



UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y
TECNOLÓGICAS

POSGRADO EN BIOCENCIAS

**ESTRUCTURA DE LA TRAMA TRÓFICA EN LA
LAGUNA EL TÓBARI (GOLFO DE CALIFORNIA)
MEDIANTE ISÓTOPOS ESTABLES DE $\delta^{13}\text{C}$ Y $\delta^{15}\text{N}$.**

TESIS

Para obtener el grado de:

MAESTRO EN BIOCENCIAS

Presenta:

MARTHA MARÍA DEL RÍO SALAS

Hermosillo, Sonora, México

17 de Enero de 2014

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

**ESTRUCTURA DE LA TRAMA TRÓFICA EN LA LAGUNA EL TÓBARI DEL
GOLFO DE CALIFORNIA MEDIANTE ISÓTOPOS ESTABLES DE $\delta^{13}\text{C}$ Y $\delta^{15}\text{N}$**

T E S I S

que para obtener el grado de
MAESTRO EN BIOCENCIAS

presenta:

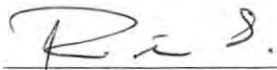
MARTHA MARÍA DEL RIO SALAS

Hermosillo, Sonora, México.

Enero de 2014

APROBACIÓN

Los miembros del Comité designado para revisar la tesis titulada **Estructura de la trama trófica en la laguna el Tóbari en el golfo de California mediante isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$** presentada por **Martha María Del Rio Salas**, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el grado de Maestro en Biociencias con especialidad en Ecología Costera.



Dra. Reina Castro Longoria
Co-Director



Dr. Martín Enrique Jara Marini
Co-Director



Dr. Rafael Eduardo Del Rio Salas
Sinodal



Dr. José Manuel Grijalva Chon
Sinodal

DEDICATORIA

*A mi familia,
A mis amigos,
A mis maestros.*

Los quiero.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por financiar mis estudios de posgrado.

Al **Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora** por aceptarme como alumno del **Posgrado en Biociencias** y brindarme el apoyo necesario para finalizar este trabajo.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** y la **Secretaría de Educación Pública** que bajo el proyecto número **CB-2008-C01-103522** de investigación básica, financió el desarrollo de esta tesis de maestría.

Al programa de becas mixtas del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** que me hizo posible tener una estancia en la Universidad de Arizona donde realicé una parte medular de este estudio.

Al **Dr. Martín Enrique Jara Marini** por aceptarme a ojos cerrados como alumna en su proyecto, le agradezco su amistad, apoyo y enseñanzas. Muchas gracias.

A la **Dra. Reina Castro Longoria** por apoyarme siempre, confiar y creer en mí, por sus enseñanzas y porque sé que siempre está ahí para ayudarme. Le agradezco su amistad que se ha fortalecido a lo largo de todo este tiempo. Estaré eternamente agradecida.

Al **Dr. Rafael Eduardo Del Rio Salas** por sus palabras de aliento y ánimos, por sus consejos y ayuda desde siempre. Muchas gracias.

Al **Dr. José Manuel Grijalva Chon** por sus correcciones al escrito y a las observaciones claras y objetivas para mejorar este trabajo, muchas gracias.

Al **Dr. Christopher Eastoe** por aceptarme como alumna y brindarme un espacio donde pude desarrollar y fortalecer este trabajo. Le agradezco también los lazos de amistad que logramos tener en tan poco tiempo. Muchas gracias.

A la **Dra. Xiaoyu Zhang** por el apoyo técnico brindado en el procesamiento de las muestras en la Universidad de Arizona.

A los **Sres. Jesús Ruelas** y **Martín Palma** por guiarnos en los muestreos, con ustedes no se ocupa brújula, muchas gracias!

Al coordinador de Posgrado en Biociencias **Dr. Luis Ángel Medina Juárez** por siempre brindarme el apoyo necesario en mi estancia en el programa de maestría.

A **Christian Minjarez Osorio** por estar siempre a mi lado, ayudarme, apoyarme en todo momento y animarme a seguir adelante. ¡Muchas gracias!

Al **Sr. Ángel Martínez Rangel** por haber sido una gran ayuda durante mi estancia en la Universidad de Arizona. Es usted una persona única, muchas gracias.

A mis buenos amigos de laboratorio y biología, especialmente a **Ángel Martínez Durazo** por todos estos años de amistad, apoyo y compañía. A **Martín Rodrigo Acedo Valdez, José Manuel Ayala Galaz, Orlando Tapia Ortiz, Francisco Jaime Martínez Reyes, Manuel Adolfo Lastra Encinas y Sergio Leal Soto**, cada uno completamente diferente, gracias por ser como son y estar cerca de mí.

A mis compañeros de maestría especialmente a **Maribel Moreno Sarmiento** por la amistad desinteresada y sincera brindada en este tiempo. A **Cesar Hinojo Hinojo** por esas charlas amenas de vez en cuando que me hacían reflexionar. A **Ana Armenta** por ser una bella persona en quien puedo confiar y por brindarme su amistad. Muchas gracias!

A mi familia, especialmente a mi madre **Martha Elena Salas Siqueiros** que siempre me ha apoyado, brindado cariño y ayuda en todo. A **Graciela Hoyos Ruiz** que ha sido para mí un ejemplo a seguir. A mi cuñada **Verónica Moreno Rodríguez** por apoyarme y ayudarme en lo que se ofreciera, además que junto con mi hermano trajo consigo esas dos personitas que tanto quiero, **Leo y Mara**. A mis primas **Andrea y Cristina** y a mi primo **Juan** que siempre me hacen reír. A **Pili**, que ya es también parte de la familia. A todos, ¡muchas gracias!

Por último pero no menos importante a mis amigas **Nayeli Cano Martínez, Alenka Méndez Gallegos, Ana Guadalupe Gutiérrez, Lucía Benítez Cota y Alondra Lugo**, por su amistad y consejos, por todo el tiempo de conocernos y ser personas excepcionales. ¡Muchas gracias nenas!

RESUMEN

Las tramas tróficas representan un aspecto fundamental en términos de flujos de energía y para determinar su estructura y dinámica en una laguna costera del golfo de California se determinó la composición isotópica de carbono y nitrógeno en El Tóbari, Sonora ($26^{\circ} 54'$ - $27^{\circ} 10'$ latitud norte y $109^{\circ} 50'$ - $110^{\circ} 24'$ longitud oeste). Esta laguna costera está ubicada a 40 km de Cd. Obregón, Sonora y se realizaron muestreos estacionales en un año. Las muestras colectadas fueron: sedimento y organismos representativos de cada nivel trófico a los cuales se les analizó $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Se encontraron cuatro niveles tróficos, el fitoplancton fue la base de la trama trófica, a partir de ahí comienza el flujo de energía hacia niveles tróficos superiores. La composición isotópica del mangle presenta niveles correspondientes a plantas del tipo C3 y la contribución directa del mangle hacia la trama trófica es baja, pero puede ser significativa a través de la actividad microbiana. Se observó una tendencia positiva a través de la trama, desde productores hasta los consumidores tope. La composición isotópica de carbono presentó un intervalo muy amplio, lo que indica una gran variedad de presas para los consumidores. Las aves mostraron que sus hábitos alimenticios consisten en una gran variedad de presas, sin embargo, no hubo diferencia significativa estacionalmente. Los resultados de este estudio demuestran que los niveles tróficos encontrados en El Tóbari son acordes a los hábitos alimenticios de los organismos con excepción a la lisa *Mugil cephalus*.

ABSTRACT

The Tóbari is a coastal lagoon of the Gulf of California located 40 km southwest Cd. Obregón. Trophic webs represent fundamental aspects in terms of energy flows, which are important to understand. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ are a useful tool to determine the dynamic and structure of trophic webs. The sampling area was the Tobarí lagoon ($26^{\circ} 54'$ y $27^{\circ} 10'$ lat and $109^{\circ} 50'$ and $110^{\circ} 24'$ long); a seasonal sampling along a year was carried out. The sample collection consisted in sediment and the most representatives organisms of each trophic web; $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of samples were analyzed. At the end of the experiment four trophic levels were found where phytoplankton communities are the basis of the trophic web of the Tobarí lagoon, where the transference of energy is spread through other groups. The isotopic compositions of mangroves were represented by C3 plants, suggesting bacterial activity. $\delta^{13}\text{C}$ show a wide range and this indicate a variety of prey for consumers. The $\delta^{13}\text{C}$ was the most representative in the samples analyzed indicating a great variety of preys available for consumers. On the other hand, birds samples analyzed showed that their feed habits consisted in a great variety of preys but no seasonal variations were observed. The results of this study suggest that all trophic levels found in the Tobarí lagoon showed a representative $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ brand corresponding to the feeding habits of each organisms with exception of Mullet, *Mugil cephalus*.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
II.1. Definición e importancia de los isótopos de C y N	4
II.2. Aplicaciones de los isótopos estables	5
II.3. Situación de los ecosistemas costeros del golfo de California	7
II.4. Reconstrucción de la trama trófica usando isótopos estables	8
II.5. Definición y características de un ecosistema	10
III. HIPÓTESIS	12
IV. OBJETIVO GENERAL	13
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
VI. METODOLOGÍA	14
VI.1 Área de estudio	14
VI.2 Muestreos	14
VI.3 Procesamiento de las muestras	17
VI.4 Cuantificación de isótopos estables y análisis de sus datos	22
VI.5 Análisis estadístico	23
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES	24
VII.1. Composición isotópica de los organismos del Tóbari, Sonora	24
VII.1.1. Composición de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ en los sedimentos, MOS y productores primarios	24
VII.1.2. Composición de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ en los consumidores	27
VII.2. Niveles tróficos en el ecosistema El Tóbari	29
VII.3. Estimación de las contribuciones dietarias en la trama trófica de El Tóbari	32
VIII. CONCLUSIONES	40
IX. RECOMENDACIONES	45
X. BIBLIOGRAFÍA	46
XI. ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Mapa de localización del sitio y puntos de muestreo en la Laguna El Tóbari, Sonora.	15
2	Equipo utilizado para el pesado de las muestras en el Laboratorio de Isotopos Ambientales. a) Balanza <i>Sartorius Proll</i> b) Plataforma para empaquetar muestras en las cápsulas c) Capsulas de estaño.	20
3	Regresión de los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las fuentes de alimentación y los consumidores de la laguna El Tóbari, Sonora	25
4	Niveles tróficos de los organismos de la laguna El Tóbari, Sonora	30

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
1	Ubicación exacta de los puntos de muestreo	16
2	Muestras colectadas en los sitios de muestreo del ecosistema lagunar El Tóbari	18
3	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Filtradores y zooplancctívoros.	33
4	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / moluscos.	34
5	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / omnívoros y balanos.	35
6	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / peces juveniles.	36
7	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / peces adultos.	37
8	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / moluscos bivalvos.	38
9	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / omnívoros y peces juveniles.	39
10	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / peces juveniles.	40
11	Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / peces adultos.	42

I. INTRODUCCIÓN

El golfo de California es una ecoregión de 258,593 km² que posee gran importancia económica, social y ecológica debido a su gran biodiversidad y a que las actividades económicas que se desarrollan en sus alrededores lo sitúan entre las más productivas del país. Esta biodiversidad ha permitido el desarrollo de dos pesquerías importantes en el ámbito nacional: la de camarón y la de pelágicos menores como sardinas y anchovetas.

Esta ecoregión es de relevancia ecológica porque a lo largo de su litoral existen ecosistemas como las marismas, las lagunas costeras y los estuarios (Lankford, 1977) que son fuente de refugio, anidación y de maternidad de diferentes especies tanto endémicas como migratorias (Amezcuca-Linares, 1996; Flores-Verdugo *et al.*, 2001; Hendrickx *et al.*, 2002). La descripción de tramas tróficas es un aspecto fundamental en la ecología de comunidades (López-Ordaz *et al.*, 2009). Muchos de estos ecosistemas han sido declarados dentro de las Zonas de Prioridad de Conservación Costera y Oceánica de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México (Aguilar *et al.*, 2008).

El análisis de isótopos estables es una herramienta que revela información exacta y permite responder preguntas que anteriormente no hubiera sido posible debido a la falta de métodos apropiados, además, la colaboración interdisciplinaria amplían la visión para una mejor investigación. Los isótopos estables de carbono (C) y nitrógeno (N) son una herramienta útil para establecer la estructura y la dinámica de las tramas tróficas de ecosistemas acuáticos y terrestres (Guerrero y Berlanga, 2000). A través de los isótopos de C se podrán identificar las fuentes alimenticias primarias principales y establecer los flujos de energía en toda la trama trófica. Además, con los isótopos de N se podrá hacer la reconstrucción de la trama trófica, ubicando los niveles tróficos que ocupa cada organismo y también se pueden trazar las rutas de nutrientes, tanto de origen natural como antropogénico (DeNiro y Epstein, 1978; Minagawa y Wada, 1984; Fry, 1988; Ramussen, 1996).

En el litoral del golfo de California se han desarrollado varias ciudades y poblados, por lo que se ha identificado descargas de las aguas domésticas urbanas, rurales e industriales no tratadas. Estas descargas pueden provocar deterioro en la calidad del agua, de los sedimentos y la biota, pudiendo afectar a corto, mediano y largo plazo la ecología de los diversos ecosistemas (Flores-Verdugo, 2001; Páez-Osuna *et al.*, 2003). En años recientes se ha

desarrollado la acuicultura intensiva y se estima que el 97% del camarón cultivado proviene de los estados situados alrededor del golfo, siendo los estados de Sinaloa y Sonora los de mayor aporte (Páez-Osuna *et al.*, 2003).

El agua de desecho de granjas de camarón es enriquecida con nutrientes lo cual modifica la composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en los organismos de la trama trófica. Los efluentes orgánicos de la acuicultura tienen una composición baja en $\delta^{13}\text{C}$ y alta en $\delta^{15}\text{N}$ y en este sentido los organismos que habitan el ecosistema tienen empobrecimiento de $\delta^{13}\text{C}$ y enriquecimiento de $\delta^{15}\text{N}$ y en consecuencia la modificación de la estructura y función de la trama trófica (Serrano-Grijalva, *et al.* 2011). Considerando el amplio desarrollo de las actividades antropogénicas antes descritas, éstas pueden tener un efecto sobre la ecología de los mismos (Páez-Osuna *et al.*, 2003). Una característica destacada de las tramas tróficas en los ecosistemas costeros subtropicales y tropicales es que son altamente dinámicas y ramificadas, ya que involucran a un gran número de especies (Valiela, 1995). Esta diversidad hace que su estructura y composición sean grandes pero pueden verse afectadas por la introducción de factores antropogénicos.

En Sonora la acuicultura ha sido una actividad que ha ido aumentando exponencialmente en las últimas décadas, siendo la zona del sur la de mayor crecimiento (Martínez-Córdova, 2009), en este contexto, el ecosistema El Tóbari se localiza en la región suroeste del Estado de Sonora, a 40 km al sur de Ciudad Obregón y a 14 km del poblado de Villa Juárez. Es un sistema lagunar donde se ejerce la pesca artesanal por los lugareños, como soporte económico de familias de los poblados El Paredoncito, Aceitunitas y El Paredón Colorado. Un estudio relativamente reciente (García-Hernández, 2004) indicó que en este sistema descargan 10 drenes de la región agrícola del Valle del Yaqui y en la boca norte del mismo hay descargas de una de las granjas de cultivo de camarón de mayor superficie en el estado (aproximadamente 1,190 ha). García-Hernández (2004) encontró que este ecosistema alberga a unas 50 especies de aves, entre endémicas y migratorias. Al ser sitio de anidación y desarrollo de diversas especies, está considerado entre Zonas de Prioridad de Conservación Costera y Oceánica. No existen estudios sobre la trama trófica de El Tóbari, por lo que se requiere conocer la estructura de la trama trófica del ecosistema para inferir la dinámica que existe en el mismo y determinar escenarios posibles a mediano y largo plazo. Está bien documentado que la disminución de la biodiversidad puede tener efectos sobre la estructura de

la trama trófica (García-Hernández, 2004). Para lograr un desarrollo equilibrado, es importante que las actividades económicas en la zona se desarrollen de manera sostenible, sin detrimento en alguna de ellas.

II. ANTECEDENTES

II.1 Definición e importancia de los isótopos de C y N

Los isótopos son átomos que contienen el mismo número de protones y electrones pero diferente número de neutrones. Existen dos tipos de isótopos, los estables y los radioactivos. El término estable es relativo, dependiendo del límite del tiempo de decaimiento del elemento. El carbono se encuentra en una amplia variedad de compuestos en la Tierra, desde compuestos orgánicos en la biósfera, hasta compuestos inorgánicos oxidados como el CO_2 y carbonatos. Por otra parte, que el nitrógeno está presente en la Tierra con más del 99% en forma de N_2 atmosférico en la superficie de la Tierra o disuelto en los océanos, y solo una minoría está combinado con otros elementos como C, O y H. El nitrógeno está presente en varios estados de oxidación y en forma gaseosa, disuelta y sólida (i.e. N_2 , NO_3^- , NO_2^- , NH_3 , NH_4^+).

El carbono tiene dos isótopos estables, el ^{12}C con el 98.93% de abundancia y el $\delta^{13}\text{C}$ con el 1.07% de abundancia. El nitrógeno tiene dos isótopos estables, el ^{14}N con 99.63% de abundancia y ^{15}N con 0.37% de abundancia (Bickert, 2006; Burdige, 2006; Hoefs, 2009). Esta minoría de abundancia de los isótopos pesados de C y N es fundamental en los procesos biológicos, dado que tienen una dinámica diferente a los ligeros en todos los procesos biológicos, generando lo que se conoce como el fraccionamiento isotópico.

El fraccionamiento isotópico es un proceso que está presente en la naturaleza y es originado por factores químicos, físicos y biológicos que generan un enriquecimiento o reducción de un isótopo estable. Durante las reacciones químicas este proceso se explica en parte por las diferencias en los niveles de energía de vibración molecular de los átomos cuando están enlazados a otros átomos, ya que la frecuencia de vibración es inversamente proporcional a la masa, lo que hace que el átomo ligero sea más fácil de romper y por lo tanto más móvil (DeNiro y Epstein, 1978; Bickert, 2006; Burdige, 2006).

Los isótopos estables son determinados en diferentes tipos de muestras por espectrometría de masas, que se fundamenta básicamente en la separación y detección de átomos y moléculas cargadas basados en su movilidad en campos magnético. El espectrómetro de masas se divide en cuatro componentes principales: 1) sistema de entrada: introducción de la muestra en el espectrómetro, donde sus componentes se convierten en iones gaseosos, 2)

fuerza de iones: convierte los componentes de la muestra en iones y se concentran en un haz estrecho, 3) analizador de masas: separa el haz de iones que emerge de la fuente de iones de acuerdo a la relación masa-carga. A medida que el haz de iones pasa a través del campo magnético, los iones son desviados y caracterizado por un valor particular de masa-carga, y 4) detector de iones: donde se convierten en un impulso eléctrico y es detectado por un amplificador (Hoefs, 2009).

En la cuantificación de isótopos estables se utilizan diferentes estándares de referencia internacionalmente aceptados; entre los estándares utilizados en el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno se encuentran el PDB (Pee DeeBelemnite) para medir la relación de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y el aire atmosférico para $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ (Peterson y Fry, 1987; Bickert, 2006).

En base al fraccionamiento isotópico, con los valores $\delta^{13}\text{C}$ se pueden establecer flujos de energía y fuentes de nutrientes, pues tendrán contenidos similares cuando provengan de la misma fuente debido a que el fraccionamiento isotópico es de 1‰ de un nivel trófico a otro. Con los valores $\delta^{15}\text{N}$ se pueden establecer relaciones tróficas, ya que su valor de fraccionamiento isotópico es 3.4‰ de un nivel trófico a otro (DeNiro y Epstein, 1978; Minagawa y Wada, 1984). Teóricamente ocurrirá un enriquecimiento $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$ lineal en una trama trófica (Cabana y Rasmussen, 1996).

II.2. Aplicaciones de los isótopos estables

El análisis de isótopos estables ha sido ampliamente utilizado en los últimos años en diversas ramas de la ciencia. En arqueología ha sido usado para obtener información referente a la dieta y a la migración a través de tejido óseo. El esmalte de los dientes, el suelo y los restos adyacentes también pueden ser usados para estudios arqueológicos. Para obtener un panorama completo de las paleodietas, es importante comprender los procesos de diagénesis ya que puede afectar en la composición isotópica. Los análisis isotópicos de carbono y nitrógeno son usados para reconstruir la dieta y los isótopos de oxígeno para determinar el origen geográfico (Carlson, 1996). Los isótopos de carbono son tomados por los animales durante toda su vida, analizando los isótopos de carbono es posible determinar si los animales consumieron plantas del tipo C3 o C4 (Peterson y Fry, 1987).

La apertura estomática para la fijación de CO₂ durante la fotosíntesis implica una pérdida de agua, es por eso que las plantas a lo largo del tiempo se han adaptado metabólicamente y anatómicamente para mejorar la eficiencia en el uso del agua, la cual mide el carbono fijado por unidad de agua transpirada (Hopkins, *et al.*, 2009). Existen tres tipos de metabolismos que utilizan diferentes maneras para mantener eficiente el uso del agua ya que determinará su actividad biológica (Azcón-Bieto y Talón, 1993).

El metabolismo fotosintético C3 o de Calvin-Benson se lleva a cabo en los cloroplastos de todas las plantas y se llama así porque se producen dos moléculas de tres carbonos; este metabolismo es el más común entre las plantas (Andrade *et al.*, 2007). La fotorrespiración es un proceso que ocurre en el mesófilo de la hoja, en presencia de luz y donde la concentración de oxígeno es alta. Este proceso se lleva a cabo principalmente en plantas C3 y en menor medida en plantas C4 (Bauwe *et al.*, 2010). Las plantas C4 sintetizan como producto de la fijación del CO₂ un compuesto de 4 átomos de carbono, son plantas que tienen mayor gasto energético ya que requieren de la producción de ciertas enzimas, pero lo compensan con un mayor crecimiento y eficacia en la fotosíntesis en sitios con temperaturas altas (Lambers *et al.*, 1999). Normalmente, la eficiencia en el uso del agua varía en los diferentes tipos fotosintéticos de acuerdo al siguiente orden: C3<C4<CAM, existiendo también diferencias importantes entre especies dentro de cada tipo (Azcón-Bieto y Talón, 1993). Las plantas con metabolismo CAM, metabolismo ácido de las crasuláceas por sus siglas en inglés, realizan una acumulación de ácidos orgánicos durante la noche, de ahí su nombre. Esta vía metabólica es semejante a la vía C4 pero en la vía CAM la separación de dos carboxilaciones es temporal (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

En medicina forense se analiza el cabello, este tiene una tasa de crecimiento de 9 a 11 milímetros por mes o 15 centímetros por año y está en función de la dieta, especialmente del agua, que a su vez, la composición isotópica del agua tiene una relación con la ubicación. Los isótopos de estroncio (⁸⁷Sr/⁸⁸Sr) y de oxígeno (¹⁶O/¹⁸O) son diferentes en todo el mundo y mientras el cabello crece se adquiere la composición isotópica y por lo tanto es posible identificar el origen reciente de una persona (White, 2004).

Los isótopos de C y N también se utilizan para identificar el origen y rutas de drogas. Las composiciones isotópicas del carbono y nitrógeno de la morfina o de la cocaína son diferentes en las diferentes partes del mundo donde se cultiva (Ehleringer *et al.*, 1999).

En estudios de hidrología, los estudios de isótopos estables son usados para determinar la edad de hielo o nieve los cuales indican las condiciones del clima en el pasado, las altas temperaturas proveen más energía y por lo tanto hay un aumento de ^{18}O en el agua que se encuentra en la atmósfera, mientras que concentraciones menores de lo normal de ^{18}O en agua subterránea o en una capa de hielo indica que esa agua o hielo se formó durante un período climático frío (Masters y Ela, 2008).

La composición isotópica de oxígeno en muestras de hielo y sedimento del fondo del mar depende de la temperatura global y son usadas para documentar el cambio climático. Durante los periodos fríos, el ^{16}O se evapora más fácilmente dejando al ^{18}O que es más pesado en el agua (Steing, 2003). Organismos como los foraminíferos adquieren el oxígeno, carbono y calcio para construir sus conchas, estos organismos mueren y se sedimentan en el suelo marino conservando la composición isotópica y con ello el registro de épocas pasadas (Grossman, 1987).

En geología se emplea la geoquímica isotópica, que está basada en el estudio de las abundancias relativas de varios tipos de isótopos, estas abundancias pueden proveer información acerca de la edad y origen de las rocas, cuerpos de agua (Hoefs, 2009) y también estudios de contaminación por metales pesados en sitios urbanos (Del Rio-Salas, 2012).

La variación de isótopos estables encontrados en material cósmico es usada para revelar información de la evolución de nuestro sistema solar ya que la mayor diferencia entre el material terrestre y el cósmico es la mezcla de isótopos en el sistema solar primitivo. Estas mezclas no se observan en la Tierra o la Luna porque los procesos de alta temperatura han transformado la composición isotópica del material durante el tiempo geológico (Hoefs, 2009).

II.3 Situación de los ecosistemas costeros del golfo de California

Dos tercios de la población mundial habitan en la zona costera y su rápido desarrollo y aumento de la población ha tenido un impacto negativo en los ecosistemas costeros (Páez-Osuna *et al.*, 2003). La zona costera es el espacio geográfico de interacción entre el medio acuático, el terrestre y la atmósfera. En México está constituido por una porción continental que consta de 263 municipios, 150 frente al mar, y 113 interiores adyacentes a estos, una

porción marina definida a partir de la plataforma continental delimitada por la isobata de los 200 metros y una porción insular que consta de islas oceánicas y costeras (Lara-Lara, 2008). Las lagunas costeras son ecosistemas altamente complejos con características oceanográficas e hidrológicas propias, determinadas por la conexión y tipo de canales con el mar adyacente (Lankford, 1977).

El golfo de California posee actividad hidrotermal y una productividad primaria característica, lo que lo hace de una gran riqueza biológica y diversidad genética, albergando a miles de especies, muchas de estas endémicas de la región (Amezcu-Linares, 1996; Flores-Verdugo *et al.*, 2001; Hendrickx *et al.*, 2002; Páez-Osuna *et al.*, 2003). Este cuerpo de agua está rodeado por los estados de Baja California y Baja California Sur al oeste y los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit al este, lo que lo hace una región fragmentada, culturalmente diversa y con contrastes étnicos, políticos y socioeconómicos. Se estima que unos 6 millones de personas dependen de las actividades que se desarrollan en el golfo, principalmente relacionadas con la agricultura, pesca y acuicultura y en menor escala el turismo (Páez-Osuna *et al.*, 2003).

II.4. Reconstrucción de la trama trófica mediante isótopos estables

El uso de los isótopos estables ha sido usado ampliamente en los últimos años ya que sus datos proveen información detallada para estudios de diferente naturaleza (Lorrain *et al.*, 2002). En ecosistemas marinos, el $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ son comúnmente usados para estudiar la dinámica de las tramas tróficas (DeNiro y Epstein, 1978; Minagawa y Wada, 1984; Cabana y Rasmussen, 1996; Carabel *et al.*, 2006), ya que son útiles para determinar las fuentes de energía y establecer estructuras tróficas en las comunidades ecológicas (Minagawa y Wada, 1984; Peterson y Fry, 1987). La composición de $\delta^{13}\text{C}$ indica la fuente de alimento y el $\delta^{15}\text{N}$ indica la posición trófica de los organismos, asimismo pueden usarse para el estudio de contaminación por desechos antropogénicos (Minagawa y Wada, 1984).

Se han desarrollado varios modelos matemáticos como herramientas complementarias a la cuantificación de isótopos estables, como el programa IsoSurce, que permiten estimar las proporciones de las diferentes fuentes alimenticias de todas las fuentes

posibles, elucidando la dinámica de las tramas tróficas aún en casos donde la estructura es compleja como el caso de los ecosistemas marinos sustropicales y tropicales (Phillips *et al.*, 2005). Para estimar las contribuciones de cada fuente en la dieta de un organismo en la trama trófica, este programa consiste básicamente en ecuaciones matemáticas que explican la composición isotópica del consumidor como una simple mezcla de la composición isotópica asimilada en su dieta (Phillips, 2012).

La forma en que los organismos adquieren una composición isotópica definida es a través de un proceso llamado enriquecimiento de isótopos, donde las moléculas que llevan incorporados los isótopos pesados no son excretados del organismo tan fácilmente como los isótopos ligeros (Soto-Jiménez, 2011). Entre los procesos que contribuyen a este enriquecimiento están la pérdida preferencial de $^{12}\text{CO}_2$ en la respiración, la captación selectiva de compuestos ^{13}C durante la digestión y el fraccionamiento metabólico durante la formación de distintos tipos de tejidos (pelo>cerebro>músculo>hígado>adiposo) (DeNiro y Epstein, 1978). En la sulfato reducción bacteriana en los sedimentos, $^{32}\text{SO}_4^{-2}$ es preferentemente reducido que $^{34}\text{SO}_4^{-2}$, por lo que el sulfato es enriquecido con el isótopo pesado progresivamente con la profundidad. Similarmente, las moléculas que se forman durante la fotosíntesis se enriquecen con ^{12}C , por lo que sus valores δ son mayores que sus fuentes (Minagawa y Wada, 1984; Peterson y Fry, 1987).

Existen varios factores estacionales y ambientales que alteran la relación isotópica de los organismos de los ecosistemas marinos. Por ejemplo, los valores $\delta^{13}\text{C}$ de los productores primarios en los sistemas costeros y estuarinos pueden disminuir al aumentar el uso de carbono inorgánico disuelto o por la reducción de las tasas de crecimiento de los organismos debido a la disminución de la luz, de los nutrientes, y/o la presencia de contaminantes. Se asume que los organismos con mayor tamaño de células y de más rápido crecimiento tendrán valores $\delta^{13}\text{C}$ mayores. El estado nutricional puede alterar los valores de $\delta^{15}\text{N}$, ya que un estado de inanición produce un aumento de dicho valor por la utilización preferencial de ^{14}N (Peterson y Fry, 1987).

Considerando que el enriquecimiento de $\delta^{13}\text{C}$ entre una fuente de carbono y otra es de aproximadamente 1 ‰ y que el enriquecimiento con $\delta^{15}\text{N}$ entre un nivel trófico y otro es de aproximadamente 3.4 ‰, se puede estructurar la trama trófica al graficar $\delta^{13}\text{C}$ en el eje de las

ordenadas y $\delta^{15}\text{N}$ en el eje de las abscisas. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ nos indican los flujos de energía y las fuentes de nutrientes, mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ indicarán las relaciones tróficas (DeNiro y Epstein, 1978; Minagawa y Wada, 1984). Teóricamente ocurrirá un enriquecimiento $\delta^{13}\text{C} / \delta^{15}\text{N}$ lineal en una trama trófica (Cabana y Rasmussen, 1996).

II.5. Definición y características de un ecosistema

En ecología, el ecosistema es la unidad fundamental básica, ya que incluye tanto la parte biótica como el ambiente abiótico, cada uno de los cuales influye sobre las propiedades del otro, siendo necesarios ambos para la conservación de la vida en el planeta (Odum, 1971). El ecosistema tiene tres niveles, en el primer nivel, los organismos individuales (aquí se incluye al humano) responden al medio físico e influyen sobre él. En el segundo nivel los organismos de la misma especie forman poblaciones, el grupo de individuos de la misma especie que ocupa una zona determinada y pueden describirse en términos de cantidad, tasa de crecimiento y distribución por edades. En el tercer nivel, los organismos de las poblaciones interactúan entre sí para formar una comunidad (Smith y Smith, 2007).

En un ecosistema se encuentran los siguientes elementos: 1) sustancias inorgánicas, que intervienen en los ciclos de materiales, 2) compuestos orgánicos, que enlazan lo biótico y lo abiótico, 3) régimen climático, 4) productores, organismos autótrofos capaces de producir alimento a partir de sustancias inorgánicas, 5) consumidores, organismos heterotróficos que se alimentan de otros organismos o materia orgánica y 6) desintegradores o remineralizadores, organismos heterotróficos que desintegran los compuestos de materia protoplasma muerto, absorben algunos de los productos de la descomposición y liberan sustancias que son reutilizadas por los productores primarios (Odum, 1971).

Un ecosistema puede ser considerado en diferentes escalas, desde un grano de arena hasta un área costera o estuario, un mar semicerrado y eventualmente el planeta completo (García *et al.*, 2003) ya que el límite del ecosistema es a veces marcado y a veces muy ambiguo. La energía en el ecosistema tiene inicio en el recibimiento de la luz solar, ésta es fijada por la fotosíntesis y de esta forma utilizada por organismos heterotróficos, esta energía soporta las necesidades de la gran diversidad de especies que habitan los ecosistemas (Wright,

1990) y con ello, la complejidad de las tramas tróficas. La diversidad o complejidad de la trama trófica está relacionada con la salud del ecosistema, esta complejidad es un indicador de estabilidad y esto, a la vez es una medida de salud. Esta relación ha sido sujeta a mucha controversia en la ecología, sin embargo la diversidad es relativamente fácil de medir en un ecosistema y se ha convertido en un indicador de salud (Costanza *et al.*, 1992).

Los términos “top-down” y “bottom-up” describen mecanismos donde los depredadores o productores poseen la habilidad de regular la estructura de las comunidades acuáticas (Littler, 2005) modificando de cierta manera la estructura de la trama trófica. El efecto “bottom-up” se refiere al control que tienen los elementos fuente (luz, nutrientes, plantas) o factores físicos como la temperatura sobre la estructura de la trama trófica; es decir el control “bottom-up” comienza en la base de la trama trófica (Weiss, 2008). Un ejemplo de esto sería la eutroficación en aguas costeras. En el efecto “top-down”, los organismos que se encuentran en la cúspide de la cadena trófica son los principales responsables del control de la diversidad y abundancia de los consumidores y de esta forma también son los principales responsables del control de las poblaciones de productores primarios (Achá y Fontúrbel, 2003).

Muchos de los ecosistemas del planeta no son saludables. Sus funciones, particularmente aquellas que son vitales para mantener las comunidades humanas, han sido dañadas. La relación de la salud del ecosistema con la prestación de servicios (funciones que son reconocidas por satisfacer las necesidades humanas) y la disfunción de estos servicios, son los principales desafíos que existen dentro del sector salud, ciencias sociales y naturales (Rapport *et al.*, 1998).

III. HIPÓTESIS

Se espera encontrar al fitoplancton como base de la trama trófica, además, dado los cambios estacionales, se espera encontrar variaciones en la fuente de nutrientes y en las aportaciones alimenticias de los organismos de diferentes estratos de la trama trófica.

IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar la estructura de la trama trófica en el ecosistema El Tóbari, golfo de California, mediante isótopos estables de C y N

V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de especies representativas de los niveles tróficos del ecosistema El Tóbari, y su variación estacional.
- Determinar la estructura de la trama trófica en el ecosistema El Tóbari a través de los isótopos estables de C y N.
- Determinar los niveles tróficos de los grupos de organismos en el ecosistema El Tóbari por medio de la composición isotópica de N.
- Establecer las fuentes alimenticias de los organismos en la laguna El Tóbari a través de un programa de matemático de ecuaciones mixtas.

VI. METODOLOGÍA

VI.1 Área de estudio

El ecosistema El Tóbari se localiza a 40 km al suroeste de Ciudad Obregón y a 14 km de Villa Juárez, en el Estado de Sonora. Está separada del golfo de California por una barra arenosa llamada Isla Huivulai y posee dos bocas (Figura 1). Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 26° 54' y 27° 10' de latitud al norte y los 109° 50' y 110° 24' de longitud al oeste, con una superficie de 7, 000 ha. El clima predominante es seco desértico (CIPAMEX, 2009) y la precipitación anual promedio es de 259.2 mm. La profundidad promedio es de 1.4 m, las zonas profundas (5 m en la boca norte y 8 m en la boca sur) se encuentran en los canales principales de acceso a las bocas (Cruz *et al.*, 2000).

La barra arenosa es conocida como Isla Huivulai y estuvo comunicada con el continente por un “pedraplén” de 6 km de longitud, desde 1973 hasta 2013, que dividió al ecosistema lagunar en dos partes. Este pedraplén obstruyó la circulación natural que poseía la laguna, y la circulación entre las dos partes estuvo dada por 2 puentes de 20 m (Cruz *et al.*, 2000). Es un área de gran importancia ecológica ya que es zona de desarrollo, maternidad y anidación de varias especies marinas y terrestres, tanto endémicas como migratorias (García-Hernández, 2004). Es por ello que está incluida entre las Zonas de Prioridad de Conservación Costera y Oceánica de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México (Aguilar *et al.*, 2008).

VI.2 Muestreos

Se hicieron 4 muestreos en épocas climáticas distintas: agosto de 2011, y febrero, mayo y octubre de 2012. Las coordenadas de los sitios de muestreo son especificados en la Tabla 1 y fueron seleccionados por su mayor biodiversidad de acuerdo a los pescadores ribereños locales. Se colectaron muestras de agua, sedimento y organismos en los diferentes sitios de muestreo del ecosistema El Tóbari, considerando que muchas especies son móviles y

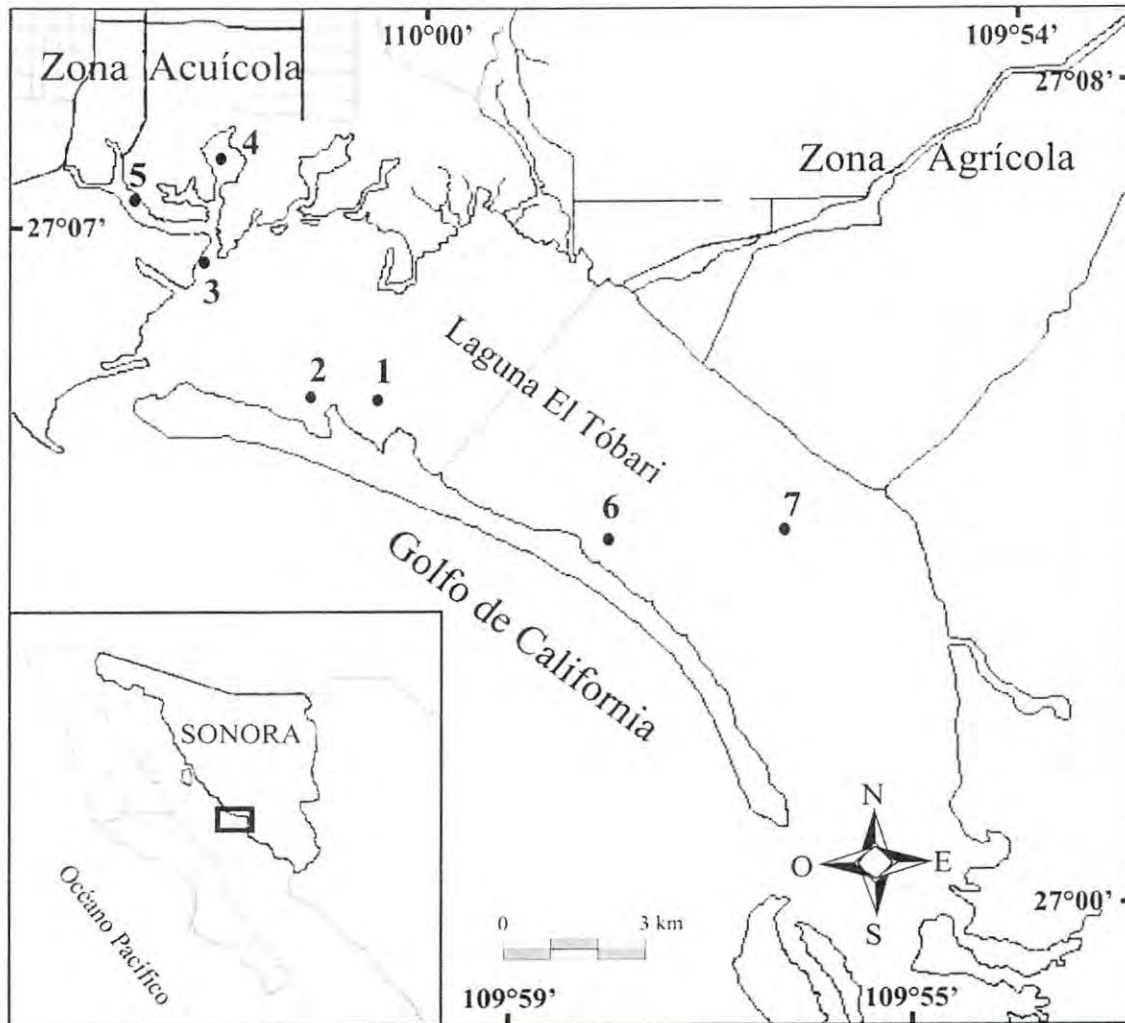


Figura 1. Mapa de localización del sitio y puntos de muestreo en la Laguna El Tóbari, municipio de Benito Juárez, Sonora.

tratando de coleccionar el mayor número posible de especies y que estas fuesen repetibles en cada muestreo.

Las muestras de agua se coleccionaron a unos 30 cm de la superficie de la columna de agua, usando recipientes de plástico de un litro de volumen, previamente acondicionados con ácido clorhídrico 2 M. Los sedimentos fueron coleccionados en todos los sitios usando una draga Van Veen de acero inoxidable, tomando los primeros 2.5 cm de la columna sedimentaria.

Las muestras de fitoplancton y zooplancton se coleccionaron haciendo arrastres horizontales de 5 minutos en transectos lineales entre cada punto a una velocidad de dos nudos con redes cónicas de luz de malla de 60 μm (D=30 cm, L=130 cm) para fitoplancton y de 270

Tabla 1.- Coordenadas de los sitios de muestreo en la Laguna El Tóbari, Sonora.

Sitio de muestreo	Latitud (N)	Longitud (W)
1	27° 05' 04"	110° 00' 31"
2	27° 05' 03"	110° 01' 02"
3	27° 06' 01"	110° 02' 08"
4	27° 06' 01"	110° 02' 08"
5	27° 06' 47"	110° 02' 30"
6	27° 06' 50"	109° 58' 25"
7	27° 04' 12"	109° 55' 57"

μm (D=50 cm, L=250 cm) para zooplancton. Las muestras se colectaron en recipientes de plástico de 250 mL previamente lavados con HCl 2M.

Las macroalgas se recolectaron por medio de buceo libre cuando se encontraron cubiertas por el agua y de manera directa si estaban expuestas. Se colectaron manualmente hojas de dos especies de mangle en los márgenes de los sitios, haciendo muestras compuestas de 25 hojas de 4 árboles. Los organismos bivalvos y los balanos se colectaron manualmente en los márgenes de los sitios, directamente de las raíces del manglar y de los sedimentos (almejas); además, se colectó ostión de cultivo en un punto donde se desarrolla el cultivo comercial y dos puntos más donde se desarrolló de manera natural, posiblemente de larvas que escaparon de las jaulas de cultivo. Se conformaron muestras compuestas de 24 organismos. Las muestras de crustáceos se colectaron con una red de mano de 1.27 cm de luz de malla y correspondieron a dos especies: camarón blanco (adultos 4.75-17.8 g) y jaiba azul de dos estadios (juveniles de 0.85 a 1.42 g y adultos de 93.6 a 189.7 g). Se conformaron muestras compuestas de 5 organismos de camarón adulto, de 10 organismos de jaiba juvenil y de un organismo de jaiba adulta.

Los peces fueron recolectados con redes de mano de 1.27 cm de luz de malla, y se capturaron dos estadios (juveniles: talla de 12.7 a 20.5 cm y peso de 55.2 a 78.4 g; y adultos: talla de 24.6 a 35.7 cm y peso de 188.9 a 455.7 g) de 5 especies de peces con hábitos alimenticios diferentes. Se hicieron muestras compuestas de 3 organismos juveniles, mientras

que para los adultos las muestras fueron individuales. Se colectaron muestras de 12 especies de aves. Se obtuvieron muestras de sangre (1 mL) de 10 especies en sitios de anidación, luego de ser capturadas utilizando una red de niebla (permiso de la Dirección General de Vida Silvestre de SEMARNAT No. SGPA/DGVS/04826/11) y haciendo una punción en la vena branquial ubicada debajo del ala usando una jeringa de 3 mL y se colocó en un vial con anticoagulante EDTA 0.1M. Además, se obtuvieron organismos de dos especies de aves que fueron encontradas muertas de manera natural.

El número de muestras y las especies colectadas se detallan en la Tabla 2. Las muestras colectadas (agua, sedimento y organismos) fueron procesadas como se describe a continuación.

VI.3 Procesamiento de las muestras

El agua colectada fue filtrada mediante filtros Whatman GF/F (previamente acondicionados a 450° C por 4 horas, enfriados y pesados); la materia orgánica particulada retenida fue secada a 50°C por 12 h en un horno de convección (Precision-Gravity Modelo STG-145) y se calculó la cantidad de materia orgánica particulada por diferencia de peso. Los filtros fueron lavados con una solución de HCl 0.1N para eliminar los carbonatos y secados 50°C por 12 h. Para el análisis de isótopos estables de C y N, la materia orgánica particulada fue recuperada al raspar los filtros, se pesaron aproximadamente 20 mg y fue empaquetada en capsulas de estaño (Figura 2).

El sedimento fue secado a 50°C por 24 h y homogeneizado en un mortero de porcelana. De ahí se pesaron de 60 a 120 mg y se agregaron unas gotas de HCl 0.1N y ácido sulfuroso para eliminar los carbonatos y secados a 50°C por 12 h. Este procedimiento se repitió tres veces, hasta que la muestra dejara de efervescer cuando se le agregaba ácido sulfuroso. Para el análisis de isótopos estables de C y N, el sedimento fue pesado [aproximadamente 20 mg] y empacado en cápsulas de estaño (Figura 2).

Tabla 2. Muestras colectadas en los sitios de muestreo del ecosistema lagunar El Tobarí.

Tipo/organismo	Grupo/Especie	Cantidad por cada muestra ¹	Tejido	Sitios	Número de muestras
Agua		1000 mL	-	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
Sedimento		500 g	-	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
Fitoplancton	Diatomeas y dinoflagelados	250 mL	Completo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	28
Zooplancton	Copépodos y larvas de pez	250 mL	Completo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	28
Mangles	<i>Rhizophora mangle</i>	25 g	Hojas	5, 6 y 7	12
	<i>Avicennia germinans</i>	25 g	Hojas	5, 6 y 7	12
Macroalgas	<i>Ulva lactuca</i>	20 g	Completo	4, 5, 6 y 7	10
	<i>Ulva intestinalis</i>	20 g	Completo	4, 5, 6 y 7	10
	<i>Spyridinia filamentosa</i>	20 g	Completo	4, 5, 6 y 7	6
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	20 g	Completo	4, 5, 6 y 7	6
Organismos filtradores	<i>Chione gnidia</i>	60 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
	<i>Chione fluctifraga</i>	60 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
	<i>Crassostrea gigas</i>	60 g	Músculo	5, 6 y 7	12
	<i>Crassostrea corteziensis</i>	30 g	Músculo	5, 6 y 7	12
	<i>Fistulobalanus. dentivarians</i>	15 g	Músculo	5, 6 y 7	12
	<i>Hexaplex erythrostoma</i>	60 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
Crustáceos	<i>Litopenaeus vannamei</i>	60 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
	<i>Callinectes arcuatus</i> juvenil	8 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
	<i>Callinectes arcuatus</i> adulto	15 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32

¹ Base húmeda para las muestras sólidas.

Tabla 2. Continuación.

Grupo	Especie/estadio	Cantidad por cada muestra ¹	Tejido	Sitios	Número de muestras
Peces	<i>Mugil cephalus</i> juvenil	50 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
	<i>Mugil cephalus</i> adulto	50 g	Músculo	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	32
	<i>Gerres cinereus</i> juvenil	50 g	Músculo	5, 6 y 7	6
	<i>Gerres cinereus</i> adulto	50 g	Músculo	5, 6 y 7	8
	<i>Haemolopsis leuciscus</i> juvenil	50 g	Músculo	5, 6 y 7	6
	<i>Haemolopsis leuciscus</i> adulto	50 g	Músculo	5, 6 y 7	8
	<i>Lutjanus argentivensis</i> juvenil	50 g	Músculo	3, 5 y 7	6
	<i>Lutjanus argentivensis</i> adulto	50 g	Músculo	3, 5 y 7	8
	<i>Fregata magnificens</i>	50 g	Músculo	2, 3 y 7	6
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	50 g	Músculo	2, 3 y 7	6
Aves	<i>Nyctanassa violacea</i>	1 g	Sangre	2, 3 y 7	12
	<i>Rallus longirostris</i>	1 g	Sangre	2 y 3	4
	<i>Tringa semipalmata</i>	1 g	Sangre	2 y 3	4
	<i>Haematopus palliatus</i>	1 g	Sangre	3, 5 y 7	4
	<i>Egretta tricolor</i>	1 g	Sangre	2, 3 y 5	4
	<i>Egretta thula</i>	1 g	Sangre	2, 3 y 5	4
	<i>Egretta rufescens</i>	1 g	Sangre	2, 3 y 5	6
	<i>Platalea ajaja</i>	1 g	Sangre	2, 3 y 5	6
	<i>Bubulcus ibis</i>	1 g	Sangre	3, 5 y 7	4
	<i>Ardea herodias</i>	1 g	Sangre	3, 4 y 7	4

¹ Base húmeda para las muestras sólidas.

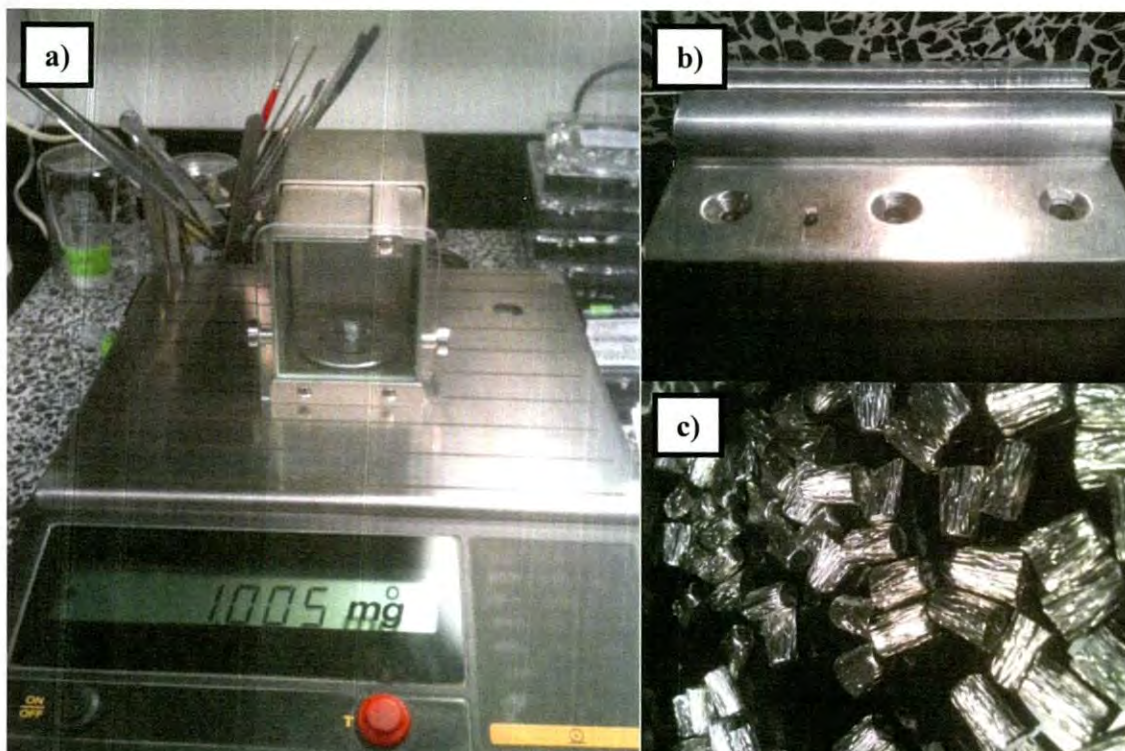


Figura 2. Equipo utilizado para el pesado y empaquetado de las muestras en la cuantificación de isótopos estables. a) Balanza *Sartorius Proll* b) Plataforma para empaquetar muestras en las cápsulas c) Cápsulas de estaño.

Para identificar los organismos del plancton, una porción del fitoplancton se fijó con lugol al 4 % v/v y formol al 4 % v/v para zooplancton; y la otra parte se guardó en hielo para su posterior procesamiento para el análisis de isótopos estables de C y N. La identificación de los organismos planctónicos se hizo con un microscopio óptico Leica (modelo DC, 300 V 2.0), cámaras Sedgwick–Rafler, objetivo 10x y diluciones 1:10 (Alonso-Rodríguez, 2004). Se identificaron los géneros y se hizo el cálculo de abundancia relativa por grupos (Palma-González y Kaiser-Contreras, 1993).

Las muestras de macroalgas y de mangles fueron lavadas con agua de la laguna en los sitios donde fueron colectadas; transportadas en hielo al laboratorio, lavadas exhaustivamente con agua corriente y agua bidestilada y congeladas a -25°C para su posterior procesamiento. Las especies fueron identificadas de acuerdo a Fischer *et al.* (1995a), Ochoa-Izaguirre *et al.* (2007) y Flores-Verdugo *et al.* (1992). Los organismos bivalvos y los crustáceos fueron

transportadas en hielo al laboratorio, lavados exhaustivamente con agua de la llave, diseccionadas para obtener el músculo y este fue congelado a -25°C para su posterior análisis. Tanto las especies de moluscos bivalvos como de crustáceos fueron identificadas de acuerdo a Fischer *et al.* (1995a) y Hendrickx *et al.* (2002).

Los peces fueron transportados al laboratorio en hielo, lavados abundantemente con agua corriente y agua bidestilada, diseccionadas para obtener el músculo y almacenadas en recipientes de plástico a -25°C para su posterior análisis. Las especies fueron identificadas de acuerdo a Fischer *et al.* (1995b, 1995c) y Amezcua-Linares (1996). Las muestras de sangre de las aves se colocaron en viales, se conservó en hielo y se centrifugaron para separar el suero. La sangre sin suero se almacenó a -25°C en un vial de plástico para su posterior procesamiento. Los organismos de aves que se encontraron muertos se colocaron en bolsas, se transportaron al laboratorio y se diseccionaron para colectar secciones del músculo escapular, obteniendo muestras individuales. Las especies de aves fueron identificadas de acuerdo a Sibley (2000).

Las muestras de organismos fueron liofilizadas (48°C , 32×10^{-3} mbar por 72 h, equipo Labconco), tratadas con HCl 0.1N para remover los carbonatos y secadas a 50°C por 12 h. Luego fueron homogeneizadas en un mortero de ágata y almacenadas en viales de plástico. Las muestras de peces y aves fueron tratadas con una solución de metanol:cloroformo (2:1 v/v) por 24 h para remover los lípidos, secadas a 50°C por 12 h, homogeneizadas en un mortero de ágata y almacenadas en viales de plástico. Para el análisis de isótopos estables de C y N, se pesaron aproximadamente 5 mg de las muestras de productores primarios y aproximadamente 1.5 mg de las muestras de productores consumidores, y se empacaron en cápsulas de estaño para la cuantificación (Figura 2c).

VI.4 Cuantificación de isótopos estables y análisis de sus datos

La cuantificación de los isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ se realizó en el Laboratorio de Isótopos Ambientales del Departamento de Geociencias de la Universidad de Arizona, en Tucson Arizona, EUA. Los isótopos estables se determinaron en un analizador de isótopos Carlo Erba NA 2100 acoplado a un espectrómetro de masas Finnigan Delta S y a un analizador Europa Scientific ANCA-NT 20-20 con un módulo de preparación sólido/líquido (Europa Scientific, Crewe, UK). La precisión analítica (desviación estándar, $n=100$) fue $\leq 0.2\%$ tanto para C como para N, y se calculó utilizando acetanilida como estándar (Baker, calibrada con los estándares internacionales NBS-22 y USGS-24 para $\delta^{13}\text{C}$, y IAEA-N-1 y IAEA-N-2 para $\delta^{15}\text{N}$, de la Agencia Internacional de energía Atómica) cada 9 muestras. La composición isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ o $\delta^{15}\text{N}$) fue expresada como la diferencia relativa de la muestra respecto a un estándar (Vienna Pee Dee Belemnita para C y aire atmosférico N_2 para N):

$$\delta = \left(\frac{R_{\text{muestra}}}{R_{\text{estándar}}} - 1 \right) \times 1000$$

Donde δ es la variación en la composición isotópica y R es la relación del isótopo pesado respecto al ligero (por ejemplo $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) en la muestra respecto a la composición en un estándar. Un valor positivo de δ indica que la muestra contiene mayor cantidad de isótopo pesado en relación al estándar.

Dado que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ proveen información sobre la posición trófica de un consumidor, los niveles tróficos (λ) de los consumidores primarios, secundarios y terciarios se calcularon utilizando la siguiente fórmula (Hobson y Welch 1992; Post *et al.*, 2002):

$$\lambda = \left(\frac{\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{base}}}{\Delta\delta^{15}\text{N}} \right) + 2$$

Donde:

$\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}}$ es la composición isotópica del consumidor a determinar el nivel trófico; $\delta^{15}\text{N}_{\text{base}}$ es la composición isotópica del consumidor base, en este caso consideramos al zooplancton;

$\delta^{15}\text{N}$ es el enriquecimiento de N de un nivel trófico a otro, que se asumió de 3.4‰ (Hobson and Welch 1992).

VI.5 Análisis estadístico

Se hizo un análisis de regresión y correlación entre la composición de $\delta^{13}\text{C}$ en el eje de las abscisas y de $\delta^{15}\text{N}$ en el eje de las ordenadas, para determinar las relaciones tróficas entre el sedimento, el material orgánico suspendido y los diferentes organismos. Para ello se utilizó el paquete computacional NCSS versión 6.0 (NCSS, 2007).

Los datos obtenidos fueron analizados con un modelo matemático de mezclado de fuentes alimenticias. Se utilizó el programa de IsoSource 1.3.1 para estimar las posibles contribuciones de las diferentes fuentes alimenticias a la dieta del consumidor (Phillips y Gregg, 2003). Este modelo examina todas las posibles combinaciones de cada fuente con un incremento de 1% y dentro de un valor de tolerancia que varía de 1 a 5%, cada una de las combinaciones presentan valores que el modelo discrimina y proporciona la combinación que más se acerca a la composición de los organismos productores y consumidores por cada muestreo. Los valores son expresados en un rango que va de 0 a 100%, este porcentaje indica la cantidad del consumo de la presa hacia el consumidor.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

VII.1. Composición isotópica de los organismos de El Tóbari, Sonora

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ para la materia orgánica en los sedimentos, materia orgánica en suspensión (MOS) y en los organismos de la laguna El Tóbari variaron entre -27.6 a -7.3‰ (Fig. 3). Mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ tanto para las fuentes de nutrientes como para los organismos fluctuaron entre 7.9 a 19.4‰. El análisis de regresión lineal mostró una relación positiva significativa ($p < 0.05$) entre $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ($R^2 = 0.27$). Es decir, los organismos incrementaron los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ al aumentar la posición trófica teórica de los organismos en la trama. Estos resultados son similares a los reportados en diferentes ecosistemas costeros en estudios basados en el análisis de isótopos estables de C y N. Carlier *et al.* (2007) reportaron una correlación lineal positiva entre $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ en una trama trófica bentónica del Noreste del Mar Mediterráneo (Francia). Al estudiar las fuentes de nutrientes en el Estero del Río Nakdong en Corea, Choy *et al.* (2008) encontraron que la materia orgánica en los sedimentos y la suspendida y los productores primarios, tuvieron los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ más bajos en la trama trófica.

A continuación se presentarán y discutirán los resultados por fuentes alimenticias y grupo de organismos.

VII.1.1. Composición de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ en los sedimentos, MOS y productores primarios

Los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ en los sedimentos y MOS variaron de -21.6 a -18.9‰ y de -21.6 a -16.8‰, respectivamente. El intervalo de $\delta^{13}\text{C}$ para el fitoplancton fue de -18.1 a -16.9. Estos valores sugieren que la fuente de nutrientes para el fitoplancton proviene tanto del sedimento como de la MOS. En un estudio de isótopos estables de C y N con productores primarios como *Zostera marina*, Shaal *et al.* (2008) encontraron que el flujo de nutrientes estuvo asociado al sedimento y a la MOS a través del circuito microbiano, por la descomposición del detritus de los pastos marinos. En este estudio no se analizó de manera individual los componentes del circuito microbiano pero los valores de $\delta^{13}\text{C}$ sugieren que en el ecosistema El Tóbari, el sedimento y la MOP son las fuentes de nutrientes del fitoplancton de

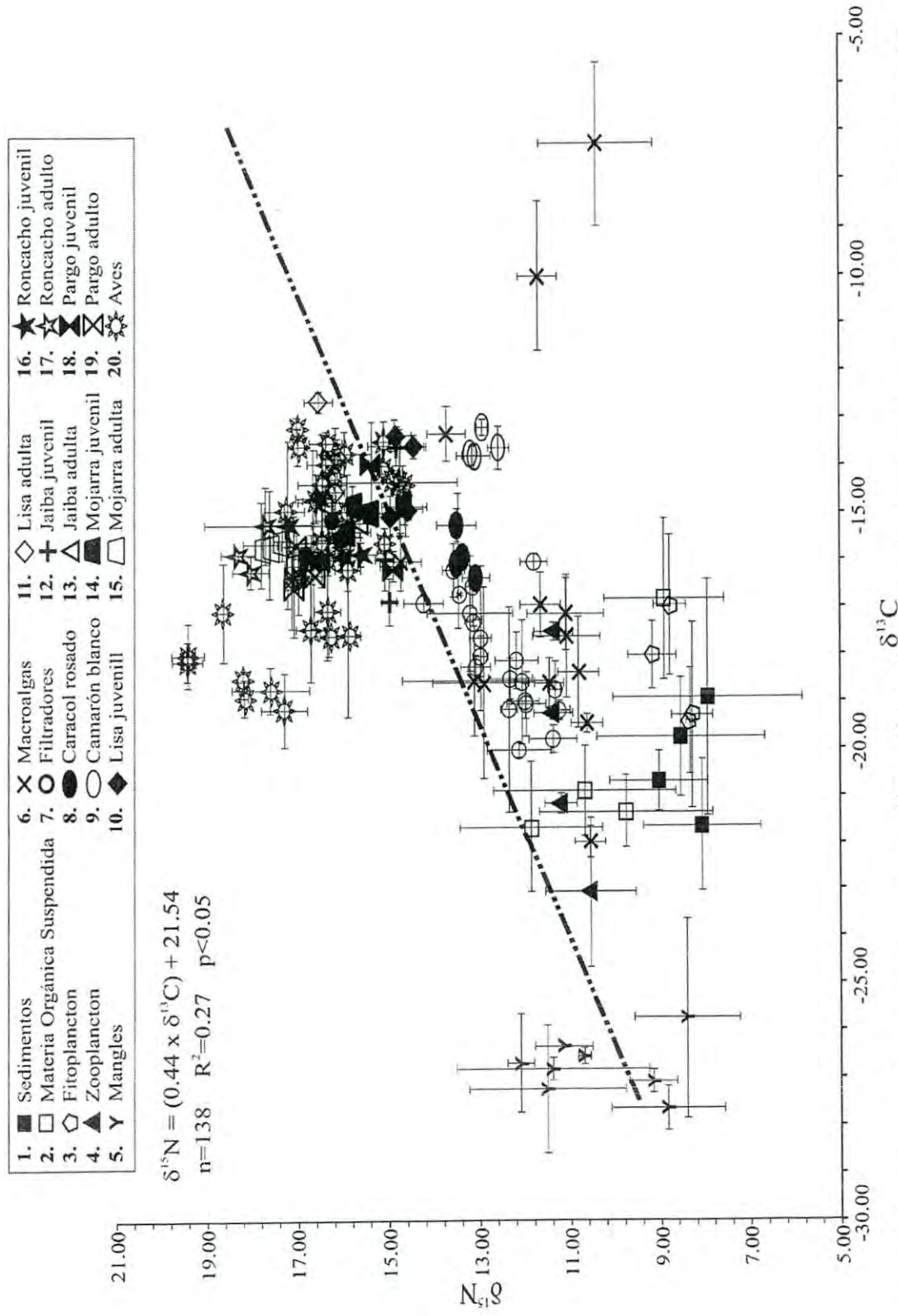


Figura 3. Regresión de los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las fuentes de alimentación y los consumidores de la laguna El Tóbari, Sonora.

la columna de agua. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ en el sedimento variaron de 8.9 a 10.7‰, mientras que para el MOS de 7.9 a 9.0‰ y el fitoplancton de 8.3 a 9.2‰. Entre los organismos, el fitoplancton tuvo los valores de $\delta^{15}\text{N}$ más bajos. Considerando los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ del fitoplancton y de la posición que ocupan en la Figura 3, es evidente que la base de la trama trófica de El Tóbari es el fitoplacton, como ya ha sido reportado en ecosistemas tropicales (Hsieh *et al.*, 2002).

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ en las macroalgas variaron ampliamente, de -22.0 a -7.2‰ y de 10.4 a 14.7‰, respectivamente. Este amplio intervalo sugiere que hay varias fuentes de C y N en el ecosistema El Tóbari. Considerando los 4 muestreos, los valores más bajos de $\delta^{13}\text{C}$ fueron en el muestreo de febrero (-7.2‰ para *U. lactuca* y -10.0‰ para *U. intestinalis*), mientras que los valores para *G. vermiculophylla* fueron similares en los tres muestreos en las que se colectó (-18.5 a -17.6‰).

Esto sugiere que las especies de macroalgas tienen distintas fuentes de C, por lo que las especies de *Ulva* utilizan como fuente tanto el CO_2 disuelto en la columna de agua, mientras *G. vermiculophylla* utiliza predominantemente la fuente proveniente de los sedimentos. Ahora, el análisis de isótopos de C y N en las macroalgas han sido utilizados para medir los impactos antropogénicos de las descargas de materia orgánica, por lo que no se descarta ese componente como predominante en El Tóbari, aunque los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en el presente estudio son menores que los reportados en otros sitios con disturbios antropogénicos (Kwak y Zedler, 1997; Kang *et al.*, 2008; Schaal *et al.*, 2008; Serrano-Grijalva *et al.*, 2011).

Las dos especies de mangle presentaron los valores más bajos de $\delta^{13}\text{C}$ durante los cuatro muestreos (intervalo de -27.6 a -25.7‰), lo que es acorde a su metabolismo como plantas del tipo C3. La incorporación de carbono al mangle depende de la fisiología de las hojas y de la actividad estomática y esto está ligado al CO_2 atmosférico (Sparks y Ehleringer, 1997; Reyes-García y Andrade, 2007). Valores del CO_2 atmosférico de la biósfera reciente corresponden a -25‰ (Sparks y Ehleringer, 1997), lo que puede ser indicativo de una condición normal en las hojas frescas de *R. mangle* y *A. germinans*, ya que fueron este tipo de hojas las analizadas para este estudio. En este sentido, la contribución directa de carbono del mangle hacia la trama trófica de los organismos de El Tóbari son muy bajos, por lo que posiblemente estos sean a través del circuito microbiano (la descomposición de las hojas es

gradual). Esto ha sido reportado en algunos estudios en ecosistemas lagunares subtropicales (Loneragan *et al.*, 1997; Serrano-Grijalva *et al.*, 2011).

VII.1.2. Composición de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{15}\text{N}$ en los consumidores

Los consumidores primarios (zooplancton y organismos filtradores) presentaron valores para $\delta^{13}\text{C}$ entre -23.1 y -16.2‰, y para $\delta^{15}\text{N}$ entre 10.5 a 13.6‰. Tanto el zooplancton (intervalo de -23.1 a -17.5‰) y los organismos filtradores (intervalo de -20.0 a -16.2‰) estuvieron relacionados en su composición de $\delta^{13}\text{C}$ con el sedimento (intervalo de -21.6 a -18.9‰), la MOP (intervalo de -21.7 a -16.8‰) y el fitoplancton (intervalo de -19.4 a -16.9‰). Se sabe que el zooplancton está compuesto mayormente por organismos fitoplanctívoros, aunque otros organismos de este grupo tienen fases predominantes de filtradores de materia orgánica suspendida y disuelta en la columna de agua (Bouillon *et al.*, 2000). En cambio, se ha reportado que los organismos filtradores se alimentan principalmente de materia orgánica contenida en el sedimento y la MOP (Carlier *et al.*, 2007). Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ confirmaron esta relación trófica entre el zooplancton (intervalo de 10.5 a 11.4‰) y los organismos filtradores (intervalo de 11.3 a 13.0‰) con la materia orgánica del sedimento (intervalo de 7.9 a 9.0‰), la MOP (intervalo de 8.9 a 11.9‰) y el fitoplancton (intervalo de 8.3 a 9.2‰).

Los omnívoros *H. erythrostoma* (caracol) y *L. vannamei* (camarón blanco) mostraron valores de $\delta^{13}\text{C}$ similares durante los cuatro muestreos (intervalos de -13.8 a -13.2‰ y de -15.3 a -16.4‰, respectivamente), lo que indica que sus fuentes alimenticias no varían marcadamente. Esto ha sido relacionado con la abundancia de presas, es decir la no limitación de presas preferidas. El caracol es un organismo bentónico que se alimenta de varias presas incluidas varias especies de moluscos bivalvos y poliquetos, así como de materia orgánica que selecciona del sedimento (Fischer *et al.*, 1995a). Los datos de $\delta^{13}\text{C}$ obtenidos para estas especies sugieren que entre sus alimentos están las almejas de las especies *C. gnidia* y *C. fructifraga*. Por su parte, el camarón es un organismo zooplanctívoro hasta la etapa juvenil y se convierte en omnívoro (Gamboa-Delgado *et al.*, 2003; Martínez-Cordova *et al.*, 2003), lo que es acorde a lo encontrado en este estudio. La composición de $\delta^{15}\text{N}$ de los omnívoros los ubicó por encima del zooplancton y de los organismos filtradores (Figura 3).

Las composiciones de $\delta^{13}\text{C}$ de la lisa mostraron ligeras variaciones entre los muestreos (intervalo de -15.1 a -13.4‰ para juvenil y de -16.4 a -12.6‰ para adulta), lo que sugiere que sus fuentes alimenticias no varían significativamente en las épocas del año. La lisa es un pez detritívoro que se alimenta de la materia orgánica de los sedimentos (Fischer *et al.*, 1995b), pero sus valores de $\delta^{13}\text{C}$ fueron diferentes a los encontrados en el sedimento (intervalo de -21.6 a -18.9‰) durante los cuatro muestreos. Estos valores sugieren que este pez es selectivo en la materia orgánica que consume, lo que puede ser elucidado con un estudio detallado del bentos de El Tóbari. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de la lisa variaron entre la etapa juvenil (entre 14.4 y 15.0‰) y la adulta (entre 16.1 y 17.0‰), lo que refuerza el hecho de que este organismo es selectivo en los alimentos que consume. Sin embargo, la contribución de todas las fuentes posibles se analizará en el siguiente apartado, que nos permitan explicar la composición isotópica de la lisa.

Los organismos juveniles de jaiba y de los peces carnívoros tuvieron intervalos de $\delta^{13}\text{C}$ entre -13.6 y -16.9‰, mientras que para $\delta^{15}\text{N}$ entre 14.8 y 17.2‰. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ sugieren que estos organismos comparten recursos, que sus fuentes alimenticias son similares durante las diferentes épocas del año. Algo similar ocurre entre estas especies en la etapa adulta, ya que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ no tuvieron variaciones significativas (intervalo de -16.6 a -15.3‰). Ahora, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre estas especies también fue similar entre los muestreos (intervalo de 16.0 a 18.3‰), lo que indica que los organismos son carnívoros y que sus fuentes alimenticias también son similares. Los carnívoros son depredadores oportunistas que muestran una gran plasticidad en sus presas en función de la abundancia, la predominancia de especies y la competencia con otros depredadores (Fisher *et al.*, 1995a; 1995b; 1995c).

La similitud estacional de las dietas indica que la abundancia de especies se mantiene en el tiempo y/o que las especies que predominan no varían mayormente en las diferentes épocas del año, lo cual ha sido reportado en ecosistemas tropicales y subtropicales para especies de jaiba y de peces (Amezcu-Linares, 1996; Dittel *et al.*, 2006; Serrano-Grijalva *et al.*, 2011). La composición de $\delta^{15}\text{N}$ entre los juveniles y adultos de los peces carnívoros fue similar entre los muestreos, por lo que es evidente que la dieta entre los dos estadios es similar (carnívoros). Generalmente, los peces carnívoros incrementan su posición trófica de manera proporcional a su tamaño, lo cual no se encontró en este estudio. Esto es acorde al hecho de

que los ecosistemas lagunares y estuarinos son sitios de anidación y desarrollo de peces juveniles y adultos jóvenes (Flores-Verdugo, 2001), y los peces carnívoros de gran tamaño sólo llegan a desovar y la mayor parte de su vida adulta la viven en la zona oceánica (Fisher *et al.*, 1995b; 1995c; Amezcua-Linares, 1996).

Los consumidores cuaternarios estuvieron conformados por las aves marinas, que tuvieron intervalos amplios tanto de $\delta^{13}\text{C}$ (de -19.2 a -13.2‰) como de $\delta^{15}\text{N}$ (14.7 a 19.4‰). Las aves tienen una gran variedad de fuentes alimenticias debido a su capacidad de desplazamiento, por lo que adquieren una composición isotópica amplia (Hobson, 1999). Entre las especies, *T. semipalmata* y *H. palliatus* mostraron una composición de $\delta^{13}\text{C}$ relativamente enriquecida (de -14.2 a -13.5‰ y de -14.0 a -13.2‰, respectivamente) durante los muestreos, en comparación las especies de *F. magnificens* (de -18.9 a -18.0‰) y *P. brasiliensis* (de -18.8 a -17.1‰), pero estas últimas dos especies tuvieron la composición de $\delta^{15}\text{N}$ (intervalo de 17.6 a 19.4‰) mayor que todos los organismos colectados. El enriquecimiento en la composición de $\delta^{13}\text{C}$ de las aves puede ser derivado de una mayor variedad en su dieta, en relación a presas lagunares y continentales de las zonas aledañas a El Tóbari, como ha sido reportado en otros ecosistemas lagunares (Hobson *et al.*, 1994). En cambio, las especies *F. magnificens* y *P. brasiliensis* mostraron que su dieta es principalmente marina, muy probablemente relacionada con los crustáceos y los peces.

VII.2. Niveles tróficos en el ecosistema El Tóbari

Los consumidores del ecosistema El Tóbari fueron ubicados en 4 niveles tróficos (Figura 4), considerando a los productores primarios como el nivel trófico 1 (Peterson y Fry, 1987). Esto ha sido reportado en tramas tróficas marinas de diferentes regiones del mundo, con diferentes organismos como depredadores tope (Hobson y Welch, 1994; Fry, 1988; Carlier *et al.*, 2007; Serrano-Grijalva *et al.*, 2011). Considerando que el fitoplancton tuvo los valores de $\delta^{15}\text{N}$ más bajos y a sus valores de $\delta^{13}\text{C}$ estuvieron relacionados con los consumidores primarios, estos organismos son la base de la trama trófica de El Tóbari. El grado en el que una trama trófica

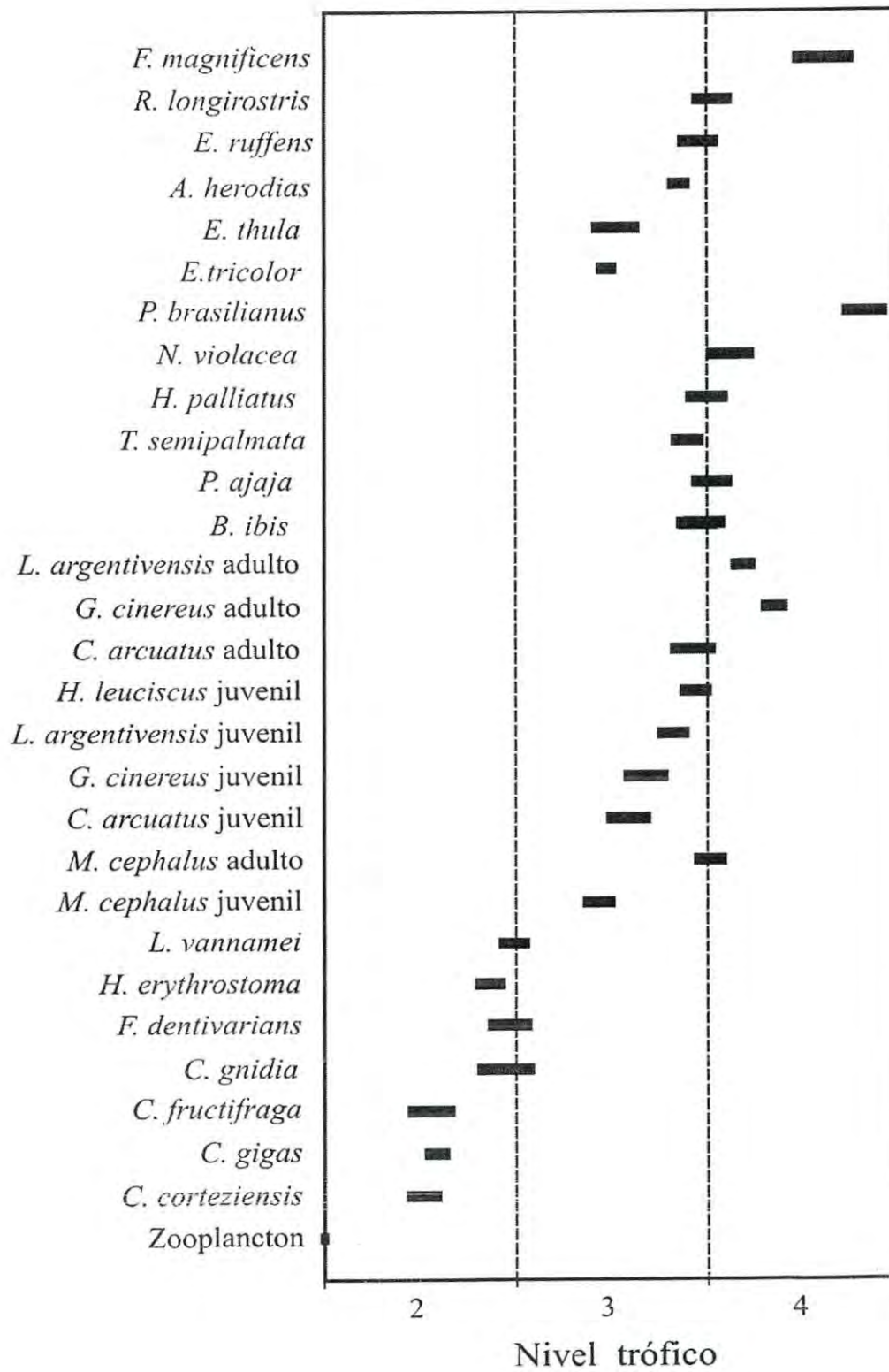


Figura 4. Niveles tróficos de los organismos de la laguna El Tóbari, Sonora.

depende del fitoplancton como base es variable y estará determinado por factores ambientales (Bouillon *et al.*, 2000).

Los niveles tróficos no tuvieron variaciones significativas entre las épocas de muestreo. El nivel trófico 2 (intervalo de 2.2 a 2.7) fue ocupado por las dos especies de ostión (*C. corteziensis* y *C. gigas*), las dos especies de almejas (*C. gnidia* y *C. fluctifraga*) y el balano *F. dentivarians*. Esto es acorde a los valores de $\delta^{13}\text{C}$, que indicaron que los filtradores están relacionados con la materia orgánica de los sedimentos y la suspendida, así como con el fitoplancton. El camarón blanco ocupó un nivel trófico intermedio entre 2 y 3 (intervalo de 2.6 y 2.9), lo que está relacionados con sus hábitos alimenticios como planctívoro en etapas juveniles y como bentónico en la etapa adulta. En el nivel trófico 3 (intervalo de 3.0 a 3.8) se ubicaron el caracol *H. erythrostoma*, la jaiba juvenil *C. arcuatus*, los juveniles de las cuatro especies de peces (*M. cephalus*, *G. cinereus*, *L. argentivensis* y *H. leuciscus*) y dos especies de aves (*E. tricolor* y *E. thula*). Los organismos omnívoros estuarinos y lagunares se caracterizan por tener fuentes comunes de alimentación y se flexibilizan en función de la disponibilidad de alimento.

El nivel trófico 4 (intervalo de 3.9 a 4.9) fue ocupado por los peces adultos y diez especies de aves (*T. semipalmata*, *H. palliates*, *N. violacea*, *A. herodias*, *E. rufescens*, *P. ajaja*, *B. ibis*, *R. longirostris*, *P. brasilianus* y *F. magnificens*). Esto indica que las diferentes especies de depredadores comparten fuentes de alimentación, hasta donde la abundancia de presas lo permita. Sin embargo, es de notar el nivel trófico ocupado por la lisa adulta (intervalo de 3.9 a 4.2) ya que es un organismo detritívoro y no depredador. En la laguna el Tóbari abunda la lisa, por lo que no tiene limitación de alimentos y una posible explicación sea que haya descargas frecuentes de materia orgánica de las poblaciones aledañas, ya que se ha reportado como una especie dominante en ecosistemas donde ocurren descargas municipales (Jeffries *et al.*, 2010). Cuando la disponibilidad de recursos no sea alta, algunas especies de aves buscarán alternativas, lo cual se vio reflejado en la composición de $\delta^{13}\text{C}$ de algunas especies. Otras especies mostrarán dietas más estrechas en función de la disminución de la competencia (Hobson, 1999).

VII.3. Estimación de las contribuciones dietarias en la trama trófica de El Tóbari

Las contribuciones dietarias de los organismos colectados en la laguna El Tóbari se llevaron a cabo con el programa *IsoSource*. Los intervalos de las contribuciones obtenidos se muestran en las Tablas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11. Se encontró que para el zooplancton las mayores contribuciones dietarias fueron de la MOP y del fitoplancton, mientras que para los organismos filtradores activos el mayor porcentaje de aportación fue por parte del zooplancton, seguido del fitoplancton y la MOP (Tabla 3). Esto coincide con los valores de la composición de $\delta^{13}\text{C}$ e indica que los flujos de energía de estos organismos están asociados al circuito microbiano, como ha sido reportado en otros estudios (Bouillon *et al.*, 2000; Carlier *et al.*, 2007). Sin embargo, se requieren de más estudios sobre el bentos para elucidar estas dinámicas.

Ahora, el hecho de que los sedimentos y la MOP no hayan resultado ser aportes principales de nutrientes para los organismos filtradores está explicado por Carlier *et al.* (2007), que reportaron que estos organismos pueden ser selectivos en la materia orgánica que consumen, por lo que pueden llegar a alimentarse de la fracción enriquecida con ^{13}C contenida en los sedimentos y en la MOP, lo que produce una composición isotópica diferente a la encontrada en estos reservorios. Además, el circuito microbiano produce el enriquecimiento con ^{13}C en los sedimentos y la materia orgánica en suspensión, al usar preferentemente la fracción ligera de carbono (Martineau *et al.*, 2004; Carlier *et al.*, 2007).

Por otro lado, *C. gnidia* fue una de las fuentes de alimento principal para *H. erythrostroma* y peces como *G. cinereus*, aportando un porcentaje medio-alto para sus predadores. (Tabla 4 y 8) El camarón *L. vannamei* tuvo fuentes dietarias variadas pero las principales fueron zooplancton, *C. gnidia*, *C. fluctifraga*, *F. dentivarians*, *C. arcuatus* juvenil y *L. argentivensis* juvenil (Tabla 3, 4, 6 y 7).

Tabla 3. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Filtradores y zooplanctívoros.

Organismo	Muestreo	MOP	Sedimento	Fitoplancton	Zooplancton
Zooplancton	Ago 11	49—79	0—15	21—51	
	Feb 12	0—100	0—91	0—78	
	May 12	59—83	0—37	0—41	
	Oct 12	91—100	0—9	0—8	
<i>C. gnidia</i>	Ago 11	0 — 78	1—100	0 — 83	0 — 43
	Feb 12	0 — 54	38—100	0 — 52	0 — 62
	May 12	0 — 53	21—100	0 — 63	0 — 54
	Oct 12	0 — 32	0 — 26	32 — 75	9 — 52
<i>C. fluctifraga</i>	Ago 11	0—6	98—100	0—1	0—2
	Feb 12	0—46	54—100	0—42	0—9
	May 12	0—97	0—100	0—80	0—59
	Oct 12	0—13	40—49	29—60	0—21
<i>C. gigas</i>	Ago 11	0—11	82—100	0—18	0—10
	Feb 12	9—75	3—91	0—22	0—16
	May 12	37—44	14—47	0—19	0—14
	Oct 12	0—65	2—65	0—98	0—86
<i>C. corteziensis</i>	Ago 11	0—10	86—100	0—37	0—14
	Feb 12	0—9	61—79	21—34	0—13
	May 12	7—38	57—80	0—43	0—13
	Oct 12	0—18	0—66	0—100	0—51
<i>F. dentivarians</i>	Ago 11	43—100	0—16	0—57	0—31
	Feb 12	88—100	0—20	0—52	0—10
	May 12	16—100	0—39	0—63	0—36
	Oct 12	0—60	0—54	0—100	0—40
<i>L. vannamei</i>	Ago 11	0—40	0—20	20—50	10—80
	Feb 12	0—28	0—21	0—33	67—100
	May 12	0—48	0—33	0—65	20—100
	Oct 12	0—64	0—37	36—95	0—43
<i>M. cephalus</i> juvenil	Ago 11	0—39	0—14	32—92	0—68
	Feb 12	0—13	0—12	0—15	85—100
	May 12	0—6	0—6	0—13	87—100
	Oct 12	40—42	2—5	55—56	0—57
<i>M. cephalus</i> adulta	Ago 11	0—52	0—91	9—68	0—12
	Feb 12	0—8	91—100	0—9	0—7
	May 12	0—15	84—100	0—5	0—5
	Oct 12	12—18	82—86	0	0—2

Tabla 4. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / moluscos.

Organismo	Muestreo	<i>Chione gnidia</i>	<i>Chione fluctifraga</i>	<i>Crassostrea gigas</i>	<i>Crassostrea corteziensis</i>
<i>L. vannamei</i>	Ago 11	82-100	0-13	0-13	0-18
	Feb 12	0-44	56-81	0-36	0-10
	May 12	21-100	0-69	0-53	0-79
	Oct 12	69-100	0-31	0-19	0-11
<i>H. erythrostoma</i>	Ago 11	61-100	0-30	0-29	0-39
	Feb 12	0-16	0-100	0-13	0-08
	May 12	46-100	0-13	0-10	0-15
	Oct 12	46-100	0-13	0-10	0-15
<i>C. arcuatus</i> juvenil	Ago 11	0-49	0-26	0-25	0-27
	Feb 12	0-51	0-32	0-51	0-25
	May 12	0-20	0-1	0-4	0-1
	Oct 12	0-13	0	0-8	0
<i>C. arcuatus</i> adulta	Ago 11	0-3	0-2	0-1	0-1
	Feb 12	0-14	0-25	0-9	0-19
	May 12	0-3	0-25	0-2	0-19
	Oct 12	0-27	0-34	0-12	0-58
<i>G. cinereus</i> juvenil	Ago 11	75-100	0-12	0-25	0-12
	Feb 12	0-100	0-15	0-100	0-11
	May 12	60-100	0-45	0-7	0-74
	Oct 12	79-100	0-100	0-21	0-25
<i>G. cinereus</i> adulto	Ago 11	72-100	0-9	0-28	0-9
	Feb 12	0-100	0-100	0-65	0-19
	May 12	0-100	0-32	0-25	0-54
	Oct 12	82-100	0-7	0-18	0-4
<i>H. leuciscus</i> juvenil	Ago 11	0-48	0-15	0-18	0-19
	Feb 12	0-28	0-16	0-54	0-12
	May 12	0-67			
	Oct 12	0-75	0-29	0-17	0-17
<i>H. leuciscus</i> adulto	Ago 11	0-5	0-25	0-25	0-26
	Feb 12	0-2	0-27	0-88	0-20
	May 12	0-35	0-9	0-9	0-100
	Oct 12	0-38	0-22	0-13	0-13
<i>L. argentivensis</i> juvenil	Ago 11	0-15	0-11	0-12	0-11
	Feb 12	0-30	0-22	0-24	0-19
	May 12	0-18	0-11	0-10	0-14
	Oct 12	0-27	0-20	0-10	0-17
<i>L. argentivensis</i> adulto	Ago 11	0-28	0-20	0-16	0-20
	Feb 12	0-28	0-20	0-16	0-20
	May 12	0-100	0-70	0-15	0-82
	Oct 12	0-44	0-33	4-18	0-28
<i>P. brasiliensis</i>	Ago 11	97-100	0-3	0-3	0-3
	May 12	88-100	0-0.5	0-5	0-12

Tabla 5. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / omnívoros y balanos.

Organismo	Muestreo	<i>F. dentivarians</i>	<i>H. erythrostroma</i>	<i>L. vannamei</i>	<i>M. cephalus</i> juvenil
<i>L. vannamei</i>	Ago 11	29-50	0-67	—	0-67
	Feb 12	17-80	3-60	—	0-44
	May 12	54-86	14-41	—	0-26
	Oct 12	39-95	0-38	—	0-53
<i>H. erythrostroma</i>	Ago 11	0—18	—	57—70	0—17
	Feb 12	0—100	—	49—100	0—14
	May 12	0—54	—	28—73	0—28
	Oct 12	0—54	—	8—100	0—18
<i>C. arcuatus</i> juvenil	Ago 11	0—28	0—96	0—100	36—58
	Feb 12	0—100	0—68	0—100	31—37
	May 12	93—94	6—7	0—1	0—100
	Oct 12	0	42—45	55—58	45—100
<i>C. arcuatus</i> adulta	Ago 11	34—100	0—9	0—66	10—46
	Feb 12	0—100	0—100	0—100	0—73
	May 12	0—100	0—100	0—100	0—73
	Oct 12	42—100	0—51	0—57	0—100
<i>G. cinereus</i> juvenil	Ago 11	0—13	0—58	42—100	—
	Feb 12	0—100	0—61	0—100	—
	May 12	25—100	0—66	0—74	—
	Oct 12	0—100	0—63	0—100	—
<i>G. cinereus</i> adulta	Ago 11	0—10	0—45	55—100	—
	Feb 12	0—100	0—100	0—100	—
	May 12	46—100	0—48	0—53	—
	Oct 12	0—37	0—1	63—100	—
<i>H. leuciscus</i> juvenil	Ago 11	0—32	0—42	81—100	0—92
	Feb 12	0—35	0—29	46—100	0—100
	May 12	0—85	0—48	—	0—100
	Oct 12	0—74	0—64	71—100	0—100
<i>H. leuciscus</i> adulto	Ago 11	0—4	0—4	74—100	34—68
	Feb 12	0—3	0—2	12—100	0—78
	May 12	0—44	0—26	0—100	0—100
	Oct 12	0—38	0—33	78—100	0—100
<i>L. argentivensis</i> juvenil	Ago 11	0—13	0—15	0—24	—
	Feb 12	0—72	0—32	28—100	—
	May 12	30—53	0—14	0—0	—
	Oct 12	0—21	0—22	0—24	—
<i>L. argentivensis</i> adulto	Ago 11	0—17	0—29	0—31	—
	Feb 12	0—23	0—29	0—22	—
	May 12	0—36	0—64	0—19	—
	Oct 12	10—39	0—33	11—45	—
<i>F. magnificens</i>	Ago 11	—	0—81	0—90	0—7
	Feb 12	—	0—13	0—20	0—15
	May 12	—	0—4	0—4	0—15
	Oct 12	—	0—10	0—15	0—93

Tabla 6. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / peces juveniles.

Organismo	Muestreo	<i>M. cephalus adulta</i>	<i>C. arcuatus juvenil</i>	<i>C. arcuatus adulto</i>	<i>G. cinereus juvenil</i>
<i>L. vannamei</i>	Ago 11	0-39	46-100	0-41	0-54
	Feb 12	0-23	0-93	0-24	5-100
	May 12	0-13	0-100	0-100	0-100
	Oct 12	0-24	0-83	0-35	0-100
<i>H. erythrostroma</i>	Ago 11	1-100	0-09	0-25	0-28
	Feb 12	39-100	0-14	0-48	0-46
	May 12	59-100	0-30	0-41	0-67
	Oct 12	0-100	0-24	0-100	0-63
<i>C. arcuatus juvenil</i>	Ago 11	0-37		51-89	0-32
	Feb 12	0-25		49-64	0-7
	May 12	0-51		80-100	0-67
	Oct 12	0-100		87-98	0-37
<i>C. arcuatus adulta</i>	Ago 11	0-32	97-100		0-53
	Feb 12	0-71	86-100		0-100
	May 12	0-100	97-100		0-100
	Oct 12	0-66	73-100		0-100
<i>H. leuciscus juvenil</i>	Ago 11	—	27-66	—	—
	Feb 12	—	20-100	—	—
	May 12	—	0-100	—	—
	Oct 12	—	0-94	—	—
<i>H. leuciscus adulto</i>	Ago 11	—	0-100	—	—
	Feb 12	—	65-100	—	—
	May 12	—	0-100	—	—
	Oct 12	—	0-100	—	—
<i>L. argentivensis juvenil</i>	Ago 11	—	85-100	76-100	—
	Feb 12	—	68-100	0-42	—
	May 12	—	82-100	47-60	—
	Oct 12	—	73-100	76-92	—
<i>L. argentivensis adulto</i>	Ago 11	—	71-100	69-100	—
	Feb 12	—	71-100	77-100	—
	May 12	—	0-100	64-100	—
	Oct 12	—	56-100	68-93	—
<i>F. magnificens</i>	Ago 11	0-20	0-100	0-100	0-35
	Feb 12	0-100	18-69	31-82	0-100
	May 12	0-5	68-100	0-31	0-62
	Oct 12	0-2	78-100	0-15	2-88

Tabla 7. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Carnívoros / peces adultos.

Organismo	Muestreo	<i>G. cinereus</i> adulto	<i>H. leuciscus</i> juvenil	<i>H. leuciscus</i> adulto	<i>L. argentivensis</i> juvenil	<i>L. argentivensis</i> adulto
<i>L. vannamei</i>	Ago 11	0-17	0-100	0-34	0-100	0-79
	Feb 12	0-14	0-7	0-4	90-100	0-10
	May 12	0-21	0-100	0-100	0-100	0-21
	Oct 12	0-18	0-83	0-35	0-100	0-18
<i>H. erythrostroma</i>	Ago 11	54-100	14-41	0-46	0-08	0-41
	Feb 12	35-100	0-38	0-18	0-50	0-65
	May 12	0-100	0-55	0-92	0-29	0-100
	Oct 12	20-100	0-67	0-80	0-76	0-18
<i>C. arcuatus</i> juvenil	Ago 11	0-88	0-15	0-36	16-64	0-66
	Feb 12	0-17	0-2	0-37	56-69	0-7
	May 12	0-100	0-45	0-92	0-100	0-64
	Oct 12	0-100	0-25	0-18	0-55	0-16
<i>C. arcuatus</i> adulto	Ago 11	0-76	0-25	0-62	11-90	0-90
	Feb 12	0-62	0-51	0-76	0-100	0-32
	May 12	0-5	0-51	0-4	0-100	0-3
	Oct 12	0-18	0-100	0-100	0-100	23-35
<i>F. magnificens</i>	Ago 11	0-35	0-24	0-30	65-100	0-100
	Feb 12	0-82	0-100	0-100	0-100	0-24
	May 12	0-60	0-81	4-100	19-74	0-8
	Oct 12	0-3	0-98	0-4	0-92	96-100
<i>P. brasiliensis</i>	Ago 11	0-8	0-53	0-16	23-100	82-100
	Feb-12	0-57	91-100	21-100	0-6	0-97
	May 12	0-100	47-100	0-100	0-7	0-33
	Oct 12	0-10	0	0-63	0-15	87-100

Tabla 8. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / moluscos bivalvos.

Organismo	Muestreo	<i>C. gnidia</i>	<i>C. fluctifraga</i>	<i>C. gigas</i>	<i>C. corteziensis</i>
<i>N. violacea</i>	Ago 11	0—17	0—4	0—62	0—64
	Feb 12	0—7	0—2	0—46	0—29
	May 12	34—100	0—30	0—7	0—9
	Oct 12	0—16	0—2	0—28	0—24
<i>T. semipalmata</i>	Ago 11	0—29	0—31	0—27	69—100
	Feb 12	0—47	0—60	40—100	0—31
	May 12	22—100	0—92	0—25	8—100
<i>H. palliatus</i>	Oct 12	22—100	84—100	0—16	0—5
	Ago 11	0—97	0—30	0—23	74—100
	feb-12	0—22	11—32	68—89	0—10
	May 12	80—100	0—9	0—47	0—100
<i>E. tricolor</i>	Oct 12	0—33	0—4	0—100	0—40
	Ago 11	0—14	0—63	0—55	37—100
	feb-12	0—32	0—27	0—30	0—18
	May 12	82—100	0—8	0—43	0—100
<i>E. thula</i>	oct-12	3—64	0—12	0—77	0—28
	Ago 11	82—100	0—13	0—13	0—18
	Feb 12	0—52	46—66	0—44	0—8
	May 12	96—100	0—3	0—2	0—4
<i>E. rufescens</i>	Oct 12	78—100	0—22	0—13	0—8
	Ago 11	88—100	0—12	0—11	0—12
	Feb 12	0—100	0—5	0—96	0—4
	May 12	82—100	0—46	0—12	0—18
<i>P. ajaja</i>	oct-12	84—100	0—16	0—9	0—9
	Ago 11	71—100	0—27	0—27	0—29
	Feb 12	0—100	0—2	0—100	0—1
	May 12	50—100	0—22	0—23	0—50
<i>A. herodias</i>	Oct 12	61—100	0—39	0—21	0—22
	Ago 11	86—100	0—10	0—10	0—14
	Feb 12	0—100	0—14	0—100	0—9
	May 12	50—100	0—22	0—23	0—50
<i>R. longirostris</i>	Oct 12	98—100	0—2	0—1	0—1
	Ago 11	61—100	0—37	0—36	0—39
	Feb 12	0—100	0—5	0—98	0—4
	May 12	89—100	0—5	0—5	0—11
	Oct 12	63—100	0—37	0—20	0—21

Tabla 9. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / omnívoros y peces juveniles.

Organismo	Muestreo	<i>H. erythrostroma</i>	<i>L. vannamei</i>	<i>M. cephalus</i> juvenil	<i>M. cephalus</i> adulto
<i>P. brasilianus</i>	Ago 11	0—13	0—61	0—10	0—55
	Feb-12	0—27	0—56	0—45	0—36
<i>N. violacea</i>	Ago 11	0—19	81—100	21—32	0—6
	Feb 12	0—10	90—100	40—84	0—46
	May 12	0—55	0—66	19—71	0—14
	Oct 12	0—3	84—100	0—30	0—53
<i>T. semipalmata</i>	Ago 11	0—32	68—100	50—89	13—72
	Feb 12	0—65	35—100	54—100	0—100
	May 12	0—65	0—78	85—100	33—51
<i>H. palliatus</i>	Oct 12	0—65	0—78	0—28	0—10
	Ago 11	0—100	0—100	60—98	0—64
	feb-12	0—31	69—100	72—100	0—85
	May 12	0—16	0—20	58—100	0—71
<i>E. tricolor</i>	Oct 12	0—7	67—100	0—55	0—94
	Ago 11	8—32	68—92	38—100	46—81
	feb-12	9—100	0—91	41—100	0—61
	May 12	0—15	0—18	56—100	56—100
<i>E. thula</i>	oct-12	0—18	32—100	100—100	84—84
	Ago 11	0—28	33—65	80—100	60—75
	Feb 12	0—40	29—64	89—100	0—87
	May 12	0—13	36—62	68—100	79—89
<i>E. rufescens</i>	Oct 12	0—74	0—68	50—100	56—100
	Ago 11	1—36	0—31	62—64	7—36
	Feb 12	2—23	0—17	47—75	0—57
	May 12	24—35	0—17	83—100	37—66
<i>P. ajaja</i>	oct-12	0—35	0—45	0—53	0—50
	Ago 11	0—17	0—67	0—6	0—13
	Feb 12	0—6	0—10	0—9	0—89
	May 12	0—16	8—72	0—24	0—1
<i>A. herodias</i>	Oct 12	0—3	79—86	0—100	0—27
	Ago 11	0—92	0—97	59—100	58—64
	Feb 12	0—1	0—11	8—51	0—62
	May 12	0—0	20—22	25—68	0—3
<i>R. longirostris</i>	Oct 12	0—5	0—7	0—2	0—9
	Ago 11	0—22	0—51	0—10	0—11
	Feb 12	0—30	0—34	19—100	0—23
	May 12	0—19	5—80	0—1	0—1
	Oct 12	0—4	11—19	25—54	0—8

Tabla 10. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / peces juveniles.

Organismo	Muestreo	<i>C. arcuatus</i> juvenil	<i>C. arcuatus</i> adulto	<i>G. cinereus</i> juvenil	<i>G. cinereus</i> adulto
<i>N. violacea</i>	Ago 11	0—100	0—100	0—17	0—12
	Feb 12	12—100	0—89	0—60	0—40
	May 12	35—100	0—65	0—81	0—100
	Oct 12	0—92	0—24	0—100	3—91
<i>T. semipalmata</i>	Ago 11	0—46	0—31	0—43	0—77
	Feb 12	0—46	0—56	0—34	0—95
	May 12	0—15	0—67	0—2	0—61
	Oct 12	50—100	42—59	0—42	0—26
<i>H. palliatus</i>	Ago 11	0—26	0—33	0—35	0—89
	feb-12	0—28	0—37	0—20	0—75
	May 12	0—2	0—100	0—37	0—100
	Oct 12	45—100	0—70	0—23	0—100
<i>E. tricolor</i>	Ago 11	—	—	0—42	0—54
	feb-12	—	—	0—31	0—75
	May 12	—	—	0—29	0—29
	oct-12	—	—	0—0	0—0
<i>E. thula</i>	Ago 11	0—67	0—55	0—13	9—49
	Feb 12	20—65	0—25	0—6	0—100
	May 12	0—55	0—64	0—30	0—21
	Oct 12	0—83	0—100	0—2	0—44
<i>E. rufescens</i>	Ago 11	20—99	0—66	0—5	0—46
	Feb 12	0—17	66—98	0—28	0—54
	May 12	0—76	0—66	0—17	0—63
	oct-12	0—68	23—100	0—4	0—84
<i>P. ajaja</i>	Ago 11	0—100	1—100	0—30	0—32
	Feb 12	33—58	42—68	0—100	0—43
	May 12	0—92	0—67	0—54	0—4
	Oct 12	0—4	12—21	0—27	0—30
<i>A. herodias</i>	Ago 11	0—73	0—99	0—27	30—42
	Feb 12	74—100	0—26	0—69	0—48
	May 12	74—80	0—5	0—45	0—15
	Oct 12	87—100	0—13	50—100	11—26
<i>R. longirostris</i>	Ago 11	0—100	1—100	0—49	0—26
	Feb 12	48—100	0—35	0—81	0—23
	May 12	0—95	0—68	0—3	0—26
	Oct 12	79—89	0—5	0—1	0—14

Tabla 11. Aportaciones dietarias de los organismos en la laguna El Tóbari, Sonora. Los valores en negrita son las dietas predominantes de los organismos. Aves / peces adultos.

Organismo	Muestreo	<i>H. leuciscus</i> juvenil	<i>H. leuciscus</i> adulto	<i>L.</i> <i>argentivensis</i> juvenil	<i>L.</i> <i>argentivensis</i> adulto
<i>N. violacea</i>	Ago 11	0—8	0—3	54—79	70—78
	Feb 12	0—54	43—97	0—55	0—57
	May 12	0—67	0—100	0—35	0—20
	Oct 12	0—30	0—44	0—100	0—44
<i>T. semipalmata</i>	Ago 11	0—35	0—87	0—37	0—44
	Feb 12	0—32	0—100	0—31	0—100
	May 12	0—2	0—44	0—3	0—6
	Oct 12	0—28	0—14	0—49	32—47
<i>H. palliatus</i>	Ago 11	0—40	0—100	0—28	0—51
	feb-12	0—19	0—89	0—18	0—100
	May 12	0—31	0—81	0—20	0—66
	Oct 12	0—52	0—74	0—52	0—57
<i>E. tricolor</i>	Ago 11	0—29	0—22	0—62	0—27
	feb-12	0—16	0—21	0—59	25—100
	May 12	0—19	0—19	0—44	0—44
	oct-12	0—0	16—16	0—0	0—0
<i>E. thula</i>	Ago 11	0—9	0—3	0—20	0—16
	Feb 12	0—3	0—20	0—11	0—73
	May 12	0—20	0—17	0—21	0—9
	Oct 12	0—50	0—4	0—50	0—3
<i>E. rufescens</i>	Ago 11	32—38	34—93	0—3	0—30
	Feb 12	0—10	34—52	0—53	0—24
	May 12	0—14	0—50	0—9	0—24
	oct-12	0—53	0—62	43—100	2—61
<i>P. ajaja</i>	Ago 11	0—21	68—100	70—100	0—28
	Feb 12	0—53	11—100	0—100	0—13
	May 12	0—33	0—12	46—100	88—100
	Oct 12	0—29	0—100	0—100	0—100
<i>A. herodias</i>	Ago 11	0—19	0—1	0—41	0—6
	Feb 12	0—30	37—84	0—89	0—13
	May 12	0—27	50—95	7—75	5—37
	Oct 12	0—2	0—8	0—50	72—80
<i>R. longirostris</i>	Ago 11	0—34	0—23	51—100	74—100
	Feb 12	0—56	42—55	0—74	28—50
	May 12	0—4	0—20	96—100	80—100
	Oct 12	0—29	0—18	45—75	82—100

Tanto el caracol como y el camarón son omnívoros mostraron que sus fuentes alimenticias no variaron a lo largo de los cuatro muestreos del año. Ambos son organismos bentónicos, el caracol se alimenta de varias presas incluidas varias especies de moluscos bivalvos y poliquetos, pero también consume materia orgánica que selecciona del sedimento (Fischer *et al.*, 1995a). Aunque en estos datos esto no se vio reflejado; mientras que el camarón es un organismo zooplanctívoro hasta la etapa juvenil y es omnívoro hasta la etapa adulta (Gamboa-Delgado *et al.*, 2003; Martínez-Cordova *et al.*, 2003), lo que concuerda con los datos de este estudio. La jaiba *C. arcuatus* demostró tener un amplia gama de fuentes de alimentos: *F. dentivarian*, *H. erythrostroma*, *L. vannamei*, *M. cephalus* y *L. argentivensis*; además de que mostraron canibalismo con un alto porcentaje que va de 49 a 100% (Tabla 5, 6 y 7). Esta especie está reportada como carnívora desde las etapas juveniles (depredación sobre gasterópodos y crustáceos pequeños), mientras que en la etapa adulta depreda crustáceos, bivalvos y peces pequeños. Además, muestra gran flexibilidad estacional en su dieta en relación directa con la disponibilidad de presas, lo que hace que se adapte a diferentes condiciones ambientales (Paul, 1981). El canibalismo o depredación intraespecífica es una variable densodependiente que ha sido postulado como un mecanismo para la regulación poblacional (Fox, 1975; Wagner y Wise, 1996). En poblaciones donde los recursos son limitados, el canibalismo puede presentarse con valores altos (Van den Bosh *et al.*, 1988).

Entre los peces, *M. cephalus* en su etapa juvenil tuvo como alimentos principales al fitoplancton y al zooplancton, mientras que en su etapa adulta su fuente principal fue la materia orgánica del sedimento (Tabla 3). La lisa es un pez detritívoro en su etapa adulta que se alimenta de la materia orgánica de los sedimentos y su dieta fue consistente con este reservorio durante los cuatro muestreos. Los datos de este estudio indican que este pez es selectivo en la materia orgánica que consume y que sus fuentes alimenticias no varían significativamente en las diferentes épocas del año. Mientras que los peces carnívoros, *G. cinereus*, *H. leuciscus* y *L. argentivensis*, la aportación considerable es de crustáceos juveniles y adultos tanto de camarón *L. vannamei* como de jaiba *C. arcuatus*. Los peces carnívoros son depredadores oportunistas que muestran una gran plasticidad en sus presas en función de la abundancia, la predominancia de especies y la competencia con otros depredadores (Fisher *et al.*, 1995a; 1995b). La similitud estacional de las dietas indica que la abundancia de especies se mantiene en el tiempo y/o que las especies que predominan no varían mayormente en las

diferentes épocas del año, lo cual ha sido reportado en ecosistemas tropicales y subtropicales (Amezcu-Linares, 1996; Serrano-Grijalva *et al.*, 2011).

Entre las aves, la tijereta *F. magnificens* mostró como dietas principales a la jaiba juvenil y adulta *C. arcuatus*, y a juveniles de los peces carnívoros, aunque mostró selectividad en algunas de sus presas (Tabla 6 y 7). El resto de las especies de aves mostraron una gran variedad de fuentes alimenticias, que incluyen a los moluscos bivalvos, los crustáceos y los juveniles y adultos de los peces (Tabla 8, 9 10 y 11). Sin embargo, es notorio que hubo diferencias en la composición de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 3 y Anexo 1): las especies *F. magnificens*, *P. brasiliensis* y *Platalea ajaja* mostraron una composición empobrecida (intervalo de -19.2 a -17.1‰), mientras que las especies *T. semipalmata*, *E. tricolor*, *E. thula*, *E. rufescens*, *A. herodias*, *R. longirostris*, *H. palliatus* y *N. violácea* tuvieron una composición relativamente enriquecida (intervalo de -15.9 a -13.2‰), aunque más marcadamente para las especies *T. semipalmata* y *H. palliatus*. Estas diferencias, aunado a los porcentajes de las contribuciones dietarias indica que hay fuentes continentales que no fueron exploradas, que explicarían tales diferencias. Se ha reportado que hay aves que prefieren presas marinas, mientras que otras muestran mayor plasticidad para consumir otras fuentes cuando la competencia es alta (Hobson *et al.*, 1994).

VIII. CONCLUSIONES

- La trama trófica de la Laguna El Tóbari tiene como base el fitoplancton, a partir de este grupo empieza la transferencia de energía hacia niveles tróficos superiores.
- Los sedientos y la MOP son las fuentes principales de carbono para las macroalgas, que varía según la especie.
- El mangle presenta una composición isotópica normal para plantas que presentan metabolismo C3. Esto indica una condición normal y su relación con la trama trófica es posiblemente a través de la actividad microbiana.
- La trama trófica de El Tóbari está compuesta de 4 niveles, considerando al fitoplancton como el nivel trófico inferior. Los niveles tróficos de los organismos fueron acordes a sus hábitos alimenticios a excepción de la lisa.
- La composición isotópica de los organismos omnívoros y peces mostraron tener contribuciones dietarias estacionales similares.
- Las aves tienen una gran variación de fuentes de alimento y tuvieron variaciones entre especies aunque estacionalmente no fueron marcadas.

IX. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio ecológico sobre los índices de biodiversidad en un periodo de tiempo más largo que permitan comparar la dinámica de la trama trófica de El Tóbari.
- Realizar un estudio detallado del bentos, ya que en esta comunidad se encuentran una gran variedad de organismos que pueden esclarecer cómo ocurre la transferencia de energía hacia niveles superiores de la trama trófica de El Tóbari.
- Complementar el estudio de las aves, al incluir todas las posibles fuentes continentales para establecer el rol que juegan en su alimentación y si hay variaciones estacionales.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Achá, D., Fonrtúrbel, F. 2003. La diversidad de una Comunidad, ¿Está controlada por Top-Down, Bottom-Up o una combinación de estos?. Portal de Biología y ciencias de la salud. Volumen no. 13.
- Aguilar V., M. Kolb, D. Hernández, T. Urquiza, P. Koleff. 2008 Prioridades de conservación de la biodiversidad marina de México. CONABIO. Biodiversitas 79:1-15
- Alonso-Rodríguez R., F. Páez-Osuna y R. Cortés-Altamirano. 2000. Trophic conditions and stoichiometric nutrient balance in subtropical waters influenced by municipal sewage effluents in Mazatlán Bay (SE Gulf of California). *Marine Pollution Bulletin*. 40(4):331-339.
- Andrade, J.L., E. De la Barrera, C. Reyes-García, M. Ricalde, G. Vargas-Soto, J. C. Cervera. 2007. El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 81: 37-50.
- Amezcuca-Linares, F. 1996. Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico central de México. Instituto de Ciencias del Mar Y Limnología. UNAM. México DF.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 1993. Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 522 p.
- Bauwe, H., M. Hagemann, A. R. Fernie. 2010. Photorespiration: players, partners and origin. *Trends in Plant Science* 15: pp. 330-336
- Bickert, T. 2006. Influence of geochemical processes on stable isotope distribution in marine sediments. En *Marine Geochemistry*, Shultz H.D. y Zabel M. (Eds.). Springer, New York. pp 339-370.
- Burdige, D.J. 2006. Isotope geochemistry. *Geochemistry of Marine Sediments*. Princeton University Press. New Jersey. pp 27-45.
- Bouillon S., Ch. P Mohan., N. Sreenivas. y F. Dehairs. 2000. Sources of suspended matter and selective feeding by zooplankton in an estuarine mangrove ecosystem, as traced by stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series*. 208: 79-92.
- Cabana, G. y J. B. Rasmussen. 1996. Modelling food chain structure and contaminant bioaccumulation using stable nitrogen isotopes. *Nature*. 372:255-257.
- Carabel, S., E. Godínez-Domínguez, P. Verísimo, L. Fernández, J. Freire. 2006. An assessment of simple processing methods for stable isotope analyses of marine food webs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. pp 254-261

- Carlier A., P. Riera, J. M. Amourou, J. Y. Bodiou, A. Grémare. 2007 Benthic trophic network in the Bay of Banyuls-sur-Mer (northwest Mediterranean, France): An assessment based on stable carbon and nitrogen isotopes analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 72:1-15.
- Carlson, A. K. 1996. Lead Isotope Analysis of Human Bone for Addressing Cultural Affinity: a Case Study from Rocky Mountain House, Alberta. *Journal of Archaeological Science* 23: 557-567.
- CIPAMEX. 2009. Sociedad para el estudio y conservación de las aves en México A.C. <http://www.cipamex.org.mx/inoroeste.htm>.
- Costanza, R. B. Norton, B. Haskell. 1992. *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Island Press. 269 pp
- Cruz, C., C. Delgado, M. Muñoz. 2000. Observaciones oceanográficas en la laguna El Tóbari, Sonora. Resultados XII Congreso Nacional de Oceanografía. <http://search.conduit.com/Results.aspx?q=estero+el+tobari&meta=all&hl=es&gl=mx&SelfSearch=1&SearchSourceOrigin=13&ctid=CT1351364>.
- Del Rio-Salas R, J. Ruiz, N. De la O-Villanueva, M. Valencia-Moreno, V. Moreno-Rodríguez, A. Gómez-Álvarez, T. Grijalva, H. Mendivil, F. Paz-Moreno, D. Meza-Figueroa. 2012. Tracing geogenic and anthropogenic sources in urban dusts: Insights from lead isotopes. *Atmospheric Environment* 60:202-210
- DeNiro, M. J., S. Epstein. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 42: 495-506.
- Ehleringer, J.R., D. A. Cooper, M. J. Lott, C. S. Cook. 1999. Geo-location of heroin and cocaine by stable isotope ratios. *Forensic Science International*., vol. 106, pp. 27-35.
- Flores-Verdugo, F. González-Farías, D.S. Zamorano, P. Ramírez-García. 1992. Mangrove ecosystems of the Pacific coast of Mexico: Distribution, structure, litterfall and detritus dynamics. U. Seeliger (Ed.), *Coastal plant communities of Latin America*, Academic Press, San Diego, pp. 269-288
- Flores-Verdugo, F. 2001. Procesos ecológicos en humedales. En: Abarca, F.J., Herzig M. (Eds.), *Manual para el Manejo y Conservación de los Humedales en México*, (pp. 26-63) NAWCC, RAMSAR, Pronatura, US Fish and Wild life Service, SEMARNAT, SWS, Arizona Game and Fish Department, Wild life Habitat Conservation-Canadian Wild life Service, Environment Canada and DUMAC-México.
- Fischer W., W. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, V. H. Niem. 1995a. Plantas e invertebrados. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Volumen I. FAO, Roma, 1-646 p

- Fischer W., W. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, V. H. Niem. 1995b. Vertebrados. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. (2) 647-1200 p
- Fischer W., W. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, V. H. Niem. 1995c. Vertebrados. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO, Roma. (3) 1201-1813.
- Fox, L. 1975. Cannibalism in natural populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 6: 97- 106.
- Fry, B. 1988. Food web structure on Georges Bank from C, N and S isotopic compositions. *Limnology Oceanography*. 33:1182-1190.
- Gamboa-Delgado J. 2013 Nutritional role of natural productivity and formulated feedin semi-intensive shrimp farming as indicated by natural stable isotopes. *Aquaculture*. 5:1-12.
- García, S.M., A. Zerbi, C. Aliaume, T. Do Chi, G. Lasserre. 2003. The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fisheries Technical Paper. No. 443. Rome, FAO.. 71 p.
- García-Hernández, J. 2004. Diagnóstico del estado de salud de los ecosistemas del sur de Sonora. Diagnostico sur de Sonora-CIAD-WWF. Reporte técnico.
- Grossman, E. L. 1987. Stable isotopes in modern benthic foraminifera: a study of vital effect. *Journal of Foraminiferal Research*, v.17, no. 1, p. 48-61.
- Guerrero, R., M. Berlanga. 2009. Isótopos estables fundamentos y aplicaciones. *Actualidad SEM*. 30:17-23.
- Hendrickx, M.E., R. C. Brusca, G. Ramírez-Reséndiz. 2002. Biodiversity of macrocrustaceans in the Gulf of California. En *Contributions to the study of East Pacific crustaceans*. M.E. Hendrickx (Ed.), UNAM, México. pp. 349-369.
- Hobson K. A., H. E. Welch. 1992. Determination of trophic relationships within a high Arctic marine food web using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 84: 9-18.
- Hoefs, J. 2009. *Stable isotope Geochemistry*. University of Göttingen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-70703-5. e-ISBN: 978-3-540-70708-0.
- Hopkins, W.G. Hüner, N., Wiley J. 2009. *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley & Sons Incorporation. 104-122

- Hsieh H.L., C.P. Chen, Y.G. Chen, H.H. Yang. 2002. Diversity of benthic organic matter flows through polychaetes and crabs in a mangrove estuary: $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{34}\text{S}$ signals. *Marine Ecology Progress Series*. 227:145-155.
- Kang, C.K., E. J. Choy, Y. Son, J. Lee, J. K. Kim, Y. Kim, K. Lee. 2008. Food web structure of a restored macroalgal bed in the eastern Korean peninsula determined by C and N stable isotope analyses. *Marine Biology*. 153:1181–1198
- Kwak, T. y J. Zedler. 1997. Food Web Analysis of Southern California Coastal Wetlands Using Multiple Stable Isotopes. *Oecologia*. Vol. 110, No. 2, pp. 262-277
- Lambers, H., F. Chapin, T. L. Pons. 2009. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Lara-Lara, J.R. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en *Capital natural de México*, vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 109-134.
- Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico, their origin and classification. *Estuarine Processes*; M. Wiley Ed.; Academic Press: New York, 174-182.
- Littler, M., D. Littler, B. Brooks. 2005. Harmful algae on tropical coral reefs: Bottom-up eutrophication and top-down herbivory. *Harmful Algae*, 5. 565-585 pp.
- López-Ordaz, A., M. Ortaz., J. G. Rodriguez-Quintal. 2009. Trama trófica de una comunidad de peces en una pradera marina en el Caribe Venezolano. *Biología Tropical*. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 57 (4): 963-975.
- Loneragan N.R., S. E. Bunn, 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. *Marine Biology*. 130:289-300.
- Lorrain, A., Y. M. Paulet, L. Chauvaud, N. Savoye, A. Donval, C. Saout. 2002. Differential $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ signatures among scallop tissues: implications for ecology and physiology. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. No. 225, pp. 47-61.
- Martineau C., W.F. Vincent, J.J. Frenette, J.J. Dodson. 2004. Primary consumers and particulate organic matter: isotopic evidence of strong selectivity in the estuarine transition zone. *Limnology and Oceanology*. 49:1679-1686.
- Masters, G., P. Ela. 2008. *Global Atmospheric Change*. Chapter in: *Introduction to Environmental Engineering and Science*. 3rd ed. Prentice Hall.
- Martinez-Cordova L.R., A. Campaña Torres, M. A. Porchas-Cornejo. 2003. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition*. 9:155-160.

- Martínez-Córdova, L.R., M. Martínez-Porchas, E. Cortes Jacinto. 2009. Camaronicultura Mexicana y mundial. ¿Actividad sustentable o industria contaminante? Revista internacional de Contaminación ambiental. 181-196, 2009.
- Minigawa M., E. Wada. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between ^{15}N and animal age. *Geochimical Cosmochimical Acta*. 48:1135-1140.
- Ochoa-Izaguirre, M.J., R. Aguilar-Rosas and L.E. Aguilar-Rosas. 2007. Catálogo de Macroalgas de las lagunas costeras de Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México. México City, México. pp. 117.
- Odum, P. E. 1971. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. Tercera edición. 639pp.
- Palma Gonzalez S., K. Kaiser Contreras. 1993. *Plancton marino de aguas chilenas*. Ediciones Universitarias, Valparaiso. 151.
- Páez-Osuna, F., A. Gracia, A. Flores-Verdugo F., L.P. Lyle-Fritch, R. Alonso-Rodríguez, A. Roque, A. C. Ruiz-Fernández. 2003. Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Marine Pollution Bulletin*. 46:806-815.
- Paul R. 1981. Natural diet, feeding and predatory activity of the crabs *Callinectes arcuatus* and *C. toxotes* (Decapoda, Brachyura, Portunidae). *Marine Ecology Progress Series*. 6: 91-99.
- Peterson, B.J., B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annals of Reviews of Ecology and Systematics*. 18:293-320.
- Phillips, L. Donald. 2012. Converting isotope values to diet composition: the use of mixing models. *Journal of Mammalogy*, 93(2):342–352
- Phillips, D.L., J.W. Gregg. 2003. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia* 136: 261-269
- Phillips, L. Donald, D. Seth, J. Newsome, W. Gregg. 2005. Combining sources in stable isotope mixing models: alternative methods. *Oecologia* (2005) 144: 520–527
- Post, D. M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83(3). pp 703-718.
- Rapport, D. J., R. Costanza, A. J. McMichael. 1998. Assessing ecosystem health. *TREE* vol. 13. 339 – 403
- Reyes-García, C., J. L. Andrade. 2007. Los isótopos estables del hidrógeno y el oxígeno en los estudios ecofisiológicos de plantas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, núm. 80, junio, 2007, pp. 19-28, Sociedad Botánica de México, México.

T-160200

- Schaal G., P. Riera., C. Leroux. 2008. Trophic coupling between two adjacent benthic food webs within a man-made intertidal area: A stable isotopes evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77: 523-534.
- Serrano-Grijalva L., S. Sanchez-Carrillo, D. G. Angeler, M. Alvarez-Cobelas. 2011. Effects of shrimp farm effluents on the food web structure in subtropical coastal lagoons. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 402:65-74.
- Sibley DA. 2000. *The Sibley guide to birds*. National Audubon Society. Alfred A. Knopf Incorporation. United States, 544 pp
- Smith, T., R. Smith. 2007. *Ecología*. Editorial Pearson Addison Wesley. Sexta edición. 682pp.
- Soto-Jiménez, M. 2011. Transferencia de elementos traza en tramas acuáticas. *Hidrobiológica*, 21 (3): 239-248.
- Sparks, J.P., J.R. Ehleringer. 1997. Leaf carbon isotope discrimination and nitrogen content for riparian trees along elevational transects. *Oecologia*. 109:362 – 367
- Steing, E.J. 2003. *Ice cores. Paleoclimatology*. Elsevier Science. 1673
- Van den Bosh, F., A. M. De Ross y W. Gabriel. 1988. Cannibalism as a life boat mechanism. *Journal of Mathematical Biology*. 26: 619-633
- Valiela, I. 1995. *Marine Ecological Processes*. Second edition. Springer Verlag. 686 p.
- Wagner, J.D., D.H. Wise. 1996. Cannibalism regulates densities of young wolf spiders: evidence from field and laboratory experiments. *Ecology*. 77(2): 639-652.
- Weis, J. 2008. Bottom-up control. Retrieved from <http://www.eoearth.org/view/article/150743>
- White, P. 2004. *Crime Scene to Court: The Essentials of Forensic Science; Second Edition*, Royal Society of Chemistry.
- Wright, D. 1990. Human impacts on energy flow through natural ecosystems, and implications for species endangerment. *Ambio*. Vol. 19, No. 4, pp. 189-194.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Promedio de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (\pm Desviación Estándar) para los organismos de la laguna El Tóbari durante los muestreos. Los grupos tróficos (GP) son P: productor; F: filtrador; C: carnívoro; O: omnívoro; Pc: planctívoro; Pn: Plantívoro; D: detritívoro; IB: invertebrados bénticos; Pi: picívoro.

Familia	Especie	Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$	DE	$\delta^{15}\text{N}$	DE	GP
División Spermatophyta							
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Ago 11	-26.8 \pm 0.2		11.4 \pm 2.1		P
	<i>Rhizophora mangle</i>	Feb 12	-26.3 \pm 0.0		11.2 \pm 0.6		P
	<i>Rhizophora mangle</i>	May 12	-27.6 \pm 0.5		8.8 \pm 1.3		P
	<i>Rhizophora mangle</i>	Oct 12	-25.7 \pm 2.1		8.4 \pm 1.2		P
Acanthaceae	<i>Avicenia germinans</i>	Ago 11	-26.7 \pm 1.0		12.1 \pm 0.3		P
	<i>Avicenia germinans</i>	Feb 12	-26.5 \pm 0.2		10.7 \pm 0.1		P
	<i>Avicenia germinans</i>	May 12	-27.1 \pm 0.2		9.2 \pm 0.5		P
	<i>Avicenia germinans</i>	Oct 12	-27.2 \pm 1.3		11.5 \pm 1.7		P
Reino Protista							
División Rhodophyta							
Spyridiaceae	<i>Spyridia filamentosa</i>	Ago 11	-22.0 \pm 0.4		10.6 \pm 0.3		P
	<i>Spyridia filamentosa</i>	May 12	-18.6 \pm 0.5		11.5 \pm 0.3		P
	<i>Spyridia filamentosa</i>	Oct 12	-16.9 \pm 0.7		11.7 \pm 0.4		P
División Chlorophyta							
Ulvaceae	<i>Ulva lactuca</i>	Ago 11	-13.3 \pm 0.6		13.7 \pm 0.4		P
	<i>Ulva lactuca</i>	Feb 12	-7.2 \pm 1.7		10.4 \pm 1.3		P
	<i>Ulva lactuca</i>	May 12	-18.4 \pm 1.2		10.8 \pm 0.5		P
	<i>Ulva lactuca</i>	Oct 12	-16.0 \pm 0.6		14.7 \pm 0.5		P
	<i>Ulva intestinalis</i>	Ago 11	-17.1 \pm 0.8		11.1 \pm 0.8		P
	<i>Ulva intestinalis</i>	Feb 12	-10.0 \pm 1.6		11.7 \pm 0.4		P
	<i>Ulva intestinalis</i>	May 12	-19.5 \pm 0.2		10.6 \pm 0.4		P

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$	DE	$\delta^{15}\text{N}$	DE	GP
División Phaeophyta							
Gracilariaceae							
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	Feb 12	-18.6 ± 2.0		12.9 ± 1.1		P
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	May 12	-17.6 ± 1.3		11.1 ± 0.7		P
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	Oct 12	-18.6 ± 1.2		13.1 ± 1.6		P
División Bacillariophyta							
Fitoplancton							
	Diatomeas >90%	Ago 11	-18.0 ± 0.7		9.2 ± 0.5		P
	Diatomeas >90%	Feb 12	-17.0 ± 1.5		8.8 ± 0.4		P
	Diatomeas >90%	May 12	-19.4 ± 1.1		8.3 ± 0.1		P
	Diatomeas >90%	Oct 12	-19.3 ± 2.0		8.3 ± 0.5		P
Phyllum Mollusca							
Clase Gastropoda							
Muricidae							
	<i>Hexaplex erythrostoma</i>	Ago 11	-13.8 ± 0.2		13.2 ± 0.2		O
	<i>Hexaplex erythrostoma</i>	Feb 12	-13.8 ± 0.3		13.1 ± 0.4		O
	<i>Hexaplex erythrostoma</i>	May 12	-13.2 ± 0.2		12.9 ± 0.1		O
	<i>Hexaplex erythrostoma</i>	Oct 12	-13.6 ± 0.5		12.6 ± 0.2		O
Clase Bivalvia							
Veneridae							
	<i>Chione gnidia</i>	Ago 11	-17.3 ± 0.1		13.1 ± 0.2		F
	<i>Chione gnidia</i>	Feb 12	-17.7 ± 1.5		13.0 ± 0.2		F
	<i>Chione gnidia</i>	May 12	-16.7 ± 0.0		13.4 ± 0.0		F
	<i>Chione gnidia</i>	Oct 12	-17.1 ± 1.2		13.2 ± 0.9		F
	<i>Chione fluctifraga</i>	Ago 11	-19.0 ± 0.4		12.0 ± 0.3		F
	<i>Chione fluctifraga</i>	Feb 12	-16.0 ± 0.2		11.8 ± 0.3		F
	<i>Chione fluctifraga</i>	May 12	-18.5 ± 0.4		12.3 ± 0.5		F
	<i>Chione fluctifraga</i>	Oct 12	-18.1 ± 0.6		12.2 ± 0.5		F

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$	DE	$\delta^{15}\text{N}$	DE	GP
Ostreidae	<i>Crassostrea gigas</i>	Ago 11	-19.0 ± 0.7		12.0 ± 0.4		F
	<i>Crassostrea gigas</i>	Feb 12	-18.0 ± 0.4		13.0 ± 0.2		F
	<i>Crassostrea gigas</i>	May 12	-19.2 ± 2.2		12.3 ± 0.2		F
	<i>Crassostrea gigas</i>	Oct 12	-18.7 ± 0.6		11.3 ± 0.1		F
Ostreidae	<i>Crassostrea corteziensis</i>	Ago 11	-18.6 ± 1.3		12.1 ± 0.2		F
	<i>Crassostrea corteziensis</i>	Feb 12	-19.2 ± 0.2		11.2 ± 0.2		F
	<i>Crassostrea corteziensis</i>	May 12	-18.3 ± 0.3		13.1 ± 0.3		F
	<i>Crassostrea corteziensis</i>	Oct 12	-19.8 ± 0.3		11.4 ± 0.5		F
Phyllum Arthropoda							
Clase Maxillopoda							
Zooplancton	Copepoda >90%	Ago 11	-19.2 ± 0.1		11.4 ± 0.4		Pc
Zooplancton	Copepoda >90%	Feb 12	-17.5 ± 0.2		11.4 ± 0.4		Pc
Zooplancton	Copepoda >90%	May 12	-21.2 ± 0.2		11.2 ± 0.4		Pc
Zooplancton	Copepoda >90%	Oct 12	-23.1 ± 1.6		10.5 ± 1.0		Pc
Balanidae	<i>Fistulobalanus dentivarians</i>	Ago 11	-20.0 ± 0.2		12.1 ± 0.7		F
	<i>Fistulobalanus dentivarians</i>	Feb 12	-16.2 ± 0.6		13.6 ± 0.2		F
	<i>Fistulobalanus dentivarians</i>	May 12	-16.9 ± 0.2		14.2 ± 0.4		F
	<i>Fistulobalanus dentivarians</i>	Oct 12	-16.6 ± 0.4		13.2 ± 0.2		F
Clase Malacostraca							
Penaeidae	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Ago 11	-16.0 ± 1.4		13.5 ± 0.2		O
	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Feb 12	-15.3 ± 0.4		13.5 ± 0.4		O
	<i>Litopenaeus vannamei</i>	May 12	-16.4 ± 0.2		13.1 ± 0.3		O
	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Oct 12	-15.9 ± 0.1		13.4 ± 0.2		O
Portunidae	<i>Callinectes arcuatus</i> juvenil	Ago 11	-16.0 ± 0.7		15.1 ± 0.2		C
	<i>Callinectes arcuatus</i> juvenil	Feb 12	-16.9 ± 0.5		15.0 ± 0.2		C
	<i>Callinectes arcuatus</i> juvenil	May 12	-15.2 ± 0.3		15.6 ± 0.4		C
	<i>Callinectes arcuatus</i> juvenil	Oct 12	-13.6 ± 0.4		14.8 ± 0.6		C

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$	DE	$\delta^{15}\text{N}$	DE	GP
	<i>Callinectes arcuatus</i>	Ago 11	-15.6 ± 0.5		16.0 ± 0.1		C
	<i>Callinectes arcuatus</i>	Feb 12	-15.5 ± 0.5		16.1 ± 0.5		C
	<i>Callinectes arcuatus</i>	May 12	-15.5 ± 0.3		16.1 ± 0.3		C
	<i>Callinectes arcuatus</i>	Oct 12	-14.8 ± 0.3		16.4 ± 0.6		C
Phylum Chordata							
Clase Actinopterygii							
Mugilidae							
	<i>Mugil cephalus</i> juvenil	Ago 11	-13.3 ± 0.3		14.9 ± 0.4		D, Pn
	<i>Mugil cephalus</i> juvenil	Feb 12	-15.0 ± 0.4		15.0 ± 0.2		D, Pn
	<i>Mugil cephalus</i> juvenil	May 12	-13.6 ± 0.2		14.5 ± 0.3		D, Pn
	<i>Mugil cephalus</i> juvenil	Oct 12	-14.9 ± 0.6		14.6 ± 0.4		D, Pn
	<i>Mugil cephalus</i>	Ago 11	-12.6 ± 0.2		16.5 ± 0.3		D, Pn
	<i>Mugil cephalus</i>	Feb 12	-13.8 ± 0.4		16.1 ± 0.3		D, Pn
	<i>Mugil cephalus</i>	May 12	-14.5 ± 1.4		16.2 ± 0.2		D, Pn
	<i>Mugil cephalus</i>	Oct 12	-16.4 ± 0.8		17.0 ± 0.2		D, Pn
Gerreidae							
	<i>Gerres cinereus</i> juvenil	Ago 11	-14.8 ± 0.4		15.8 ± 0.2		IB, Pn
	<i>Gerres cinereus</i> juvenil	Feb 12	-14.9 ± 0.4		14.7 ± 0.5		IB, Pn
	<i>Gerres cinereus</i> juvenil	May 12	-15.4 ± 0.2		15.9 ± 0.5		IB, Pn
	<i>Gerres cinereus</i> juvenil	Oct 12	-15.0 ± 0.1		15.4 ± 0.5		IB, Pn
	<i>Gerres cinereus</i>	Ago 11	-15.6 ± 0.4		17.3 ± 0.2		IB, Pn
	<i>Gerres cinereus</i>	Feb 12	-16.1 ± 0.4		17.1 ± 0.2		IB, Pn
	<i>Gerres cinereus</i>	May 12	-15.7 ± 1.1		17.6 ± 0.2		IB, Pn
	<i>Gerres cinereus</i>	Oct 12	-15.7 ± 0.9		17.8 ± 0.4		IB, Pn
Haemulidae							
	<i>Haemulopsis leuciscus</i> juvenil	Ago 11	-14.7 ± 0.5		16.6 ± 0.4		C
	<i>Haemulopsis leuciscus</i> juvenil	Feb 12	-15.2 ± 1.8		17.2 ± 0.5		C
	<i>Haemulopsis leuciscus</i> juvenil	May 12	-15.9 ± 0.5		16.0 ± 0.3		C
	<i>Haemulopsis leuciscus</i> juvenil	Oct 12	-15.9 ± 0.3		15.6 ± 0.4		C

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$	DE	$\delta^{15}\text{N}$	DE	GP
Lutjanidae	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	Ago 11	-15.3 ± 0.8		17.7 ± 1.4		C
	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	Feb 12	-16.2 ± 0.3		18.0 ± 0.4		C
	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	May 12	-15.9 ± 0.1		18.3 ± 0.4		C
	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	Oct 12	-16.4 ± 0.1		17.0 ± 0.3		C
	<i>Lutjanus argentiniensis</i> juvenil	Ago 11	-16.0 ± 0.5		16.7 ± 0.1		IB, Pi
	<i>Lutjanus argentiniensis</i> juvenil	Feb 12	-13.9 ± 0.9		15.4 ± 0.2		IB, Pi
	<i>Lutjanus argentiniensis</i> juvenil	May 12	-16.1 ± 0.3		14.9 ± 0.3		IB, Pi
	<i>Lutjanus argentiniensis</i> juvenil	Oct 12	-16.0 ± 0.1		16.5 ± 0.5		IB, Pi
	<i>Lutjanus argentiniensis</i>	Ago 11	-16.3 ± 1.3		17.1 ± 0.1		IB, Pi
	<i>Lutjanus argentiniensis</i>	Feb 12	-16.3 ± 1.1		16.7 ± 0.3		IB, Pi
	<i>Lutjanus argentiniensis</i>	May 12	-16.6 ± 0.8		17.1 ± 0.2		IB, Pi
	<i>Lutjanus argentiniensis</i>	Oct 12	-15.7 ± 0.3		17.0 ± 0.3		IB, Pi
Clase Aves							
Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Ago 11	-18.6 ± 0.2		18.2 ± 0.1		Pi
	<i>Fregata magnificens</i>	Feb 12	-18.9 ± 0.4		18.2 ± 0.1		Pi
	<i>Fregata magnificens</i>	May 12	-18.0 ± 0.7		19.4 ± 0.4		Pi
	<i>Fregata magnificens</i>	Oct 12	-18.1 ± 0.4		19.4 ± 0.3		Pi
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasiliensis</i>	Ago 11	-18.8 ± 0.5		17.6 ± 0.9		Pi
	<i>Phalacrocorax brasiliensis</i>	May 12	-17.1 ± 1.0		18.6 ± 0.1		Pi
Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	Ago 11	-15.6 ± 0.9		16.5 ± 0.4		C
	<i>Nyctanassa violacea</i>	Feb 12	-14.7 ± 1.1		16.7 ± 0.2		C
	<i>Nyctanassa violacea</i>	May 12	-15.0 ± 0.2		17.3 ± 0.4		C
	<i>Nyctanassa violacea</i>	Oct 12	-14.4 ± 1.1		16.5 ± 0.5		C
Scolopacidae	<i>Tringa semipalmata</i>	Ago 11	-13.5 ± 0.2		16.4 ± 0.4		C, Pn
	<i>Tringa semipalmata</i>	Feb 12	-14.1 ± 0.2		16.3 ± 0.2		C, Pn

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$	DE	$\delta^{15}\text{N}$	DE	GP
Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	Ago 11	-13.2 ± 0.2		17.0 ± 0.1		IB
	<i>Haematopus palliatus</i>	May 12	-14.0 ± 0.3		16.4 ± 0.4		IB
Ardeidae	<i>Egretta tricolor</i>	Ago 11	-14.3 ± 0.3		14.9 ± 0.2		Pi
	<i>Egretta tricolor</i>	May 12	-15.6 ± 0.2		15.1 ± 0.1		Pi
Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	Ago 11	-14.0 ± 0.2		15.1 ± 0.2		Pi
	<i>Egretta thula</i>	Feb 12	-14.4 ± 0.4		14.7 ± 0.2		Pi
	<i>Egretta thula</i>	May 12	-13.5 ± 0.4		15.1 ± 0.3		Pi
	<i>Egretta thula</i>	Oct 12	-14.3 ± 1.1		14.8 ± 1.3		Pi
	<i>Egretta rufescens</i>	Ago 11	-13.6 ± 0.4		17.0 ± 0.2		Pi
	<i>Egretta rufescens</i>	Feb 12	-15.0 ± 0.8		15.9 ± 0.3		Pi
Threskiornithidae	<i>Egretta rufescens</i>	May 12	-13.7 ± 0.5		16.0 ± 0.6		Pi
	<i>Platalea ajaja</i>	Ago 11	-17.6 ± 0.4		16.3 ± 0.2		IB
	<i>Platalea ajaja</i>	Feb 12	-17.1 ± 1.0		16.4 ± 0.3		IB
	<i>Platalea ajaja</i>	May 12	-17.6 ± 1.7		15.9 ± 0.3		IB
	<i>Platalea ajaja</i>	Oct 12	-19.2 ± 0.8		17.3 ± 0.5		IB
	<i>Bubulcus ibis</i>	Feb 12	-15.1 ± 0.3		16.2 ± 0.4		IB
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	May 12	-15.9 ± 0.4		16.3 ± 0.3		IB
	<i>Ardea herodias</i>	Feb 12	-15.6 ± 0.3		16.3 ± 0.2		Pi, IB
Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	May 12	-16.2 ± 0.4		15.9 ± 0.3		Pi, IB
	<i>Rallus longirostris</i>	Ago 11	-17.5 ± 1.1		16.7 ± 0.3		IB, Pi
Rallidae	<i>Rallus longirostris</i>	Oct 12	-15.9 ± 0.2		16.8 ± 0.2		IB, Pi

Anexo 2. Diagrama de las principales contribuciones alimenticias de los organismos.

