsu *et al.*, 2005, Santos-Baca, 2008).

En el caso particular de **Bahía Magdalena** *Gracilaria vermiculophylla* y *G. textorii* fueron los componentes más consistentes en su relación frecuencia-volumen, resultado observado con anterioridad en trabajos dentro del Estero Banderitas (López-Mendilaharsu *et al.*, 2005; 2008), lo que podría responder a su alta disponibilidad en el medio a lo largo del año (Hernández-Carmona *et al.*, 2007) y contenido nutricional (Villegas-Nava, 2006). Ambas algas rojas se presentaron en los dos esteros tenidos en cuenta para la zona acompañados de la Chlorophyta epífita *Chaetomorpha californica*.

Talavera *et al.* (2007) determinaron que *Ruppia maritima* es un componente importante en la dieta de *C. mydas* para BMG (V= 8.70 %), proponiendo que las tortugas muestreadas en Banderitas se alimentan fuera del estero, reflejo de la incongruencia entre los perfiles de metales pesados de sus contenidos estomacales y de las mismas especies presa recolectadas en el medio. El hecho de que en el presente estudio se haya determinado a *R. maritima* como un componente principal en la dieta de los individuos en San Buto (V= 7.92 %), nos permite sugerir una conectividad entre los dos esteros dada su proximidad geográfica, donde las tortugas se estarían moviendo utilizando los cambios diarios de mareas (Brooks *et al.*, 2009).

La comparación entre temporadas dilucidó una estabilidad marcada de *G. vermiculophylla* como componente principal de la dieta. Este patrón podría atribuirse a su disponibilidad en el medio a lo largo del año (González-Ramos & Santos-Baca, 2005), comportamiento que ya había sido mencionado por algunos autores (Balazs, 1980; Bjorndal, 1980; Mortimer, 1982; Garnett *et al.*, 1985; Lopez-Mendilaharsu *et al.*, 2003). Sin embargo no se descarta una selección por parte de los individuos (Ross, 1985; Brand-Grardner *et al.*, 1999; López-Mendilaharsu *et al.*, 2008; Russell *et al.*,

2003; McDermid *et al.*, 2007) pues se han encontrado diferencias en la selección de la alimentación dependiendo de la estación del año (López-Mendilaharsu *et al.*, 2005).

Otro hecho remarcable fue el consumo de hojas de la planta vascular *Rizophora mangle* en el Estero Banderitas, pues aunque se había reportado el consumo de propágulos del mangle negro (*Avicennia germinans*) no se encontraron evidencias de la presencia de alguna estructura del mangle rojo en la dieta de *C. mydas*. Este dato sugiere que los animales al permanecer en áreas someras de la laguna y canales pueden también estar alimentándose facultativamente, ya que en dichas áreas la presencia de estas plantas es abundante.

Como se ha mencionado a lo largo del documento, es la primera vez que se realiza un estudio dietario de la tortuga verde en LSI, PAO y LOL; lo que confiere especial importancia no solo para caracterizar los hábitos alimentarios de este quelonio sino para reafirmar la importancia de conservar estas zonas pertenecientes al área natural protegida más grande del país “Reserva de la Biósfera el Vizcaíno” (Breceda *et al.*, 1991).

En **Laguna San Ignacio** se pudo constatar que la técnica de lavados esofágicos es un buen indicador de la dieta de los individuos vivos al ser comparada con los resultados encontrados en los análisis estomacales de organismos muertos. *Gracilaria textorii* alga roja de afinidad templada (Abbot & Hollenberg, 1976) fue el componente más consistente con un *Rw* de 21.96 en la ponderación de análisis estomacales y esofágicos. Esta macroalga se encuentra ampliamente distribuida dentro de la laguna, lo que garantiza una alta abundancia disponible para las tortugas residentes (Núñez-López, 1996).

El agua se considera un nutriente en los ecosistemas marinos (Shimada, 2005) y precisamente las algas rojas, en particular las del género *Gracilaria* poseen un alto porcentaje de humedad (Villegas Nava, 2006; 5.65 % \pm 0.52). Adicionalmente, se postula que el depredador va a mostrar preferencia por aquellas presas que

presenten un mayor aporte de nutrientes y consecuentemente de energía “*Teoría del forrajeo óptimo*” (MacArthur & Pianka, 1966).

Las fanerógamas marinas *R. maritima* y *Z. marina* fueron encontradas copiosamente en los contenidos analizados, presentándose en el 92.86 % de los individuos y siendo consumidos por un mismo animal a la vez. Se ha determinado que los pastos representan un buen aporte de fibra para las tortugas; que si bien se ha propuesto que es un componente casi exclusivo de la dieta de organismos de tallas mayores (López-Mendilaharsu *et al.*, 2005), en LSI encontramos tortugas con una distribución de tallas $LCC = 65.1 \text{ cm} \pm 16.49$. A pesar de que la lignina que poseen los pastos en las paredes celulares de la epidermis dificulta su digestión por parte de algunos organismos, esta misma característica favorece que la pérdida de agua sea menor (Dawes, 1998). Este atributo sumado a la presencia de poros para la absorción de nutrientes y agua le confieren una complejidad estructural que le permite a las fanerógamas almacenar una gran cantidad de agua que subsecuentemente será aportada a sus depredadores (Dawes, 1998).

Codium es un género de Chlorophyta cosmopolita que ha sido reportado extensamente como componente de la dieta de *Chelonia mydas* (Mortimer, 1981; Darré Castell, 2005; López-Mendilaharsu, 2005; Arthur & Balazs, 2008; Carrión, 2008) y en los contenidos estomacales de individuos muertos analizados en esta investigación obtuvo el 14.79 % de volumen relativo. Su selección por parte de las tortugas probablemente se atribuya al contenido de minerales (medido en forma de cenizas en análisis químicos proximales) que para esta macroalga en BMG se determinó en $64.85 \% \pm 1.27$ (Villegas Nava, 2006). Estos minerales son necesarios para la elaboración de tejidos y síntesis de hormonas y en la mayor cantidad de reacciones químicas en las que intervienen las enzimas (Stryer, 2001).

El alga parda *Colpomenia tuberculata* fue encontrada en tres de los estómagos de las tortugas muertas. Las Phaeophyta no se consideran componentes importantes en la dieta de las tortugas marinas por su alta concentración de taninos, cuya función es contrarrestar el herbivorismo por medio de la alta toxicidad que se presenta en su

consumo, incluso cuando son jóvenes (Van-Alstyne *et al.*, 2001) fase en la que la palatabilidad de las algas es mayor para sus consumidores (Stern & Hensse, 1994).

Por su parte, en **Punta Abreojos** la ficoflora es más característica de ambientes templados que tropicales. Esto puede deberse a que la laguna se encuentra en una zona de surgencias (Espinoza-Avalos, 1993), con aguas frías y altas concentraciones de nutrientes. Los valores reportados por Riosmena-Rodríguez *et al.* (2005) indican que el pasto *Phyllospadix torreyi* es la especie más abundante seguida por cinco macroalgas. Sin embargo, el componente más consumido por las tortugas en la zona fue *Ruppia maritima*, fanerogama de rápido crecimiento y excelente competidor cuando las condiciones del medio son desfavorables para las especies dominantes (Johnson *et al.*, 2003). *R. maritima* no había sido reportada como especie conformadora del elenco de flora de PAO (Riosmena-Rodríguez *et al.*, 2005) pero se ha comprobado su capacidad de colonización a lo largo del Golfo de California y la costa occidental (López-Calderón *et al.*, en prensa).

Nuevamente *G. vermiculophylla* fue uno de los recursos más asiduamente consumidos por los animales. Su gran disponibilidad en el medio puede comprenderse por su reproducción asexual, la cual tiene la ventaja de requerir un menor gasto energético para la formación de esporas (Mateo-Cid *et al.*, 1993).

A escala latitudinal o geográfica, los factores más importantes que determinan la distribución de las algas marinas son la temperatura y la luz (Abbot & North, 1971), mientras que a nivel local, son factores como tipo de sustrato, salinidad y régimen de mareas (Kendrick *et al.*, 1990).

En **Laguna Ojo de Liebre** es el tipo de sustrato lo que determina la distribución de las macroalgas, presentando un menor número específico de la ficoflora en relación a varias zonas del Golfo y costa occidental de B.C.S. pues su predominante fondo arenoso no permite la fijación y desarrollo de las macroalgas (Águila-Rámirez, 1998). Cabe señalar que la mayor parte de algas bentónicas se adhieren al sustrato por medio de una célula basal, un disco de fijación, hápteras o con todo el talo, por lo

que su presencia en la mayoría de los casos está restringida a sustratos duros (Santelices, 1977).

Aparte del sustrato, el disturbio físico y biológico altera la diversidad algal en las comunidades bentónicas (Villalard-Bohnsack & Harlyn, 1992). Santelices (1977) menciona que en fondos arenosos con pocas rocas, el movimiento del agua puede limitar el crecimiento de las algas ya que su desarrollo se verá inhibido por la abrasión continua de la arena o incluso el mismo movimiento del agua puede enterrar o destruir el talo del alga.

El sustrato de LOL estuvo cubierto casi en su totalidad por anémonas del orden Actiniaria (observación personal) y para las tortugas muestreadas en agosto de 2009 (n= 18) ocupó casi el 100% de su contenido esofágico, lo que resulta interesante pues no se había mencionado dicho hábito alimentario para la tortuga verde. Ya ha sido reportado que la materia animal es una fuente de proteína importante para el desarrollo de *C. mydas* del Pacífico Oriental y su mayor consumo de invertebrados con respecto a las demás poblaciones (Bjorndal 1985; Seminoff *et al.*, 2003; López-Mendilaharsu *et al.*, 2005).

8.2. SEÑALES ISOTÓPICAS DE LAS PRESAS POTENCIALES

Para hacer una adecuada descripción de las relaciones tróficas de cualquier organismo utilizando a los isótopos estables como herramienta, resulta necesario describir los patrones naturales de variación de sus presas potenciales. Los valores isotópicos de las presas potenciales de *C. mydas*, en general reflejaron su posición dentro de la red trófica y en algunos casos permitieron identificar posibles relaciones tróficas entre algunos de los grupos.

$\delta^{13}\text{C}$. La variabilidad del $\delta^{13}\text{C}$ se ha relacionado con las diferentes fuentes que los productores primarios utilizan para llevar a cabo la fotosíntesis, el cual es un

proceso muy influyente en el $\delta^{13}\text{C}$ que será integrado a la biomasa y por consiguiente a la trama trófica (De Niro & Epstein, 1978; Kelly, 2000).

En general se presentó un enriquecimiento por parte de las fanerógamas marinas con respecto al resto de grupos funcionales. Se ha discutido que los pastos marinos suelen estar enriquecidos en ^{13}C con respecto a las macroalgas marinas (Román-Reyes, 2003). La variabilidad en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ dentro del grupo de los productores primarios se ha asociado a las diferencias en la discriminación isotópica causadas por las características de cada grupo (tasa de crecimiento, tasa de difusión, vía fotosintética, distribución, etcétera) y de sus fuentes primarias de nutrientes (tipo, origen, concentración, etcétera) (Jennings *et al.*, 1997).

Por su parte, los valores isotópicos reportados en distintas especies de macroalgas para las 3 zonas (BMG, LSI y LOL) presentaron un claro patrón latitudinal inverso al asignado para fitoplancton marino, en el que se ha detectado una variabilidad del $\delta^{13}\text{C}$, mostrándose comparativamente más bajo en altas latitudes debido a que por diferentes procesos oceanográficos y atmosféricos existe una mayor cantidad de ^{12}C (Best & Schell, 1996).

Los invertebrados en BMG presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ que se localizaron en el intervalo de los valores de las macroalgas, sugiriendo que las presas de las esponjas y moluscos están utilizando las mismas fuentes de carbono que las algas para su desarrollo, dado que estos organismos no se alimentan directamente de las macroalgas (Lasker, 1981; Brusca & Brusca, 1999). Esta relación podría establecerse a través del detritus. Dicha relación, ya había sido descrita por el análisis de isótopos estables en otros sitios (Sulak *et al.*, 2006) y de hecho, se ha señalado la importancia de las macroalgas como fuente de materia orgánica en las zonas costeras, principalmente en forma de detritus (aproximadamente 80% de la biomasa disponible), el cual puede incorporarse de manera eficiente a las redes tróficas (Rodríguez, 2000).

Más al norte, en LSI los invertebrados estuvieron muy enriquecidos con respecto a los productores, debido probablemente a que no están utilizando las mismas fuentes de carbono que las algas y pastos marinos pues aunque se ha determinado que las algas pardas juega un papel significativo en las redes tróficas costeras (Thayer *et al.*, 1978; McConnaughey & McRoy, 1979) su papel como refugio suele ser más importante (Rooker *et al.*, 2006). Lo que resulta coherente ya que los moluscos se recolectaron asociados a Phaeophyta.

$\delta^{15}\text{N}$. La poca variabilidad que se presentó en los isótopos de nitrógeno en las presas potenciales, limitó la técnica para trazar las fuentes de nitrógeno. A pesar de esto, esta señal pudo utilizarse como indicadora del estatus trófico de la tortuga, de acuerdo al supuesto de que los niveles tróficos superiores presentarán una $\delta^{15}\text{N}$ mayor que los niveles inferiores (De Niro & Epstein, 1981; Roman-Reyes, 2003). Anteriormente, ya se había observado que esta señal tiende a ser poco variable entre productores (Rocker *et al.*, 2006). Este aspecto, hace que los isótopos de nitrógeno sean poco útiles para discriminar entre distintas fuentes vegetales de alimento, pero adecuados para establecer el valor que sirve como base de comparación para distinguir niveles tróficos superiores de la cadena de alimentos (Leite *et al.*, 2002).

La poca variabilidad que se presenta entre productores se ha asociado a la utilización de una fuente común de nitrógeno inorgánico disuelto (Román-Reyes, 2003). Las características oceanográficas de la región podrían estar definiendo el aporte de nitrógeno a las redes tróficas de las cuatro lagunas, en respuesta a que BMG y la Bahía de Sebastián Vizcaíno (zona de influencia para LSI, PAO y LOL) se rigen por la corriente de California donde los vientos predominantes del noroeste dan lugar a una de las principales regiones de surgencia costera (Rosales-Villa, 2003) y en este tipo de sistemas se ha encontrado que el nitrato es una fuente de nitrógeno importante para la producción primaria (Aguñiga, 2000).

Al comparar los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre los diferentes productores y consumidores, no se observó una estructura vertical con niveles tróficos bien

definidos, ya que los consumidores (invertebrados) presentaron sólo un ligero enriquecimiento en ^{15}N respecto a los productores e incluso algunos grupos de productores (ej. algas verdes en LSI y pardas en LOL) mostraron valores mayores que los consumidores. En general, se ha indicado que la señal de los valores de $\delta^{15}\text{N}$, permite distinguir entre niveles tróficos dentro de una comunidad, ya que los consumidores se verán enriquecidos respecto a sus fuentes de alimento de uno de los niveles inferiores o a sus fuentes de alimento (De Niro & Epstein, 1981).

No obstante, se ha observado que no siempre es posible distinguir fácilmente niveles tróficos en los análisis isotópicos (Vanderklift & Ponsard, 2003; Bouillon *et al.*, 2002), ya que el enriquecimiento de ^{15}N en algunos consumidores (ej. invertebrados filtradores) puede ser muy bajo respecto a la base de la cadena trófica (Smith *et al.*, 2006) o bien, no coincidir con el factor de enriquecimiento teórico establecido para una presa y su depredador. Lo anterior, se ha asociado a la propia fisiología de los organismos (ej. procesos de discriminación isotópica) o a la complejidad de las relaciones tróficas dentro de una comunidad (Persson *et al.*, 1996). No obstante, los invertebrados analizados en este trabajo, no se alimentan directamente de las macroalgas o fanerógamas marinas, por lo que no necesariamente debería presentarse una relación clara entre ellos. En este orden de ideas, se sabe que las esponjas son organismos filtradores de materia orgánica particulada (bacterias y fitoplancton) (Brusca & Brusca, 1999), por lo que se esperaría que estos organismos fueran isotópicamente distinguibles entre sí. Cabe señalar que los valores de ^{15}N en los invertebrados, deberían reflejar los valores isotópicos de sus fuentes de nutrientes, pero estos no se conocen y son pocos los trabajos con isótopos estables que han considerado a este tipo de organismos y sus posibles presas (ej. Sulak *et al.*, 2006). Al respecto Persson *et al.* (1996) mencionan que las relaciones tróficas no discretas como el omnivorismo o el oportunismo son muy comunes dentro de los sistemas costeros, en los cuales se presentan relaciones tróficas muy complejas.

$\delta^{34}\text{S}$. Típicamente se han utilizado los isótopos estables de carbono y nitrógeno para establecer las conexiones entre los organismos y sus fuentes alimenticias más

importantes. Teóricamente se ha establecido que por medio de esta técnica debe reflejarse el uso de esos recursos (Kling *et al.*, 1992). Desafortunadamente, en sistemas acuáticos existe la posibilidad de que las señales isotópicas de C y N de dos presas sea la misma o indistinguible (Loneragan *et al.*, 1997). Por tal motivo, el uso de un tercer isótopo (^{34}S) resolvería la cuestión de la importancia potencial de un recurso como componente importante en la dieta de los animales. Este hecho es posible en función del bajo nivel de fraccionamiento a través de los niveles tróficos que presenta este isótopo (Peterson & Fry, 1987).

Se ha comprobado que la señal isotópica del productor está enriquecida entre ~4 ‰ con respecto a su fuente de azufre (Peterson & Fry, 1987), y la diferencia isotópica entre productores varía en función de las fuentes. A su vez, el primer paso en la asimilación del sulfato por las células implica complejos orgánicos de los iones de sulfato. Muy poco fraccionamiento isotópico se da en este proceso (Cram, 1990).

Un evidente gradiente latitudinal se presentó en las firmas isotópicas promedio de las presas potenciales. Las macroalgas siempre estuvieron enriquecidas con respecto a *Zostera marina*, ya que entre productores se presenta una gran variabilidad en su señal de $\delta^{34}\text{S}$, permitiendo así, un fácil entendimiento del uso de los recursos por parte de los consumidores (Peterson *et al.*, 1986). Sullivan (2001) determinó que la fanerógama marina (*Halodule wrightii*) tuvo en promedio (+10 ‰) y su alga epífita (+18 ‰) debido a características propias de las vías de asimilación en la reducción del sulfato. Dichas vías son empleadas por las plantas y bacterias para suplir sus necesidades de biosíntesis de azufre (Kaplan & Rittenberg, 1964).

Una de las implicaciones que puede llegar a ser limitante en el análisis de $\delta^{34}\text{S}$ es la cantidad de muestra necesaria para su determinación. Para el caso de los invertebrados y con fines de hacer comparativos los resultados de este trabajo con su antecedente más importante (Santos-Baca, 2008), se decidió usar las muestras en la determinación de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ prioritariamente. Por tal motivo no fue posible obtener valores de invertebrados para LSI y LOL, no así para BMG. Sin embargo, no

se pudo ver una linealidad entre las firmas de los consumidores primarios y los productores referidas al bajo nivel de fraccionamiento teórico. Dicho resultado se hace congruente con los obtenidos para $\delta^{13}\text{C}$, lo que confirma que los invertebrados no se están alimentando directamente ni de las macroalgas ni de las fanerogamas.

8.2.1. Variación estacional en Bahía Magdalena

Las variaciones estacionales en las señales isotópicas, se han asociado principalmente al efecto de las condiciones ambientales sobre las fuentes primarias de nutrientes y en la fisiología de los organismos (Hemminga & Mateo, 1996; Goering *et al.*, 1990). Era de esperarse que dentro de BMG se observaran cambios en la composición isotópica de las presas potenciales a través del tiempo, solamente para el caso de $\delta^{34}\text{S}$ se detectó un pequeño enriquecimiento en la época primavera/verano en relación con otoño/invierno, hecho que resulta extraño debido a que dentro de la bahía se han reportado variaciones temporales de temperatura y nutrientes (Rosales-Villa, 2004). Sin embargo, las razones de la variabilidad estacional en los isótopos aun no son comprendidas del todo, principalmente por la complejidad de los procesos físicos químicos y biológicos involucrados en los ciclos de nutrientes (Román-Reyes, 2003).

8.2.2. PATRONES DE VARIACIÓN ISOTÓPICA Y RECONSTRUCCIÓN DE LA DIETA

Tradicionalmente se ha señalado que los isótopos de carbono reflejan de manera más precisa las relaciones tróficas de los organismos ya que su señal varía poco a través de la cadena trófica y por lo tanto hace más evidente la relación entre una presa y su depredador, aun dentro de una red de alimentos compleja (Román-Reyes, 2003). En este caso, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados en los tejidos, sugieren que la tortuga verde dentro de las lagunas estudiadas es un organismo omnívoro, al coincidir tanto con grupos de productores como de invertebrados. Lo anterior, es

consistente con lo encontrado en el análisis de contenidos esofágicos y estudios precedentes que sugerían que las poblaciones de la tortuga verde del Pacífico Este (Bjorndal, 1999; Seminoff, 2002), incluyendo a las tortugas dentro de Bahía Magdalena (López-Mendilaharsu *et al.*, 2005) presentaban hábitos omnívoros y no exclusivamente herbívoros.

Por otro lado, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ observados en la piel de tortuga verde no mostraron diferencias significativas entre ellos, lo cual indicaría que el estatus trófico es el mismo para todas las zonas. Dichos valores mostraron un enriquecimiento en ^{15}N respecto al resto de las presas potenciales, lo que colocaría a la tortuga verde en un nivel trófico mayor al de los demás grupos (DeNiro & Epstein, 1981; Minagawa & Wada, 1984). De hecho, el análisis de similitud con base en estos valores distinguió a los tres grupos de organismos analizados: productores primarios, invertebrados y a la tortuga verde. Aunque podría parecer que la tortuga verde se está alimentando de los niveles tróficos inferiores (productores e invertebrados), estos resultados no necesariamente reflejan una interacción trófica entre los organismos, ya que dicha señal funciona más como indicadora del estatus trófico que como trazadora de las fuentes de nitrógeno (Roman-Reyes, 2003, Plouffe-Malette *et al.*, 2008).

Las firmas de $\delta^{34}\text{S}$ para los tejidos muestra una gran congruencia con los valores de carbono, lo que confirma que estos dos isótopos son importantes marcadores del lugar donde los consumidores se han estado alimentando (Peterson *et al.*, 1986). En la piel de las tortugas se presentó un hecho interesante al señalar de forma muy notoria un gradiente latitudinal. Mostrando así, valores mayormente enriquecidos en BMG, la zona más sureña contemplada en el estudio y para LOL el menor enriquecimiento, teniendo en el medio a PAO y LSI respectivamente. Hecho que manifiesta indirectamente la fidelidad de las tortugas verdes a sus áreas de forrajeo (López-Castro *et al.*, 2010).

Las señales isotópicas de los tejidos de un consumidor reflejan la incorporación de nutrientes derivados de la mezcla de sus presas. Es importante conocer no solamente los componentes de la dieta sino la proporción relativa en la que dichos

componentes están siendo consumidos (Wallace *et al.*, 2009). Por tal motivo se aplicó el modelo de mezcla IsoSource con el fin de generar escenarios de la composición de la dieta usando la señal de la piel de *C. mydas* como una combinación de sus presas potenciales (Phillips & Gregg, 2003).

Santos-Baca (2008) ya había hecho una aproximación de la dieta de *C. mydas* para BMG donde encontró que las tortugas se alimentaban preferentemente de algas rojas, verdes e invertebrados. Sin embargo, encontró en menor medida una relación entre las firmas isotópicas de piel y plasma de las tortugas y las de las fanerógamas y algas pardas. Ese resultado resulta ser bastante similar con lo encontrado para esa zona en el presente estudio y lo reportado en su momento por López-Mendilaharsu *et al.* (2005). El modelo de mezcla indicó un aporte del 0.5 % por parte de *Z. marina* y 0 % para las algas pardas. Es posible que la calidad (ej. digestibilidad) y la capacidad digestiva de la microflora de las tortugas limiten la asimilación de especies como *Zostera marina* y las algas cafés (Bjorndal, 1980) pues se ha demostrado que en la zona las tortugas son en promedio de tallas pequeñas (López-Castro *et al.*, 2010) lo que les confiere una “inmadurez” de su flora intestinal que le impide digerir la fibra de los pastos marinos.

Contrastantemente en LOL, zona donde en promedio se presentan quelonidos de mayor tamaño, el aporte a la dieta de *Z. marina* fue de 79.1 %. Este resultado reflejaría que la diversidad y disponibilidad de las presas potenciales podría ser diferente y que existe una dicotomía en poblaciones de tortugas que se alimentan en hábitats relativamente próximos; esta dicotomía se ha observado en otros sitios (Honduras, Islas Fiji y Australia) (Carr, 1952; Hirth, 1971; Limpus *et al.*, 1992) incluyendo el Golfo de California (Felger & Moser, 1973), con tortugas que se alimentan principalmente de macroalgas y otras de fanerógamas marinas.

Las algas verdes fueron importantes fuentes nutricionales para los individuos en BMG y LSI, hecho coherente con lo encontrado por Santos-Baca (2008) y López-Mendilaharsu *et al.* (2005). Sin embargo, contrasta con los resultados de Villegas-Nava (2006) quien menciona que las Chlorophyta presentan una calidad nutricional

baja. Además, González-Ramos & Santos-Baca (2005) reportan una distribución espacial y temporal limitada. Lo que podría indicar que las tortugas inmaduras consumen algas verdes por su bajo contenido en fibra cruda (Villegas-Nava, 2006), ya que aun no presentan las características fisiológicas para aprovechar a especies con niveles altos de fibra como es el caso de las fanerógamas marinas (Dawes, 1998; Loban & Harrison, 2000; Villegas-Nava, 2006).

López-Mendilaharsu (2002) observó que el alga café *Sargassum sinicola* únicamente se había presentado en el contenido estomacal de una de las tortugas capturadas y que además era la presa con menor importancia. En Bahía de los Ángeles fueron encontradas en muestras fecales fragmentos intactos de especies del género *Sargassum*, lo que indicaría que las mismas no fueron digeridas (Seminoff *et al.*, 2002). Sin embargo, el análisis de contenidos esofágicos e isótopos estables en LSI muestran que la Phaeophyta *Colpomenia tuberculata* es un importante componente de la dieta (8.25 % y 25.5 % respectivamente); lo que indica esta especie podría funcionar como una fuente de carbono extra para algunas de las tortugas.

Finalmente, el consumo de materia animal fue inversamente proporcional al tamaño promedio de las tortugas, consolidando de algún modo la hipótesis planteada con respecto al consumo preferencial de invertebrados por parte de las tortugas verdes más jóvenes (tabla 11) (Bjorndal, 1985).

9. CONCLUSIONES

- La tortuga verde presenta una dieta herbívora con un significativo consumo de materia animal.
- Se encontraron diferencias en la composición de la dieta de *Chelonia mydas* entre las cuatro principales zonas de alimentación de la costa occidental de B.C.S. que responden a la época del año y disponibilidad de recursos en el medio.
- Las tortugas se alimentan preferentemente de presas con alto contenido nutricional y evitan las que poseen sustancias tóxicas o metabolitos secundarios.
- El pasto marino *Ruppia maritima* es uno de los componentes más asiduamente consumido por las tortugas en BMG, LSI y PAO.
- En conjunto, los isótopos estables de carbono y azufre son buenos indicadores de las fuentes nutricionales que las tortugas han utilizado.
- El isótopo estable de nitrógeno determinó el mismo nivel trófico para *C. mydas* en las cuatro lagunas.
- Se hizo evidente una congruencia entre los resultados de lavados esofágicos y análisis isotópicos gracias a la agudeza del $\delta^{34}\text{S}$ al ser corrido el modelo de mezcla IsoSource.
- Se presentó un claro gradiente latitudinal del isótopo estable de azufre, lo que corrobora la fidelidad reportada para la especie a sus áreas de alimentación.
- $\delta^{34}\text{S}$ es determinante como un tercer factor (sumado a $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) para puntualizar los análisis dietarios al arrojar datos más acordes a la realidad de la trama trófica.

10. REFERENCIAS

Abbott, A. & W.J. North. 1971. Temperature influences on floral composition in California Coastal Waters. Proceedings of the Seventh International Seaweed Symposium. *University of Tokyo Press*. 72-79.

Abbott, I.A. & G.J. Hollenberg. 1976. Marine Algae of California. *Stanford University Press*. 827pp.

Acevedo-Cervantes, A. 1997. Caracterización ecológica de la comunidad Ictíca de la laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 108pp.

Águila-Ramírez, R. 1998. Variación estacional de la distribución de las macroalgas en la Laguna de Ojo de Liebre, B.C.S. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. México. 76pp.

Aguiñiga, S. 2000, Aspectos de la geoquímica del material orgánico en el BAC del Golfo de Ulloa, B.C.S. En: BAC, Centros de actividad biológica del Pacífico mexicano. 111-123. D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (Ed.) CIBNOR. La Paz, B.C.S. México.

Alvarado, J. & A. Figueroa. 1991. Comportamiento Reproductivo de la Tortuga Negra *Chelonia agassizi*. *Ciencia y Desarrollo*. 17(98): 1-6.

Alvarado-Díaz, J., C. Delgado-Trejo, & I. Suazo-Ortuño. 2001. Evaluation of black turtle project in Michoacan, Mexico. *Marine Turtle Newsletter*. 92: 4-7.

Álvarez-Borrego S.A., L. Galindo & A. Chee. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena BCS. *Cienc Mar*. 2: 94- 109.

Arthur, K.A. & G.H. Balazs. 2008. A Comparison of Immature Green Turtles (*Chelonia mydas*) Diets among Seven Sites in the Main Hawaiian Islands. *Pacific Science*. 205-217.

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

Balazs, G.H. 2000. Factores a considerar en el mercado de tortugas marinas. En: Eckert, K.L., Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois & M. Donnely (Ed.) *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo de Especialistas En tortugas Marinas UICN/CSE Publicación. 4: 116-125.

Best, P.B. & D.M. Schell. 1996. Stable isotopes in southern right whale (*Eubalaena australis*) baleen as indicators of seasonal movements, feeding and growth. *Mar. Biol.* 124: 483-494.

Bolten, A.B. 2000. Técnicas para la medición de tortugas marinas. En: Eckert, K.L., Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois & M. Donnely (Ed.) *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo de Especialistas En tortugas Marinas UICN/CSE Publicación. 4: 126-131.

Bjorndal, K.A. 1985 Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia*. 3: 736-751.

Bjorndal, K.A. & A.B. Bolten. 1988. Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feedings grounds in the Southern Bahamas. *Copeia*. 1988: 555-564.

Bjorndal K.A. 1999. Priorities for research in foraging habitats. En: K.L. Eckert, K:A: Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois, & M. Donnely (Ed.) *Research and Management*

Techniques for the Conservation of Sea Turtles, UICN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication. Washington, DC. 4: 12-18.

Bjorndal K.A. 2000. Prioridades para la investigación en hábitats de alimentación. En: Eckert, K.L., Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois & M. Donnelly (Ed.) *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo de Especialistas En tortugas Marinas UICN/CSE Publicación. 4: 13-15.

Bjorndal, K.A., A.B. Bolten, & M.Y. Chaloupka. 2000. Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. *Ecological Applications*. 10: 269-282.

Bjorndal, K.A., A.B. Bolten & M.Y. Chaloupka. 2005. Evaluating trends in abundance of immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the Greater Caribbean. *Ecological Applications*. 15 (1): 304-314.

Bouillon, S., A.V. Raman, P. Dauby & F. Dehairs. 2002. Carbon and Nitrogen Stable Isotope Ratios of Subtidal Benthic Invertebrates in an Estuarine Mangrove Ecosystem (Andhra Pradesh, India). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 54(5): 901-913.

Breceda A., A. Castellanos, L. Arriaga & A. Ortega. 1991. Conservación y áreas protegidas en Baja California Sur, 21-32 pp. En: La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en Baja California. A. Ortega y L. Arriaga (Ed.). Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A. C. México. 317 pp.

Brooks, L.B., W.J. Nichols, V. Koch & A. Hernandez. 2004. Preliminary results on the distribution and movement of green turtles, *Chelonia mydas*, in Estero Banderitas, Baja California Sur, México. In: Coyne, MS and Clark, RD (Ed.) Proc 21st Ann Symp Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Tech Mem NMFS-SEFSC-528, p 127–128.

Brooks, L.B., Harvey, J.T. & W.J. Nichols. 2009. Tidal movements of East Pacific green turtle

Chelonia mydas at a foraging area in Baja California Sur, México. *Mar Ecol Prog Ser.* 386: 263-274.

Caldwell, D.K., 1962. Carapace length-body weight relationship and size and sex ratio of the northeastern Pacific green turtle, *Chelonia mydas carrinegra*. Contributions in Science of the Los Angeles County Museum. 62: 3-10.

Carr, A. 1987. New perspectives on the pelagic stage of sea turtle development. *Conservation Biology.* 1: 103-121.

Carrión, J. 2008. Ecología alimenticia de la tortuga verde, *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae), en las Islas Galápagos. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica de Ecuador. 101 pp.

Caswell, H., 2001. Matrix Population Models: Construction, Analysis and Interpretation, 2nd ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland. M.A.

Cerling T.E. & J.M. Harris. 1999. Carbon isotope fractionation between diet and bioapatite in ungulate mammals and implications for ecological and paleontological studies. *Oecologia* 120: 347–363.

Chaloupka, M.Y. & J.A. Musik. 1997. Age, growth and population dynamics. En: Lutz, P.L., Musik, J.A. (Ed). *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 233-276.

Ciffton, K., D.O. Cornejo & R.S. Felger. 1982. Sea turtles of the Pacific coast of México. In: K.A. Bjorndal (ed.) *Biology and Conservation of Sea Turtles*. *Smithsonian Inst. Press*, Washington, D.C. p. 199-209.

Contreras, F. 1988. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. 263 pp.

Cram, W.J. 1990. Uptake and transport of sulfate. In sulfur nutrition and sulfur assimilation in higher plants (Ed.) H. Rennenberg. pp.3-11.

Darré Castell, E. 2005. Hábitos alimentarios de juveniles de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en Cerro Verde, Rocha. Tesis de Licenciatura. Universidad de la República Oriental del Uruguay. 56 pp.

Dawes, C.J. 1998. Marine Botany. 2nd. John Wile & Sons. E.U.A. 480 pp.

De la Cruz- Agüero, J., M. Arellano- Martínez & V. Cota- Gómez. 1996. Lista sistemática de los peces marinos de las Lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro, B.C.S y B.C., México. *Cienc Mar.* 22 (I): 118-128.

De la Lanza-Espino, G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. A.G.T. (Ed.) México, D.F. 560p.

DeNiro M.J. & S. Epstein. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochim Cosmochim Acta.* 45: 341–351.

Espinoza-Avalos J. 1993. Macroalgas marinas del Golfo de California. En: Biodiversidad marina y costera de México. S. Salazar Vallejo y N. E. González (Ed.) Com. Nac. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Forbes G. & C. Limpus. 1993. Non-lethal method for retrieving stomach contents from sea turtles. *Wild Res.* 12: 103-112.

Forbes G. 2000. Muestreo y análisis de los componentes de la dieta. En: Eckert, K.L., Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois & M. Donnelly (Ed.) *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo de Especialistas En tortugas Marinas UICN/CSE Publicación. 4: 165-170.

Funes-Rodríguez R., A. Hinojosa-Medina, R. Avendaño-Ibarra, M.E. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martínez & W. Watson. 2001. Spawning of small pelagic fish in Bahía Magdalena, Baja California Sur, México, at the beginning of the 1997-1998 El Niño event. *Estuar Coast Mar Sci.* 53: 653-664.

Gardner S.C. & W.J. Nichols. 2001. Assessment of sea turtle mortality rates in the Bahia Magdalena region, B.C.S, Mexico. *Chelonian Conservation and Biology.* 4: 197-199.

Garnett S.T., I.R. Pirce & F.J. Scott. 1985. The diet of the green turtle, *Chelonia mydas* (L.), in Torres Strait. *Australian Wildlife Research.* 12: 103-112.

González-Ramos M. S. y L. Santos-Baca. 2005. Macroalgas Asociadas a la Zona de alimentación de la Tortuga verde del Pacífico Este (*Chelonia mydas agassizii*) en el Estero Banderitas, B. C. S. Tesis de Licenciatura. UABCS. México. 280pp.

Hernández-Carmona, G., E. Serviere-Zaragoza, R. Riosmena-Rodríguez & I. Sánchez-Rodríguez. 2007. Flora marina del sistema lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas. En: Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena, R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez & R. Palomares-García (Ed.) Instituto Politécnico Nacional. 113-118.

Hilbert, S.C., S.C. Gardner, R. Riosmena-Rodríguez y W.J. Nichols. 2005. Diet composition of East Pacific Green Turtles (*Chelonia mydas*) in Bahia Magdalena,

Baja California Sur, México. Proc 21th. Ann. Symp. Sea Turtle Biol. Conservation. Philadelphia Pennsylvania.

Hilton-Taylor, C. 2000. IUCN Red list of threatened species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Hirt H.F. 1971. Synopsis of Biological Data on the Green Turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). *FAO Fisheries Synopsis*, FIRM/S85:1-75pp.

Hobson, K.A. & R.G. Clark. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes II: Factors influencing diet-tissue fractionation. *Condor*. 94:189-197.

Hobson, K.A. and R.G. Clark. 1993. Turnover of ^{13}C in cellular and plasma fractions of blood: implications for nondestructive sampling in avian dietary studies. *Auk*. 110:638-641.

Jennings, S., O. Renones, B. Morales & V.C. Polunin. 1997. Spatial variation in the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ stable isotope composition of plants, invertebrates and fishes on Mediterranean reefs: implications for the study of trophic pathways. *Marine Ecology Progress Series*. 146: 109-116.

Jepsen B. & O. Winemiller. 2002. Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios. *OIKOS* 96: 46–55.

Johnson, M.R., S.L. Williams, C.H. Lieberman & A. Solbak. 2003. Changes in the abundance of the seagrasses *Zostera marina* L. (eelgrass) and *Ruppia maritima* L. (widgeongrass) in San Diego, California, following an El Niño event. *Estuaries*. 26:106–115.

Kaehler, S., E. Pakhomov & C. McQuaid. 2000. Trophic structure of the marine food web at the Prince Edward Islands (Southern Ocean) determined by $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis.

Kelly, F.G. 2000. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. *Can. J. Zoo.* 78 (1): 1-27.

Kendrick, G.A., J.M. Huisman & D.I. Walker. 1990. Benthic macroalgae of Shark Bay, western Australia. *Botanica Marina.* 33: 47-54.

Kling, G.W., B. Fry & W.J. Brien. 1992. Stable isotopes and plankton trophic structure in arctic lakes. *Ecology.* 73: 561-566.

Koch, V., W.J. Nichols, H. Peckham & de la Toba V. 2006. Estimates of sea turtle mortality from poaching and bycatch in Bahia Magdalena, Baja California Sur, Mexico. *Biological Conservation.* 128: 327-334.

Koch, V., L.B. Brooks & W.J. Nichols. 2007. Population ecology of the green/black turtle (*Chelonia mydas*) in Bahia Magdalena, Mexico. *Marine Biology.* 153 (1): 35-46.

Lasker, H.R. 1981. A Comparison of the Particulate Feeding Abilities of Three Species of Gorgonian Soft Coral. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5: 61-67.

Leite, R.G., A. Araújo-Lima, R.L. Victoria & L.A. Martinelli. 2002. Stable isotope analysis of energy sources for larvae of eight fish species from the Amazon floodplain. *Ecology of Freshwater Fish.* 11: 56-63.

León, Y.M. & K.A. Bjorndal. 2002. Selective feeding in the hawksbill turtle, an important predator in coral reef ecosystems. *Mar Ecol Prog Ser.* 245: 249-258.

Limpus, C.J., J.D. Miller, C.J. Parmenter, D. Reimer, N. McLachlan & R. Webb. 1992. Migration of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtles to and from eastern Australian rookeries. *Wildlife Research* 19: 347-58.

Lobban C. & P.J. Harrison. 2000. Seaweed ecology and physiology. *Cambridge University Press*. USA. 336pp.

Loneragan, N.R., S.E. Burns & D.M. Kellaway. 1997. Are mangroves and seagrasses sources of organic carbon for penaeid prawns in a tropical Australian estuary? A multiple stable isotope study. *Mar Biol.* 130: 289-300.

López-Calderón, J.M., R. Riosmena-Rodríguez, J.M. Rodríguez-Barón, J. Carrión-Cortez, J. Torre-Cosío, A. Meling-López, G. Hernández-Carmona & J. García-Hernández. 2010. Outstanding appearance of *Ruppia maritima* along Baja California Sur, Mexico and its influence in trophic networks. *Marine Biodiversity*. In press.

López-Castro, M.C., V. Koch, A. Mariscal-Loza & W.J. Nichols. 2010. Long-term monitoring of black turtles *Chelonia mydas* at coastal foraging areas off the Baja California Peninsula. *Endang. Species. Res.* 11: 35-45.

López-Mendilaharsu, M., S.C. Gardner, J.A. Seminoff & R. Riosmena-Rodríguez. 2003. Feeding ecology of the East Pacific green turtle (*Chelonia mydas agassizii*), in Bahía Magdalena, B.C.S. México.

López-Mendilaharsu, M., S.C. Gardner, J.A. Seminoff & R. Riosmena-Rodríguez. 2005. Identifying critical foraging habitats of the green turtle (*Chelonia mydas*) along the Pacific coast of the Baja California peninsula, Mexico. *Aquatic Conserv: Mar Freshwater Ecosyst.* 15: 259-269.

López-Mendilaharsu, M., S.C. Gardner, R. Riosmena-Rodríguez & J.A. Seminoff . 2008. Diet selection by immature green turtles (*Chelonia mydas*) at Bahía Magdalena foraging ground in the Pacific Coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1-7.

MacArthur, R.H. & E.R. Pianka. 1966. On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist*. 100: 603-609.

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

Márquez, R. 2002. Las Tortugas Marinas y Nuestro Tiempo. *La Ciencia para Todos*. México. 197pp.

Mateo-Cid, L.E., R. Sánchez, Y.E. Rodríguez, & M.M. Casas. 1993. Estudio florístico de las algas marinas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S. México. *Ciencias Marinas*. 19 (1): 41-60.

McConnaughey, T. & C.P. Mc Roy. 1979. Food web structure and the fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. *Mar. Biol.* 53: 257-262.

McCutchan J.H., W.M. Lewis, K. Kendall & C.C. McGrath. 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. *Oikos*. 102: 378–390.

Mohan M.V. & T.M. Sankaran. 1988. Two new indices for stomach content analysis of fishes. *J. Fish Biol.* 33: 289–292.

Morgan, L., S. Maxwell, F.T. Tara, A.C. Wilkinson & M. Etnoyer. 2005. Áreas marinas prioritarias para la conservación: Baja California al mar de Bering. Comisión para la Cooperación Ambiental y Marine Conservation Biology Institute. Montreal.

Mortimer, J.A. 1982. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles , p.45-51. *In*: K. A. Bjorndal (Ed.) *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Nichols, W.J. 2003. *Biology and Conservation of sea turtles in Baja California, Mexico*. PhD. Dissertation University of Arizona, Tucson. 474 pp.

Norton, J.D., R. McLain, R. Brainard & D. Husby. 1985. The 1982-1983 El Niño event of Baja California and Alta California and its ocean climate context. *En*: Wooster WS, Fluharty D (Ed.) *El Niño North Washington Sea Grant Program*, University of Washington, Seattle. p 44-72.

Núñez-López, R.A., 1996. *Estructura de la Comunidad de Macroalgas de la Laguna San Ignacio, B.C.S., México (1992- 1993)*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. 99 pp.

Ortega, A. & L. Arriaga. 1991. *La reserva de la biósfera El Vizcaíno en la Península de Baja California*. La Paz. México. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. A.C.

Peckham, S.H. & W.J. Nichols. 2006. An Integrated Approach to Reducing Mortality of North Pacific Loggerhead Turtles in Baja California Sur, Mexico. *In*: Kinan I (Ed.) *Proceedings of the Second Western Pacific Sea Turtle Cooperative Research and Management Workshop*. Volume II: North Pacific Loggerhead Sea Turtles. March 2-3, 2005, Honolulu, HI. Western Pacific Regional Fishery Management Council: Honolulu, HI, USA. p 49-57.

Persson, L., J. Bengtsson, B.A. Menge & M.E. Power. 1996. Productivity and consumer regulation: concepts, patterns, and mechanisms. En: G. A. Polis y K.O. Winemiller (Ed.) Food webs integration of patterns and dynamics. *Chapman & Hall*. New York. 396–434.

Peterson, B.J. & B. Fry. 1987. Stable isotopes en ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18: 293-320.

Phillips, D.L. & J.W. Gregg. 2003. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia*. 136: 261-269.

Phleger, F.B. & G.C. Ewing. 1962. Sedimentology and oceanography of coastal lagoons in Baja California, Mexico. *Geol Soc Amer Bull.* 73: 145- 182.

Riosmena-Rodríguez R. 1999. Vegetación subacuática. En: Informe Final de Actividades del Proyecto Bahía del Rincón (Gaytan J, ed.) UABCS-S&R. México.

Riosmena-Rodríguez, R., G. Hinojosa-Arango, K. León-Cisneros, J.M. López-Vivas & E. Olguín-Acosta. 2005. Variación espacial de la vegetación marina en la Bahía de Ballenas, costa occidental de Baja California Sur, México. *Ciencia y Mar*. 27: 29-40.

Rodríguez, S.R. 2000. Transferencia de recursos alimentarios entre diferentes ambientes del ecosistema marino. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73(1).

Roman-Reyes, J. C. 2003. Información ecológica a partir del análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno en las cadenas tróficas. Examen predoctoral. CICIMAR-IPN. México. 47pp.

Rooker, J.R., P. J. Turner & S.A. Holt. 2006. Trophic ecology of *Sargassum*-associated fishes in the Gulf of Mexico determined from stable isotopes and fatty acids. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 313: 249–259.

Sánchez-Rodríguez, I, M.I. Fajardo-León & C.O. Pantoja. 1989. Estudio florístico estacional de las algas en Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Invest Mar. CICIMAR* 4: 35-48.

Sánchez-Rodríguez I. & R. Cervantes-Duarte. 1999. Longitud y biomasa de *Sargassum sinicola* Setchell et Gardner (Phaeophyta) en Bahía Magdalena, BCS, México. *Hidrobiológica* 9: 117 124.

Santelices, B. 1977. Ecología de algas marinas bentónicas: efecto de factores ambientales. Documento de la dirección general de investigaciones, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile. 488 p.

Santos-Baca, L. 2008. Evaluación de los hábitos de alimentación de la tortuga verde *Chelonia mydas*, en Bahía Magdalena, BCS, México, utilizando la técnica de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$). Tesis de maestría. CIBNOR. La Paz BCS, México. 90 pp.

Seminoff, J.A., A. Resendiz, W.J. Nichols & T.T. Jones. 2002. Growth rates of wild green turtles (*Chelonia mydas*) at a temperate foraging areas in the Gulf of California, Mexico. *Copeia*. 2002: 610-138.

Seminoff, J.A., T.T. Jones, A. Resendiz, W.J. Nichols & M.Y. Chaloupka. 2003. Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices describe population status. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 83: 1355-1362.

Seminoff, J.A., T. Jones, T. Eguchi, D.R. Jones & P.H. Dutton. 2006. 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.

Shaefer, A. 1970. The mathematical basis of stereology. *Microskopion*. 7: 3-16.

Shimada, M. A. 2005. Nutrición animal. *Trillas*. México. 388pp.

Stern, R. W. & D. O. Hessen. 1994. Algal Nutrient limitation and the Aquatic Herbivores. *Annual Reviews Ecol. Syst.* 25:1-29.

Stephenson, R.L., F.C. Tan & K.H. Mann. 1986. Use of stable carbon isotope ratios to compare plant material and potential consumers in a seagrass bed and a kelp bed in Nova Scotia, Canada. *Marine Ecology Progress Series*. 30: 1-7.

Stryer, L. 2001. Bioquímica. Pearson. México. 738 pp.

Sulak, K., J. Berg, M. Randal, G. Dennis, & A. Brooks. 2006. Stable Isotope Analysis of Trophic Structure Reveals Dual Carbon Sources Fueling the GOM Outer Continental Shelf Ecosystem. Coastal Ecology & Conservation Research Group, Gainesville, Florida. Strategic Review in St. Petersburg, Florida.

Swartz S.L. & W.C. Cummings. 1978. Gray whales, *Eschrichtius robustus*, in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. Final Report. *Marine Mammal Commission*. Whashington, D.C. 38 p.

Talavera-Saenz, A., Gardner S.C., R. Riosmena-Rodríguez & B. Acosta-Vargas. 2007. Metal profiles used as environmental markers of green turtle (*Chelonia mydas*) foraging resources. *Science of the Total Environment*. 373: 94–102.

Thayer, G.W., P.L. Parker, M.W. LaCroix & B. Fry. 1978. The stable carbon isotope ratio of some components of an seagrass bed (*Zostera marina*). *Oecologia*. 35:1-12.

Valenzuela, M. 2005. Informe de resultados del monitoreo en Punta Abreojos en el 2004. Trabajo de la octava reunión internacional del Grupo Tortuguero. Loreto, BCS. México.

Van-Alstyne, K.L., S.L. Withman & J.M. Ehlig. 2001. Differences in herbivore preferences, phlorotannin production, and nutritional quality between juvenile and adult tissues from marine brown algae. *Marine Biology*. 139: 201-210.

Vanderklift, M.A. & S. Ponsard. 2003. Sources of variation in consumer-diet $\delta^{15}\text{N}$ enrichment: a meta-analysis. *Oecologia*. 136:169–182.

Villalard-Bohnsack, M. & M.M. Harlin. 1992. Seasonal distribution and reproductive status of macroalgae in Narragansett Bay and associated waters, Rhode Island, USA. *Botanica Marina*. 35: 205-214.

Villegas-Nava, F.E. 2006. Análisis nutricional de macroalgas y pastos asociados a la alimentación de tortuga prieta *Chelonia mydas agassizii* (Bocourt, 1968), en Bahía Magdalena, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. UABCS. México. 55pp.

Wallace, B.P., L. Avens, J. Braun-McNeill & C.M. McClellan. 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.

Walker, J., C. Potter & S. Macks. 1999. The diets of modern and historic bottlenose dolphins populations reflected through stable isotops. *Mar. Mammal Sci*. 15 (2): 335-350.

Weibel, ER, G.S. Kistler & W.F. Scherle. 1966. Practical stereological methods for morphometric cytology. *J Cell Biol.* 30: 23-38.

Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. New Jersey. Prentice-Hall. 929 pp.