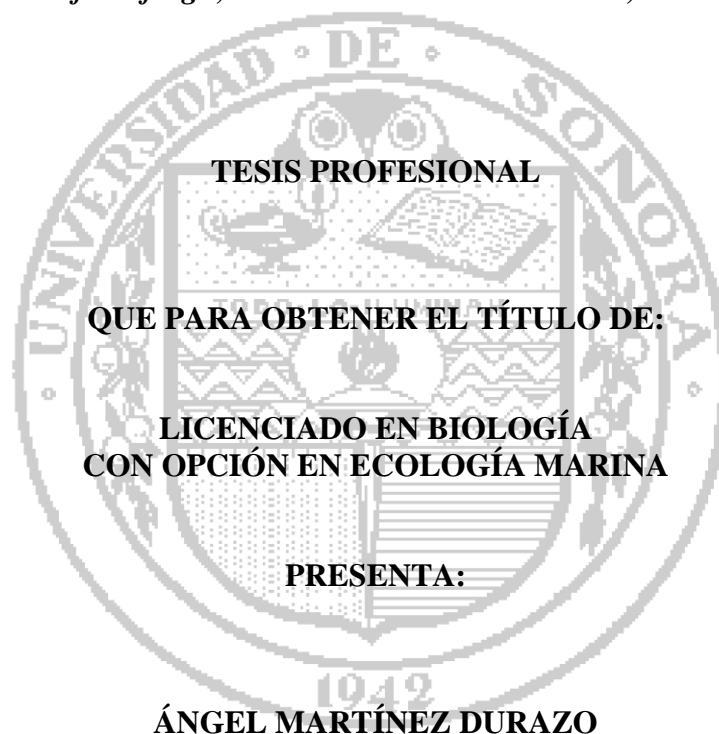


UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES DE ^{15}N , ^{13}C Y ^{18}O PARA DETERMINAR EFECTOS DE LAS DESCARGAS DE GRANJAS CAMARONÍCOLAS EN LA ALMEJA, *Chione fluctifraga*, DE LA LAGUNA LA CRUZ, SONORA, MÉXICO



Hermosillo, Sonora, México

Julio de 2011

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

APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de **Ángel Martínez Durazo** la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Ecología Marina.

Dra. Reina Castro Longoria
Directora de Tesis

M.C. Ramón Héctor Barraza Guardado
Secretario

Dr. Martín Enrique Jara Marini
Sinodal



Ph.D. Rafael Eduardo Del Rio Salas
Suplente

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las dos mujeres más importantes de mi vida. A mi abuela **Maximiana Amaya Molina (Q.E.P.D)** por ser parte fundamental en la formación de la familia que somos, ya que sin ti no seríamos nada y a mi madre **Natalia Susana Durazo Amaya**, por todo lo que en mi vida me ha dado sin ti yo no sería nada.

A la **Doctora Reina Castro Longoria**, por la tenacidad que tuvo conmigo. Sin su apoyo muchas cosas no se hubieran logrado.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de Sonora**, por haberme aceptado como estudiante de la maravillosa carrera de Biología. Siempre voy a recordar con gran cariño todas las aventuras y enseñanzas que en esta gran institución viví.

A mi comité de tesis: **Dra. Reina Castro Longoria, Dr. Martín Enrique Jara Marini, M.C. Ramón Héctor Barraza Guardado y Dr. Rafael Del Rio**, por las atinadas correcciones que hicieron para enriquecer mi trabajo de tesis, además de la camaradería que desarrollamos en este tiempo.

Al **Dr. Christopher Eastoe** y al **Dr. Rafael Del Rio** por la ayuda brindada en el análisis de isótopos estables en los laboratorios de la Universidad de Arizona.

A mi padre el **Sr. Ángel Martínez Rangel**, por ser una fuente de inspiración para mí como hombre, además de haberme dado la vida. La vida nos separo pero fue esta misma la que nos volvió a unir y esta vez por mucho tiempo.

A mi madre **Natalia Susana Durazo Amaya**, por traerme a este mundo y contar con su apoyo incondicional como madre. Su fuerte carácter y sus sabios consejos, es lo que me ha llevado hasta donde estoy. Sin ti no sería quien hoy soy.

A mis abuelos Maternos, **Victor Manuel Durazo Gaxiola y Maximiana Amaya Molina (Q.E.P.D.)** por ser el árbol del cual salimos todos estos frutos.

A mi familia, entre ellos mi hermano **Carlos**, por enseñarme a ser un hombre recto en la vida y enseñarme las cosas buenas de esta. A mi hermano **Alejandro**, por enseñarme a valerme por mí mismo y no depender de nadie, además de haber compartido mil aventuras con él en la vida y mostrarme el mundo exterior. A mis sobrinas y su mamá por formar parte de mi familia y a mis tíos maternos, especialmente a mi tío **Mario Durazo** y su esposa **Livier**, por todas las atenciones que siempre han tenido conmigo. A mí tío **Raúl Leonel Durazo** por ser un gran hombre de ciencia a quien yo admiro y a mi tío **Alfredo Durazo** por siempre portarse muy recto conmigo, además de darme la mano cuando lo necesito. A toda la familia **Durazo** Gracias!!!!

A la **Dra. Reina Castro Longoria**, esa persona que siempre confió en mí ciegamente y que me ha apoyado desde el día que me conoció, creo que por algo la vida me la puso en mi camino y lo agradezco infinitamente. De igual manera sin su ayuda no sería nadie. Nunca voy a tener la manera de pagarle todo lo que ha hecho por mí. Muchas gracias profa!!!!.

A los mejores amigos que la vida me pudo dar, quienes siempre han estado ahí cuando los he necesitado y quienes siempre se han portado bien derecho conmigo: **Fco. David Castillo Monzón, Fco. Humberto Monteverde Valenzuela, Luis Ochoa Castillo, Orlando Tapia Ortiz, Fco. Jaime Martínez Reyes, Martha María Del Rio Salas y José Manuel Ayala Galaz**, espero seguir compartiendo muchos años más de amistad con ustedes.

A todos mis compañeros de generación y de la Licenciatura en Biología, **entre ellos Martín Rodrigo Acedo Valdez, Sergio David Moreno Velázquez, Sergio Leal Soto,**

Christian Minjarez Osorio, Manuel Adolfo Lastra Encinas, Manuel Eduardo García Silva, Nayeli Cano Martínez, Soitza Acosta Munguía, Damaris Gallardo Gutiérrez, Ramón Pacheco, Ana Martínez, Edgar Arzola Sotelo y muchos otros más que por falta de espacio no incluyo sus nombres aquí. Por todas las experiencias vividas fuera y dentro del aula muchas gracias.

A las Familias **Castillo Monzón** y **Monteverde Valenzuela** por todos los años de amistad que he tenido con ellos especialmente al **Sr. Fco. David Castillo Encinas** por demostrarme ser mi amigo a pesar de la diferencia de edad. Al **Sr. Fco. Sergio Monteverde Padilla** y a **Rodolfo Alcántara Castelo**, por echarme la mano y tratarme como un miembro más de su familia. Gracias!!!!

A la planta de maestros de la Licenciatura en Biología, especialmente al **Dr. José Manuel Grijalva** por siempre darme carrilla y decirme que le echará ganas a lo que hacía.

Al **Dr. Alf Meling** por las enseñanzas en el salón de clases y además de invitarme a los muestreos de campo en los que me divertía mucho.

Por último, pero no menos importante, a todos los amigos y camaradas de mi barrio con quienes he compartido miles de aventuras y me han enseñado el camino de la vagancia muy bien. A todos ustedes gracias!!!!

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II.1. Isótopos Estables	3
II.1.1. Definición de isótopos	3
II.1.2. Características de los isótopos estables	4
II.1.2.1. Isótopos de nitrógeno	4
II.1.2.2. Isótopos de carbono	5
II.1.2.3. Fraccionamiento isotópico	5
II.1.3. Estándares de medición	5
II.1.2.4. Notación δ	6
II.1.2.5. Cuantificación mediante espectrómetro de masas	7
II.2. Estudios de Isótopos Estables en Ecosistemas Estuarinos	8
II.3. Impactos de la Acuicultura al Medio Marino	9
II.4. Moluscos Bivalvos	11
II.4.1 Consideraciones biológicas	11
II.4.2. Especie objeto de estudio	12
II.4.3. Reproducción	13
III. JUSTIFICACIÓN	15
IV. OBJETIVOS	16

IV.1.Objetivo general	16
IV.2.Objetivos particulares	16
V. HIPÓTESIS	17
VI. METODOLOGÍA	18
VI.1. Descripción del Área de Estudio	18
VI.1.2. Distribución de sedimentos	18
VI.1.3. Sistema de corrientes en la laguna La Cruz	19
VI.1.4. Clima de la región	20
VI.2. Muestreo	21
VI.2.2. Determinación de materia orgánica en muestras de agua	23
VI.2.1. Determinación de parámetros fisicoquímicos	24
VI.2.3. Medición y procesamiento de las muestras	24
VI.2.4. Análisis de isótopos estables	27
VI.2.5. Análisis estadístico	29
VII. RESULTADOS	30
VII.1. Parámetros Fisicoquímicos	30
VII.2. Análisis Morfométricos de la Almeja, <i>Chione fluctifraga</i>	31
VII.3. Materia Orgánica Particulada	33
VII.4. Isótopos Estables	34
VII.4.1. $\delta^{13}\text{C}$	34
VII.4.2. $\delta^{15}\text{N}$	35
VII.4.4. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de acuerdo al peso	36
VII.4.5. Composición de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$	37
VIII. DISCUSIÓN	41
IX. CONCLUSIONES	45

X. RECOMENDACIONES	46
XI. LITERATURA CITADA	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de ^{12}C y su isótopo estable ^{13}C . Los signos positivos representan los protones, los círculos los neutrones y las elipses los electrones en su órbita.	3
Figura 2	Representación esquemática de un espectrómetro de masas para mediciones isotópicas.	8
Figura 3	Almeja negra <i>Chione fluctifraga</i> . Tomado de Fischer, (1995).	12
Figura 4	Distribución geográfica de la almeja <i>Chione fluctifraga</i> de acuerdo a Fischer (1995).	13
Figura 5	Corrientes por marea en la laguna La Cruz (Tomado de GIIMB, 2007).	19
Figura 6	Corrientes por marea en reflujo en la laguna La Cruz (Tomado de GIIMB, 2007).	20
Figura 7	Sitios de muestreo para toma de agua frente a la laguna La Cruz, Sonora.	21
Figura 8	Puntos de muestreo de la almeja, <i>Chione fluctifraga</i> , dentro de la laguna La Cruz, Sonora. Flecha señala los lugares de muestreo.	22
Figura 9	Dibujo que ilustra la medida de longitud de la concha de <i>Chione fluctifraga</i> . Tomado de Gutiérrez-Vázquez (2007).	24
Figura 10	Mortero de ágata utilizado en el macerado del cuerpo blando seco de la almeja, <i>Chione fluctifraga</i> , para su análisis isotópico.	25
Figura 11	Taladro milimétrico utilizado en la obtención de muestras de concha de almeja, <i>Chione fluctifraga</i> , para análisis isotópico.	26
Figura 12	Viales utilizados para el análisis de concha de almeja, <i>Chione fluctifraga</i>	26
Figura 13	Capsulas de estaño utilizadas para almacenar el macerado del cuerpo blando seco de almeja, <i>Chione fluctifraga</i>	27
Figura 14	Balanza analítica utilizada para pesar el macerado de cuerpo blando seco de la almeja, <i>Chione fluctifraga</i> .	28
Figura 15	Intervalo de pesos de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , de la laguna La Cruz, Sonora, México.	31

Figura 16	Intervalo de longitud de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , de la laguna La Cruz, Sonora, México.	32
Figura 17	Variación de la materia orgánica particulada a través de las distintas estaciones del año en la Bahía de Kino Sonora, México, sobre un transecto de 10 estaciones de muestreo.	33
Figura 18	Valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados en los tejido blandos de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , de la laguna La Cruz. Verano, durante el presente estudio. Verano, 2009 a primavera del 2010.	34
Figura 19	Valores de $\delta^{15}\text{N}$ encontrados en los tejido blandos de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , de la laguna de La Cruz, durante el presente estudio. Verano, 2009 a primavera del 2010.	35
Figura 20	Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en líneas de crecimiento de la concha de un organismo de 2.0 cm de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , de la laguna La Cruz, Sonora.	37
Figura 21	Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en líneas de crecimiento de un organismo de 2.5 cm de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , la laguna La Cruz, Sonora	38
Figura 22	Valores de $\delta^{18}\text{O}$ encontrados en las conchas de dos organismos de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , la laguna La Cruz, Sonora.	39
Figura 23	Valores de $\delta^{13}\text{C}$ en las conchas de dos organismos de la almeja negra, <i>Chione fluctifraga</i> , la laguna La Cruz, Sonora.	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I	Proporción de isótopos estables, Deuterio (D), Hidrogeno (H), Carbono (C), Oxígeno (O) y Nitrógeno (N), estandarizados internacionalmente (Tomado de Hoef, 2009).	6
Tabla II	Cantidad de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, descargados al medio por tonelada de camarón producida, en relación al FCA (Tomado de Martínez-Córdova, <i>et al.</i> 2009).	10
Tabla III	Fechas de muestreo de este estudio en la laguna la Cruz, Bahía de Kino.	23
Tabla IV	Parámetros fisicoquímicos promedio \pm DE obtenidos en la laguna La Cruz, Sonora.	30
Tabla V	Relación de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ con el peso de la almeja de la laguna La Cruz, Sonora durante 2009 y 2010. a) y b) son repeticiones del análisis del mismo organismo.	36

RESUMEN

El análisis de isótopos estables se ha incrementado notablemente en las últimas décadas y como herramienta ha demostrado que puede ser útil en trabajos relacionados al flujo de elementos de C y N en cadenas tróficas. De esta manera sirven para trazar los flujos de energía en organismos indicadores. En este estudio se consideró la especie de molusco bivalvo de la laguna La Cruz, Sonora, *Chione fluctifraga*, para la búsqueda de isótopos de ^{13}C y ^{15}N en tejido blando y de ^{18}O de su concha. Se analizaron almejas (n=120) colectadas durante cuatro estaciones del año, de julio de 2009 a abril de 2010. Aleatoriamente se tomaron tres almejas por estación del año para realizar el análisis isotópico mediante espectroscopía de masas. Los resultados del análisis de la composición isotópica de ^{13}C y ^{15}N en tejido blando de la almeja, *Chione fluctifraga*, reflejaron una composición isotópica de carbono indicativa de la misma fuente de alimentación, mientras que para el ^{15}N los valores mostraron una composición isotópica de tramas tróficas superiores, lo cual se interpreta como una influencia de los aportes de origen antropogénico, especialmente la camaronicultura hacia adentro de la laguna La Cruz. Los valores de ^{18}O y ^{13}C encontrados en el material de las conchas, indicaron que los organismos incorporan ambos elementos de la misma fuente dentro del ecosistema. Los moluscos bivalvos, como *Chione fluctifraga* en este estudio, se consideran susceptibles a los cambios medioambientales y pueden ser utilizados para realizar monitoreos de efectos en los ecosistemas.

I. INTRODUCCIÓN

La aplicación de análisis de isótopos estables se ha incrementado notablemente en las últimas décadas, de esta manera su uso es común en trabajos de distinta naturaleza (Lorrain *et al.*, 2002). En estudios sobre los diferentes procesos que ocurren en los ecosistemas, esta herramienta ha demostrado tener gran impacto en trabajos relacionados con la estructura de las cadenas tróficas, sobre todo en organismos marinos (Santos-Baca, 2008; Serrano-Grijalva *et al.*, 2011).

De la misma manera, esta herramienta ha sido utilizada para trazar la vía que siguen los desechos de los compuestos utilizados en campos de cultivo, además para conocer el destino final y la procedencia de residuos arrojados por la urbanización hacia ecosistemas marinos y en trabajos relacionados con los desperdicios provocados por la industrialización de pequeños poblados (Charmichael *et al.*, 2008).

Asimismo, en estudios relacionados con el cambio climático ya que por medio de esta técnica se trazan las variaciones de CO₂ atmosférico a través del tiempo (Guerrero y Berlanga, 2000; Lorrain *et al.*, 2002; Vizzini *et al.*, 2005; Charmichel *et al.*, 2008). También se pueden medir las rutas de los contaminantes que llegan a los ecosistemas y que pueden provocar efectos adversos en los organismos (Cabana y Rasmussen, 1994). Todo esto es posible por los cambios isotópicos que ocurren en la naturaleza y que se originan por distintos factores.

La acuicultura es una de las actividades de mayor crecimiento en el mundo, que descarga grandes cantidades de desechos dentro de los ecosistemas marinos. Poco se sabe de los efectos que tiene dicha actividad en las comunidades bióticas, como por ejemplo se sabe que altos niveles de nutrientes en los cuerpos de agua pueden causar hipoxia y florecimientos algales nocivos, lo cual puede afectar a dichos ecosistemas (López-Cortéz *et al.*, 2003).

Charmichael (2008) señala que los moluscos bivalvos son utilizados como indicadores de cambios en los ecosistemas debido a sus características biológicas. Por sus hábitos alimenticios ellos están expuestos al contacto de aguas residuales. Esto los hace útiles para identificar y trazar los aportes de distintos nutrientes hacia los ecosistemas y de esta manera definir los efectos causados por las actividades antropogénicas (Valiela, 2006). Algunos organismos como *Crassostrea virginica* y *Mytilus edulis* así como algunas otras especies de bivalvos, han sido utilizadas para el monitoreo de metales pesados, contaminantes orgánicos y nutrientes en sistemas costeros (Chase *et al.*, 2001).

Otros organismos que poseen un periodo de vida más largo, como es el caso de la almeja *Mercenaria mercenaria*, el material de su concha ha sido utilizado para reconstruir las temperaturas del fondo de los océanos (Weidman *et al.*, 1994). En conjunto, el material de las conchas y el tejido blando de los bivalvos se consideran como una herramienta poderosa para comprender los cambios medioambientales que se han dado a través del tiempo (Schone *et al.*, 2003).

Estudios realizados enmarcan el hecho de que es posible trazar e identificar el camino que siguen los aportes de las aguas residuales mediante análisis de isótopos estables en el cuerpo blando de organismos, así como de sus conchas (Charmichael, 2004). Esto debido a que los elementos que radican en las aguas de desecho tienen composición isotópica diferente a los que se encuentran comúnmente en la naturaleza (Peterson y Fry, 1987).

Con la premisa de que la composición isotópica es distinta en los diferentes componentes de los ecosistemas, los estudios con isótopos estables en ambientes como los estuarios y las lagunas costeras, pueden ayudar a elucidar el rol que juegan las matrices de materia orgánica que se forman en estos ambientes, ya sean de carácter autóctono o alóctono (Deegan y Garrit, 1997). Además también se analizan los efectos de los residuos domésticos e industriales, así como de aguas residuales, las cuales se encuentran enriquecidas con marcas isotópicas pesadas (McClelland *et al.*, 1997).

Los bivalvos son organismos filtro-alimentadores que incorporan materia orgánica en suspensión (MOS) presente en el agua circundante, que puede contener materia orgánica proveniente de descargas antropogénicas y provocan cambios medioambientales y tener efectos sobre estos organismos (Charmichael *et al.*, 2008).

En el Estado de Sonora, se encuentra la laguna La Cruz, en el municipio de Hermosillo. Esta se encuentra cercana a las descargas de granjas camaronícolas. Los efectos de estas descargas dentro de la laguna aún no han sido estudiados y tampoco sobre organismos en particular.

En el presente trabajo se pretende analizar la composición isotópica de C y N en el cuerpo blando de la almeja *Chione fluctifraga*, presente en el bentos de la laguna La Cruz, para detectar si las descargas de las granjas han tenido influencia sobre los organismos.

Además, se incorporan análisis isotópicos de ^{18}O y ^{13}C con la finalidad de observar si existen cambios en las conchas partiendo que se conoce la edad de estos organismos.

II. ANTECEDENTES

II.1. Isótopos Estables

II.1.1. Definición de isótopos

Los isótopos son átomos que su núcleo se encuentra constituido por el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones, aunque poseen una reactividad química similar. En el siguiente esquema (Fig. 1) se muestran los isótopos de ^{12}C y ^{13}C . Como el origen etimológico de la palabra lo indica, mismo lugar, estas variantes de elementos químicos ocupan el mismo sitio en la tabla periódica (Hoefs, 2009; White, 2001).

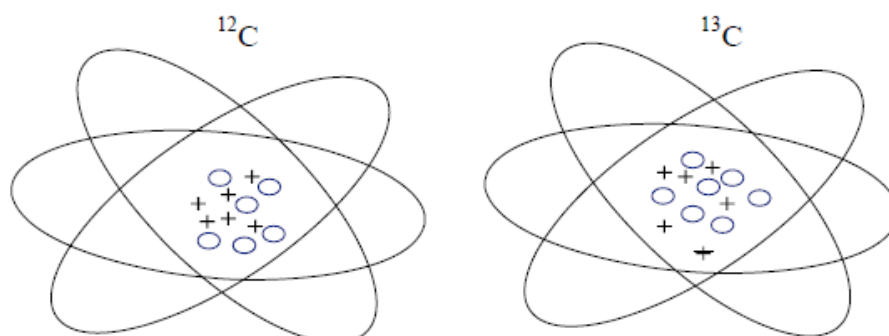


Figura. 1. Esquema de ^{12}C y su isótopo estable ^{13}C . Los signos positivos representan los protones, los círculos los neutrones y las elipses los electrones en su orbita. Obsérvese que ^{13}C es la forma isotópica del ^{12}C debido a que presenta siete neutrones, a diferencia de seis en ^{12}C (Tomado de Hoefs, 2009).

Esta característica hace que átomos de un mismo elemento difieran en su peso atómico, lo que hace a estas disimilitudes útiles en diversas ramas de la ciencia. Estas variedades son divididas en dos grandes categorías: a) los isótopos inestables, o comúnmente llamados radiactivos, que son elementos que emiten partículas y que con el paso del tiempo van transformándose en otros elementos; b) isótopos estables, que están

bien determinados por las características de su núcleo, que les confiere una estabilidad tal que no sufren decaimiento con el tiempo.

Existen alrededor de 300 formas estables halladas en la naturaleza, contra al menos 1,200 formas radiactivas (Hoefs, 2009). De los elementos de la tabla periódica, 21 de ellos son puros, en el sentido de que poseen un solo isótopo estable, de manera que el resto de los elementos encontrados en el universo o el planeta tierra, son mezcla de por lo menos dos isótopos (Guerrero y Berlanga, 2000; White, 2001; Hoefs, 2009).

II.1.2. Características de los isótopos estables

Los isótopos estables son aquellos elementos que no se desintegran con el paso del tiempo, es decir su contenido de electrones no ha variado con el paso del tiempo, como ocurre con los radioisótopos (White, 2001; Hoefs, 2009). Desde la segunda mitad del siglo XX, muchas ramas de la ciencia han aplicado esta técnica (White, 2001).

En el campo de la isotopía estable, los elementos de mayor interés son H, O, Li, B, C, N, Si y S; esto debido a que poseen características comunes entre ellos, que son:

- 1) Poseen masa atómica pequeña.
- 2) La diferencia entre su masa relativa es muy amplia.
- 3) Forman cadenas con carácter de grado covalente grande.
- 4) Son elementos que existen en uno o más estados de oxidación y forman una amplia gama de compuestos, o son constituyentes naturales de sólidos y fluidos.
- 5) La abundancia de isótopos raros, es suficientemente alta para facilitar su análisis.

En algunos otros elementos que cumplen con los criterios anteriormente descritos, se puede obtener información de carácter valioso para el estudio de las ciencias de la tierra (White, 2001).

II.1.2.1. Isótopos de nitrógeno

Es un elemento de la tabla periódica de los elementos el cual posee un número 7 y un peso atómico de 14.0067 g/mol. Es el principal componente de la atmósfera terrestre (78%). Forma compuestos biológicos muy importantes, como lo son las proteínas tanto de animales como plantas. El compuesto es importante desde el punto de vista ambiental, ya que es de los principales compuestos de desechos de la urbanización e industrialización en

forma de nitratos, nitritos o nitrógeno inorgánico (Smoot, 1988). Este elemento posee dos isótopos estables, que son ^{14}N y ^{15}N con una abundancia relativa de 99.6 % y 0.365 % (Cabana y Rasmussen, 1994).

II.1.2.2. Isótopos de carbono

Es el elemento con el que más compuestos se forman (Smoot, 1988). Sus propiedades químicas y físicas varían de acuerdo a su estructura cristalina. Posee un número atómico de 6 y masa atómica de 12.01 g/mol. Posee dos isótopos estables que son ^{12}C y ^{13}C y un radioisótopo que es el ^{14}C , el cual se utiliza para el fechamiento de restos fósiles. Los isótopos estables de este elemento químico, pueden ser utilizados para trazar el origen del mismo (Smoot, 1988).

II.1.2.3. Fraccionamiento isotópico

En la naturaleza se presentan diferencias isotópicas, las cuales son originadas por factores químicos, físicos y biológicos que hace que se lleve a cabo una discriminación de los isótopos livianos y ligeros, proceso que se conoce como fraccionamiento isotópico (Santos-Baca, 2008). Dentro de las cadenas tróficas, este fenómeno se da, debido a que los organismos excretan de manera preferencial los isótopos livianos. Esta discriminación isotópica puede variar por distintos factores ya sea por la calidad del alimento, la edad de los organismos y el estatus nutricional, entre otros (Peterson y Fry, 1987; Santos-Baca, 2008).

II.1.3. Estándares de medición

La precisión con la que son medidas las abundancias isotópicas absolutas es imprecisa en comparación con la medición de las abundancias relativas (Hoefs, 2009). Sin embargo, la estimación de las abundancias absolutas de los distintos isótopos de los elementos es muy importante, ya que son la base para el cálculo de las abundancias relativas, lo que es mejor conocido como la notación δ . Para calcular dichas variaciones se establecieron estándares internacionales y se enlistan en la Tabla I.

Tabla I. Proporción de isótopos estables, Deuterio (D), Hidrógeno (H), Carbono (C), Oxígeno (O) y Nitrógeno (N), estandarizados internacionalmente (Tomado de Hoefs, 2009).

Estándar	Proporción	Valor aceptado ($\times 10^6$) al 95% intervalo de confianza
SMOW (estándar del agua oceánica)	D/H	155.76 \pm 0.10
	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	2,005.20 \pm 0.43
	$^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$	373 \pm 15
PDB (Belemnitela Americana de la Formación Peedee del Cretácico, Carolina del Sur)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	11,237.2 \pm 2.9
	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	2067.1 \pm 2.1
	$^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$	379 \pm 15
Nitrógeno del aire	$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	3,676.5 \pm 8.1
CDT (Triolita del Cañón del Diablo)	$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	45,004.5 \pm 9.3

II.1.3.1. Notación δ

Las abundancias isotópicas se dan, generalmente en partes por mil (‰), con respecto a uno de los estándares anteriormente citados. Esta variación se define mediante la siguiente fórmula:

$$\delta(\text{‰}) = \frac{R(\text{Muestra}) - R(\text{Estándar})}{R(\text{Estándar})} \times 1000$$

Donde:

δ = Variación en la composición isotópica.

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 (Peterson y Fry, 1987; White, 2001; Hoefs, 2009).

II.1.3.2. Cuantificación mediante espectrómetro de masas

La cuantificación de las abundancias isotópicas se hace a través de la espectrometría de masas, que se basa en el fundamento de masa-carga, es decir, el equipo tiene dispositivos que separan a los átomos y moléculas con base en su masa usando un campo magnético (White, 2001; Hoefs, 2009).

La variedad de modelos existentes es muy amplia pero todos los equipos tienen el mismo fundamento (Fig. 2). Este equipo se divide principalmente en cuatro estaciones. La primera es el sistema de entrada, el cual consiste en una válvula que permite que se realice un análisis consecutivo entre los dos gases, el que se analizará y el estándar.

La fuente de iones es la sección del aparato donde son formados, acelerados y enfocados en un pequeño haz de electrones. Consecutivamente el haz de electrones pasa hacia el analizador de masa, en el cual dicho haz es separado por el principio antes citado (masa-carga), debido a la atracción por medio de un campo magnético generado en este componente del aparato.

Al ser disgregados los electrones, se llega a los detectores iónicos, en el que el aporte de electrones se convierte en un impulso eléctrico, para después ser enviado a un amplificador. Existen numerosos modelos de mecanismos, pero todos funcionan con el mismo fundamento (Hoefs, 2009; White, 2001).

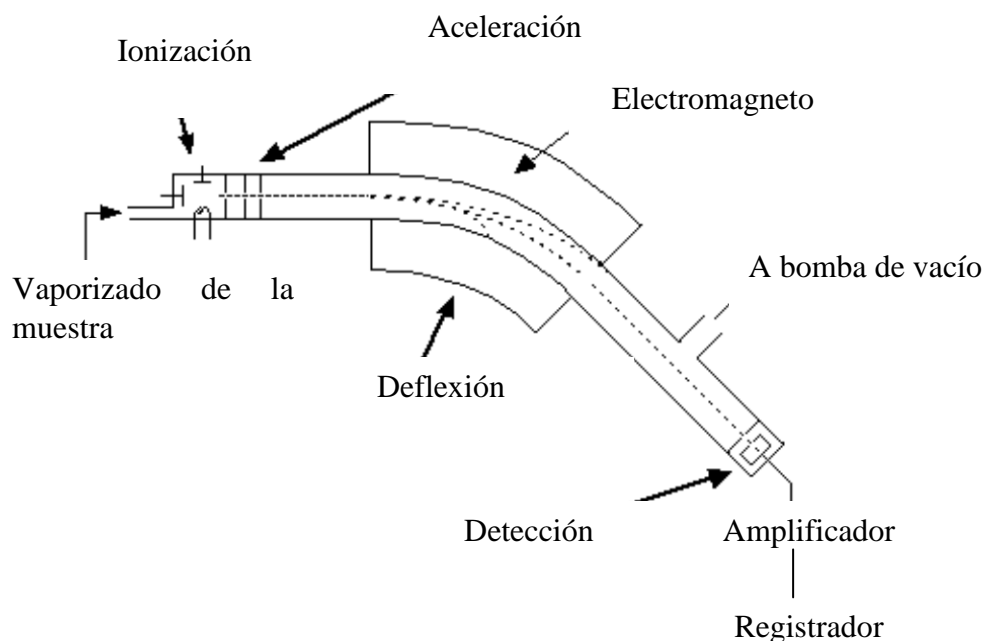


Figura. 2. Representación esquemática de un espectrómetro de masas para mediciones isotópicas.

II.2. Estudios de Isótopos Estables en Ecosistemas Estuarinos

Existen ecosistemas marinos costeros que han sido gravemente afectados por las actividades antropogénicas. El análisis de isótopos estables se ha utilizado como herramienta para discriminar entre fuentes de materia orgánica, terrestre o marina, natural o antropogénica, incluso para distinguir mezclas complejas como las industriales, domésticas y/o agrícolas (Bannon y Roman, 2008; McKinney *et al.*, 2002).

En el ambiente marino, la importancia de conocer el destino de la materia orgánica en las cadenas tróficas y el fraccionamiento isotópico de carbono y nitrógeno representan principalmente un avance en la comprensión de las necesidades ecológicas del hábitat, inclusive en movimientos migratorios de ciertos organismos (Santos-Baca, 2008).

Otros estudios se han ido encaminando hacia la comprensión de la composición isotópica del nitrógeno particulado para conocer su variación a través del tiempo y la disponibilidad a la que están sujetos los sistemas planctónicos en los océanos y de esta

manera conocer la forma en que se puede sustentar la productividad primaria (VoB *et al.*, 1997).

Las descargas antropogénicas de materia orgánica pueden provocar cambios en la composición y distribución de los microorganismos, que a su vez pueden inducir cambios en la ecología de los ecosistemas (Alonso-Rodríguez *et al.*, 2000; Valiela, 2006). El efecto de estas descargas puede ser evaluado por la composición isotópica de los diferentes componentes del ecosistema como agua, sedimento y organismos para medir la composición isotópica de cada uno de ellos y relacionarlos con la constitución de la materia presente en las descargas (Peterson y Fry, 1987; McClelland *et al.*, 1997; Kauppila *et al.*, 2005; Barros *et al.*, 2010).

En estudios relacionados con el fitoplancton, se ha podido determinar las fuentes de carbono que estos microorganismos utilizan para realizar la fotosíntesis (Durako y Hall, 1992). Otra aplicación de los isótopos estables en estudios marinos, es su uso para determinar el flujo de carbono y los niveles tróficos de las tramas alimenticias (Jacob *et al.*, 2005).

En cultivos de peces marinos, con la composición isotópica se demostró que las especies de invertebrados *Aplysia californica* y *Balanus perforata* que habitan los alrededores de las granjas productoras de peces, fueron afectados por las altas descargas debido a la variación en las cantidades de $\delta^{15}\text{N}$ (Dolenec *et al.*, 2006).

El Estado de Sonora ha tenido un crecimiento en las actividades de cultivo de especies marinas, ya que en 2008 ocupó el primer lugar en la producción de camarón con 68, 545 Ton y el séptimo en la producción de ostión con 184 Ton (CONAPESCA, 2008). Los impactos de las descargas de las granjas de camarón mediante el uso de isótopos estables son escasos (Rodríguez *et al.*, 2001).

II.3. Impactos de la Acuicultura al Medio Marino

La acuicultura es una de las actividades con mayor desarrollo en las últimas décadas, aportando el 40% de la producción de organismos marinos a nivel mundial, además de ser una actividad generadora de divisas (Martínez-Córdova *et al.*, 2008). Dentro del ramo de desarrollo de fuentes de alimentación procedentes de los recursos marinos, la camaronicultura es la que se ha desarrollado en México con mayor éxito.

Los principales tropiezos que se han cometido en los cultivos de organismos acuáticos, se encuentran aquellos que están relacionados con el impacto ambiental hacia

sistemas costeros adyacentes o cercanos a sitios de cultivo (Martínez-Córdova *et al.*, 2008). Dentro de los impactos a ecosistemas marinos asociados a granjas de camarón se encuentran:

- La destrucción de bosques de manglar y marismas, esto se debe principalmente al desmonte de estos sistemas para la instalación de granjas.
- Contaminación de fuentes de agua para consumo humano.
- Eutrofización de cuerpos de agua receptores de descargas de granjas camaronícolas, esto se debe a las enormes cantidades de materia orgánica proveniente del alimento no consumido y a las grandes cantidades de nutrientes orgánicos e inorgánicos utilizados durante los ciclos de cultivo. Esto nos lleva a florecimientos masivos de fitoplancton, siendo algunas veces especies toxicas para los organismos acuáticos, además de enterramiento de comunidades betónicas cercanas a los sitios de descargas. La magnitud del problema esta ampliamente relacionado con el tipo de cultivo (extensivo, semi extensivo, intensivo) y con las prácticas de alimentación que se lleven a cabo, además con la cantidad de alimento artificial empleado (Páez-Osuna, 2001; Crab *et al.*, 2007; Martínez-Córdova *et al.*, 2009). Otro factor sumamente importante dentro del cultivo es el factor de conversión alimenticia (FCA). Martínez-Córdova en 2008 marca que con un FCA cercano a 1 seria óptimo para los cultivos. A continuación se enlistan Kg. de materia orgánica, nitrógeno y fósforo para distintos FCA (Tabla II).

Tabla II. Cantidad de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, descargados al medio por tonelada de camarón producida, en relación al FCA. Tomado de Martínez-Córdova *et al.*, (2009).

FCA	Materia orgánica (Kg)	Nitrógeno (Kg)	fósforo (Kg)
1.0	500	26	13
1.5	875	56	21
2.0	1250	87	28
2.5	1625	117	38

Martínez-Córdova *et al.*, (2009) señalan que para las costas de Sonora, la cantidad de nitrógeno y fósforo fueron 73.3 y 12.3 con alimentación mecánica y para sistemas con alimentación en canasta son de 70.6 y 12.8 para nitrógeno y fósforo.

II.4. Moluscos Bivalvos

II.4.1. Consideraciones biológicas

El segundo Phylum más numeroso en el reino animal es el de los moluscos, superado solo por los artrópodos (Brusca, 1973). En este taxón se incluyen organismos tales como las ostras, caracoles, pulpos, vieiras, abulones, entre otros. Poseen representantes en ambientes muy diversos, desde hábitats terrestres y dulceacuícolas hasta el medio marino, variando en este desde la plataforma continental hasta las grandes profundidades. Estos organismos son utilizados de diferentes formas, ya sea en productos obtenidos de las conchas de estos, alimentos, producción de perlas para joyería y últimamente en proyectos de bio-remediación (Hickman, 2006.)

Los moluscos bivalvos son animales que poseen dos conchas o valvas (Hickman, 2006). Esta característica permite la salida del pie y un sifón para el ingreso y expulsión de agua. Algunos bivalvos, como las ostras permanecen unidos a un substrato, mientras que las almejas excavan en el sedimento con la ayuda de su pie (Brusca, 1973; Hickman, 2006). Son animales que poseen simetría bilateral y están revestidos por una cubierta que encierra la cavidad paleal, donde se encuentran las branquias, denominada manto. Esta a su vez secreta la concha calcárea conforme va creciendo la masa visceral y a su vez el manto, el tamaño de la cubierta de calcio, aumenta progresivamente (Hickman, 2006)

Los moluscos bivalvos tienen un sistema digestivo completo, es decir, poseen boca y ano. Generalmente el sistema digestivo es en forma de sacos y se alimentan por filtración de agua, la cual es inhalada por el sifón hacia las branquias las cuales mantienen una corriente por medio de los cilios y de esta manera logran mover el agua y las partículas suspendidas en ésta (Meglitsch, 1978; Brusca, 1973; Hickman, 2006).

II.4.2. Especie objeto de estudio

La clasificación taxonómica de la especie de estudio, se detalla a continuación:

Phyllum:	Mollusca
Clase:	Bivalvia
Subclase:	Heterodonta
Orden:	Veneroidea
Familia:	Veneridae
Género:	<i>Chione</i>
Especie:	<i>fluctifraga</i>

La almeja negra, propuesta para este estudio, *Chione fluctifraga* (Fig. 3) pertenece a la Familia Veneridae; los miembros de este grupo taxonómico, son organismos bentónicos que se le encuentran en sedimentos de arena muy fina y con concentraciones de materia orgánica muy elevada; además de que se hallan en áreas en las que la energía producida por las corrientes es considerablemente baja.

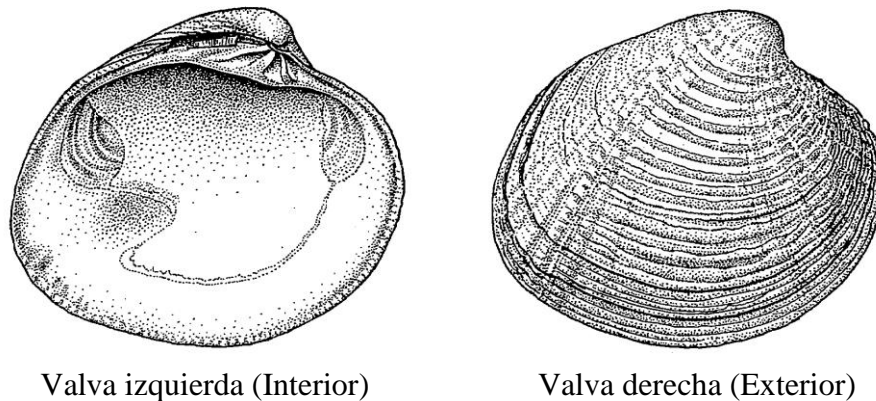


Figura 3. Almeja negra *Chione fluctifraga*. Tomado de Fischer (1995).

La distribución geográfica de la almeja negra es muy amplia (Fig. 4), dispersándose desde la parte sur del estado de California en Estados Unidos hasta el Golfo de California (Fischer, 1995). Es un bivalvo que suele encontrarse enterrado en bancos arenosos y

fangosos a poca profundidad, desde la zona intermareal y sublitoral, sobre todo en lagunas costeras y estuarios (Fischer, 1995; Gutiérrez-Vázquez, 2007).

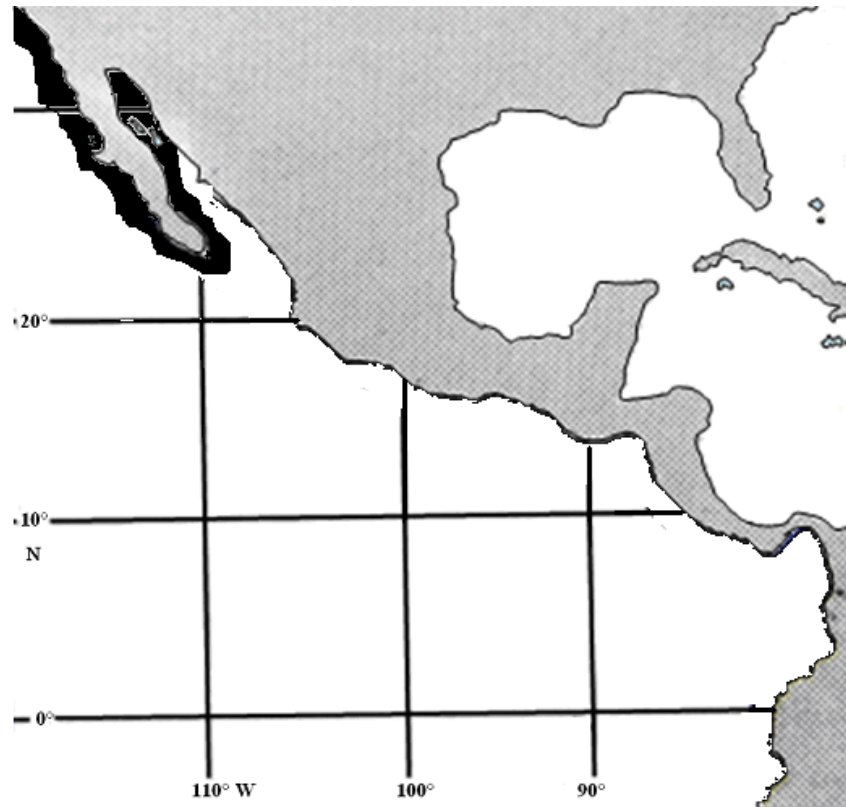


Figura 4. Distribución geográfica de la almeja *Chione fluctifraga* de acuerdo a Fischer (1995).

En Bahía de Kino, la almeja *Chione fluctifraga* suele localizarse exclusivamente en suelos fangosos, específicamente en la laguna La Cruz y sostiene una pesquería de subsistencia en el área (Martínez-Córdova, 1985).

II.4.3. Reproducción

Los moluscos bivalvos son organismos dióicos (sexos separados) y se cree que hay una proporción equilibrada de hembras y machos. El sistema reproductor de estos animales es sencillo. Las gónadas son estructuras formadas por conductos ciliados ramificados y los gametos son producidos por las células germinales de los folículos. Los conductos se unen para formar dos grandes tubos que eventualmente terminan en gonoducto corto (Brusca, 1973; Meglitsch, 1978; Hickman, 2006).

Los gametos son expulsados al manto y de ahí hacia el medio mediante aperturas exhalantes. La edad de madurez sexual, depende de la especie. Algunas especies de bivalvos como las ostras pueden tardar cinco meses en llegar a su estado de adultos maduros, mientras que algunas almejas pueden llegar a durar un año en llegar a esta etapa (Brusca, 1973; Villet, 1996; Hickman, 2006).

En la laguna La Cruz se han utilizado técnicas histológicas para el estudio del desarrollo gonádico de *Chione fluctifraga* y se ha demostrado que para organismos de este género, su periodo reproductivo es de abril a junio aproximadamente a temperaturas de 24° C a 29 ° C (García-Domínguez *et al.*, 1993).

Existen diversos métodos para determinar la madurez sexual de estos organismos. El más utilizado y seguro es el de realizar frotis de tejido gonadal. El desove muchas veces esta regulado por factores exógenos, tales como, pH, salinidad, temperatura, mareas, corrientes, entre otros (Gutiérrez-Vázquez, 2006).

III. JUSTIFICACIÓN

Las descargas del agua de desecho del cultivo de camarón provenientes de granjas, aledañas a la laguna La Cruz, pueden provocar cambios a nivel ecosistema y mayormente a la biota (Alonso-Rodríguez *et al.*, 2000; Valiela, 2006). Estos cambios han sido valorados en algunos sistemas lagunares del mar de Cortés, pero en las zonas de influencia de la región norte de Sonora, no existen trabajos. Los organismos de lagunas costeras pueden ser considerados como indicadores de cambios en el medio ambiente. Por ejemplo *Chione fluctifraga* es una especie comercial que puede ser utilizada como un organismo blanco para demostrar el efecto de carácter antropogénico. Las descargas se realizan de forma estacional hacia la bahía y esta agua puede ser introducida por efecto de las mareas hacia la laguna. Diversos autores han relacionado las marcas isotópicas de carácter antropogénico con los organismos presentes en los sistemas naturales (Peterson y Fry, 1987; McClelland *et al.*, 1997; Kauppila *et al.*, 2005; Barros *et al.*, 2010). Estos organismos tienen hábitos alimenticios filtradores e incorporan esta materia, lo cual puede tener un efecto negativo sobre las comunidades de almeja negra.

IV. OBJETIVOS

IV.1. Objetivo General

Determinar el efecto de las granjas camaronícolas en la almeja, *Chione fluctifraga*, de La Laguna La Cruz, Sonora, México, mediante el uso de isótopos estables de ^{13}C , ^{15}N y ^{18}O .

IV.2. Objetivos Particulares

Determinar la variación estacional de las variables fisicoquímicas en la Laguna La Cruz y en el área de influencia de las granjas.

Determinar la variación de la materia orgánica particulada en el área de influencia de las granjas.

Determinar la composición isotópica de ^{15}N y ^{13}C en el cuerpo blando de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, de la Laguna La Cruz, Sonora.

Determinar si existe variación en la composición isotópica de ^{15}N y ^{13}C de acuerdo con el peso de la almeja negra *Chione fluctifraga*

Determinar la composición isotópica de ^{13}C y ^{18}O en conchas de almeja negra, *Chione fluctifraga*, de la Laguna La Cruz.

V. HIPÓTESIS

Los efluentes antropogénicos como las descargas de materia orgánica de granjas de camarón, pueden tener influencia sobre los organismos bentónicos, como los moluscos bivalvos. Por lo tanto se espera encontrar una composición isotópica de C, N en el cuerpo blando así como una composición de C y O en las conchas de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, proveniente de estas descargas.

IV. METODOLOGÍA

VI.1. Descripción del Área de Estudio

La laguna La Cruz, Sonora, es una zona de transición entre dos ecosistemas, el marino y el terrestre. Se encuentra a un costado de la población de Bahía de Kino a 108 km al suroeste de la ciudad de Hermosillo, Sonora, entre las coordenadas 28°49'44" Latitud Norte y 111°57'13" Longitud Oeste, (Villalba, *et al.*, 1985). La fisiografía de estas zonas está determinada por el gran dinamismo por parte de ecosistemas acuáticos muy diferentes, además de que los gradientes de temperatura y salinidad son muy amplios (Stuardo y Valdovinos, 1989). La laguna La Cruz recibe aportes de aguas del Golfo de California y está parcialmente conectada con este último. Mayormente está separada por una barra arenosa que se extiende paralelamente a la línea de costa. Esta barra mide aproximadamente 3 km de longitud en dirección Sur Sureste (SSE). La laguna posee una boca en su parte central que mide 1 km de apertura (Villalba *et al.*, 1985).

VI.1.2. Distribución de sedimentos

La distribución sedimentaria en las lagunas costeras es mucho más variada, debido a que los parámetros medioambientales a los que se encuentra sometidos, son muy distintos a los de mar abierto. Los principales factores dinámicos que afectan a la uniforme distribución de sedimentos son los patrones de mareas, el aporte de las agua de lluvia y las distintas condiciones del entorno; consiguiendo de esta manera, que el tamaño de las partículas sedimentarias, varíe de gruesos en la boca de la laguna (entrada de agua marina al sistema) hacia más finos al interior del estero (Martínez-Córdova, 1985).

En la laguna La Cruz, la variación en el grano de los sedimentos es desigual a comparación de otros sistemas costeros. La diversidad de tamaño de partícula es muy importante desde el punto de vista de la biología de las especies que viven en los sedimentos (Villalba y de la O, 1984; y Martínez-Córdova, 1985).

VI.1.3. Sistema de corrientes en la laguna La Cruz

Las corrientes entrantes a la laguna son producto de la acción de la marea en la bahía y alimentan a esta en un sistema de varios canales. Cuando el oleaje comienza a introducir agua a la laguna, las corrientes se alinean por un canal que se encuentra en la boca y que es producto de la acción de las mismas (Villalba-Atondo, 1984). Al encontrarse dentro del sistema lagunar, estas se bifurcan en dos canales que distribuyen el agua proveniente del mar en el resto del medio (Fig. 5) (GIIMB, 2007).

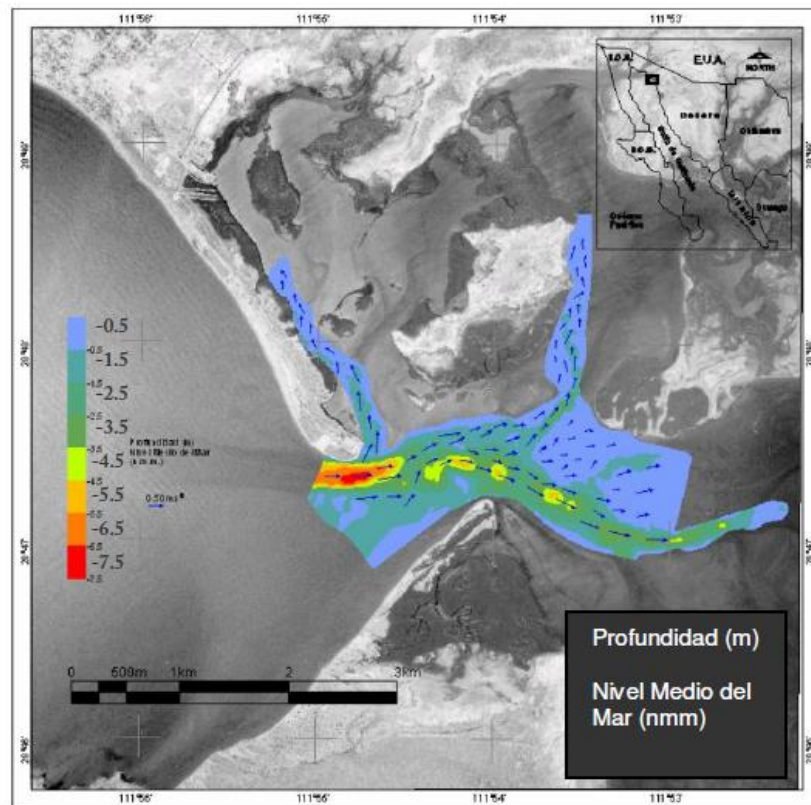


Figura. 5. Corrientes por marea en la laguna La Cruz. Tomado de GIIMB (2007).

Cuando baja la marea los sistemas de corrientes internas se alinean hacia la boca, bifurcándose en la misma y siguiendo hacia el norte conforme la marea en la bahía (Fig. 6).

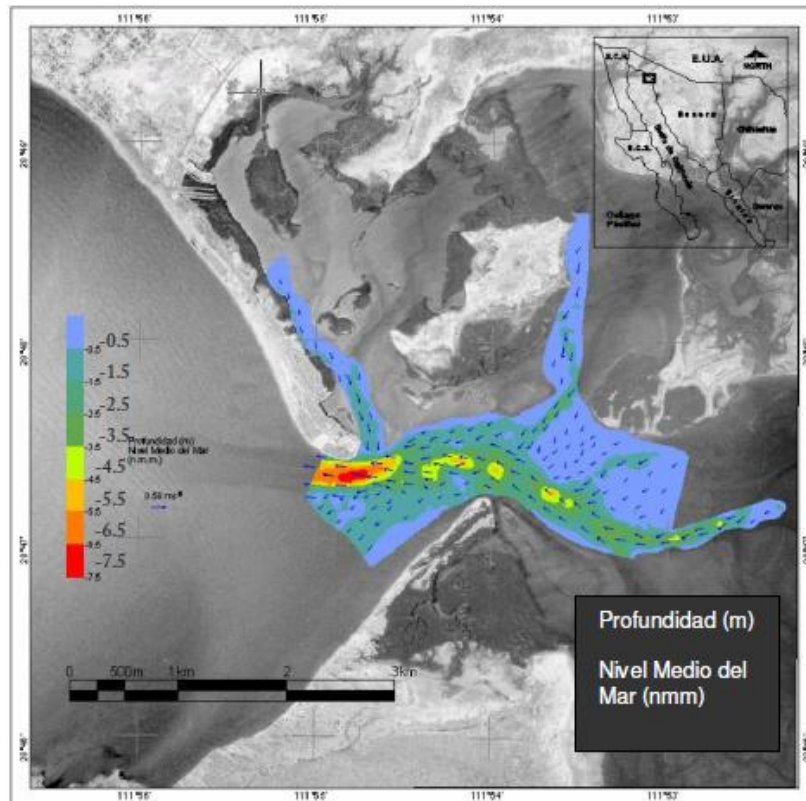


Figura 6. Corrientes por marea en reflujo en la laguna La Cruz. Tomado de GIIMB (2007).

Al ingresar al sistema lagunar, el agua proveniente del mar puede acarrear en su totalidad todo el contenido de constituyentes hacia dentro. Cuando la totalidad del agua se drena, ésta a su vez de regreso arroja hacia al mar una cantidad considerable de materia orgánica y agua de mayor salinidad así como de temperatura.

VI.1.4. Clima de la región

La zona de Bahía de Kino, presenta condiciones de calor seco, con temperaturas que van desde 6 °C en enero hasta 34 °C en agosto. Durante el verano, es cuando se da la mayor oscilación de temperaturas (GIIMB, 2007). Con respecto a la precipitación, está directamente relacionada con los vientos de tipo monzón, ráfagas de viento provenientes de la sierra hacen que las condiciones para Bahía de Kino sean áridas, con una precipitación anual promedio de 122 mm al año. Es durante el mes de agosto donde se registra la mayor precipitación con 30 mm y en mayo la menor, con 0 mm de lluvias. Esta característica puede variar debido a fenómenos naturales, tales como tormentas tropicales,

huracanes o ciclones que entran al Golfo de California (GIIMB, 2007). Con respecto a la evaporación, este cuerpo de agua pierde durante el invierno, una cantidad de 2.5 mm/día, que es la pérdida más baja al año y 8 mm/día en junio, con promedio anual de 5.6 mm/día. En conjunto todas estas precipitaciones suman en total de 1900 mm al año (GIIMB, 2007.)

VI.2. Muestreo

Se colectó agua fuera de la laguna La Cruz en los puntos señalados de la bahía (Fig. 7) con la ayuda de una botella de plástico de 500 ml, a bordo de una embarcación tipo panga con motor de 75 caballos de fuerza.

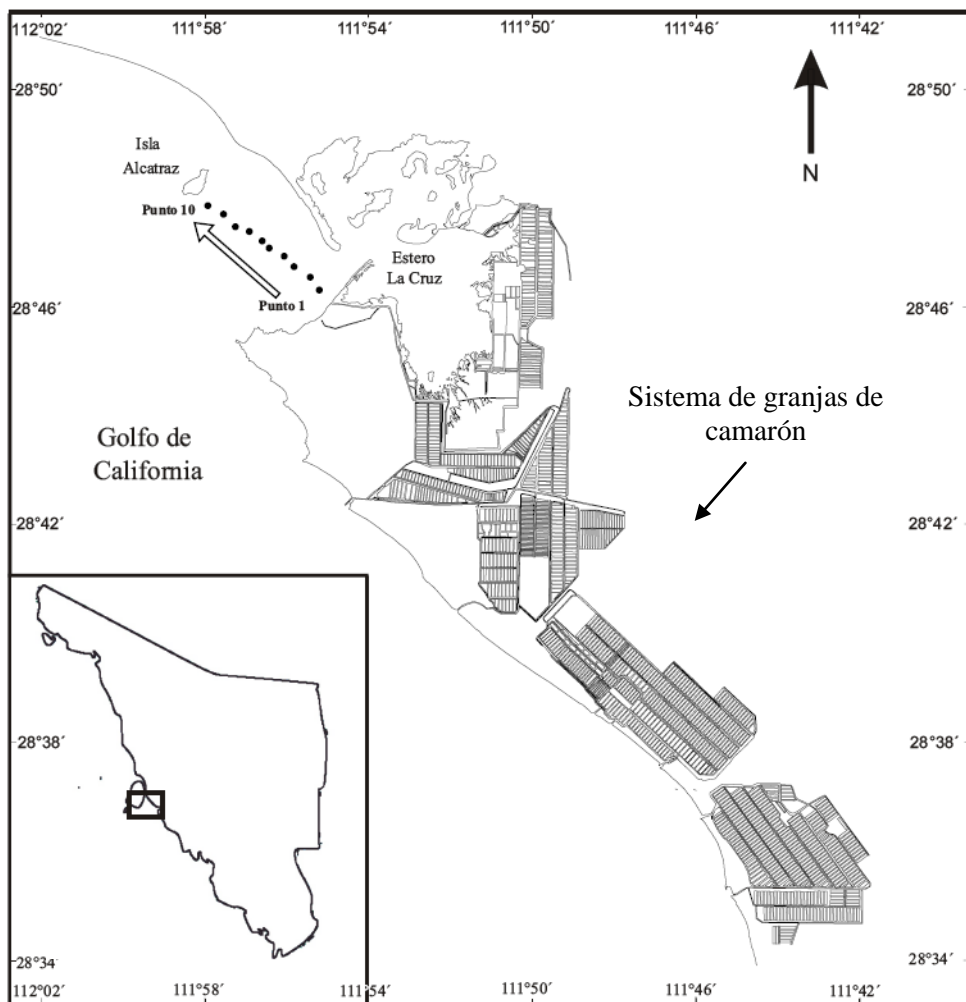


Figura 7. Sitios de muestreo (círculos) para toma de agua frente a la laguna La Cruz, Sonora.

Dentro de la laguna La Cruz se definió un área para la colecta de organismos en uno de los extremos de los canales de marea. Se determinaron 15 estaciones de muestreo sobre un transecto dentro de la laguna, mediante el uso de números al azar.

Esto se realizó con la finalidad de tener un área fija de colecta. Se tomaron aleatoriamente 30 organismos en un área de mayor densidad de almejas (Fig. 8) (Martínez-Córdova, 1985).

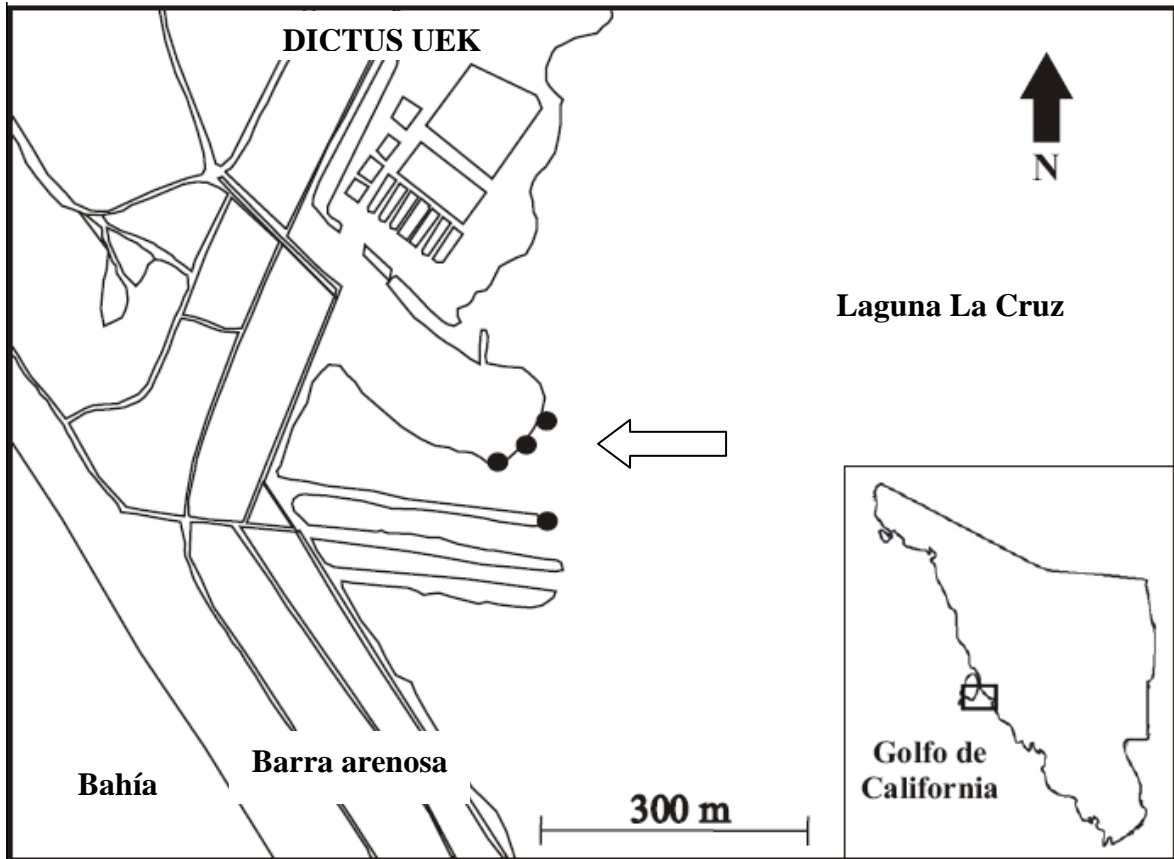


Figura 8. Puntos de muestreo de la almeja, *Chione fluctifraga*, dentro de la laguna La Cruz, Sonora. Flecha señala los lugares de muestreo.

Los muestreos se realizaron durante las fechas del verano, otoño, invierno y primavera (Tabla III). Además para análisis de conchas, se obtuvieron aleatoriamente 4 almejas de edad conocida de un cultivo piloto en la laguna La Cruz. Estas contaban con 12 meses de edad y talla máxima de 27 mm.

Tabla. III. Fechas de muestreo de este estudio dentro de la laguna La Cruz en Bahía de Kino.

ESTACIÓN DEL AÑO	FECHA DE RECOLECTA DE ALMEJAS
Verano	9 de julio de 2009
Otoño	16 octubre de 2009
Invierno	19 de febrero de 2010
Primavera	23 de abril de 2010

VI.2.1. Determinación de materia orgánica en muestras de agua.

Para determinar la materia orgánica en las muestras de agua de mar de la bahía se llevó a cabo la filtración de los 500 ml de agua colectados directamente de los puntos de muestreo. Esta se filtró a través de un filtro GFF (Glass fiber filter) de abertura a 1.0 µm. Previamente al filtrado, cada uno de los filtros fueron pesados (peso tara) y quemados en una mufla de marca Fisher a 400 °C durante cuatro horas.

Después con el agua filtrada se volvieron a colocar en la mufla durante 4 horas a 60 °C. Después de secar la muestra a 60 °C y pesarlas esta misma se colocó dentro de la mufla a 400 °C durante 8 horas. Al final del periodo la muestra se enfrió en un desecador y se registro su peso en una balanza analítica. Ya realizado este protocolo se procedió a añadir los datos adquiridos a la siguiente fórmula:

$$\text{MOP (Mg/L)} = \frac{\text{P2-P3}}{\text{VF (Lts)}} \times 1000$$

Donde:

MOP= Materia orgánica particulada

P1= Peso tara del filtro (g)*.

P2= Peso seco de la muestra a 60 °C.

P3= Peso seco de la muestra a 400 °C

VF = Volumen filtrado de la muestra (L).

*El peso tara no se consideró porque no se midieron los sólidos totales (g).

VI.2.1. Determinación de parámetros fisicoquímicos.

Se midieron la salinidad, temperatura ambiental, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y la saturación del oxígeno disuelto mediante un oxímetro de campo YSL modelo 85-10FT (YSL Incorporated Springs, Ohio 45387, USA).

VI.2.3 Medición y procesamiento de las muestras.

Una vez colectados los ejemplares, se procedió a medirlos y pesarlos en el laboratorio, se reporta la longitud en centímetros y se midieron como se ilustra en el dibujo (Fig. 9).

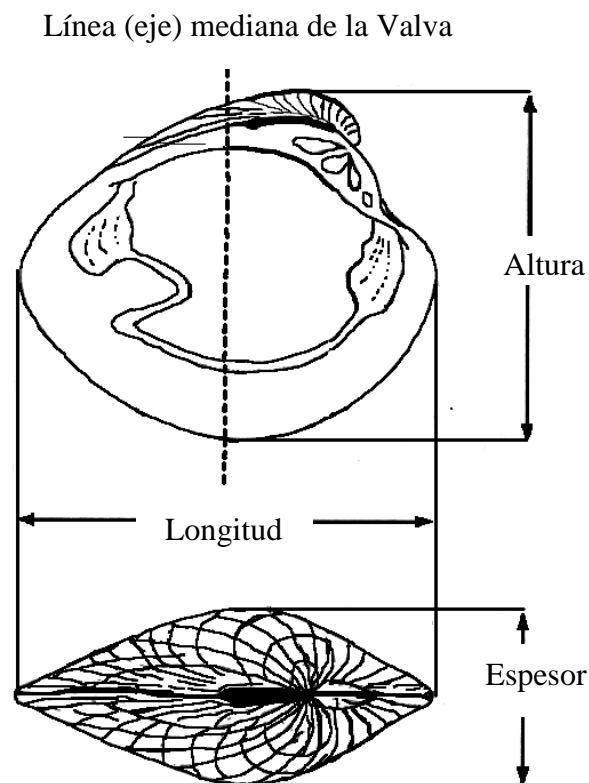


Figura 9. Dibujo que ilustra las medidas de longitud la concha de *Chione fluctifraga*. Tomado de Gutiérrez-Vázquez (2007).

Todo el animal se llevó a peso seco, durante 48h, a 60 °C en una estufa Precision Gravity Convection Oven, modelo STG-145. De esta manera se obtuvo la muestra para realizar el análisis isotópico. Al tejido seco de las almejas se le aplicó ácido clorhídrico 0.1N directamente para eliminar los carbonatos que pudieran interferir en las lecturas (Carmichael *et al.*, 2008). Aleatoriamente se tomaron tres almejas por estación del año para

realizar el análisis isotópico mediante espectroscopía de masas. Para el análisis isotópico de la muestra, se procedió a homogeneizarla con la ayuda de un mortero de ágata para su posterior empaque en tubos Eppendorf de 100 μ l. (Fig. 10).

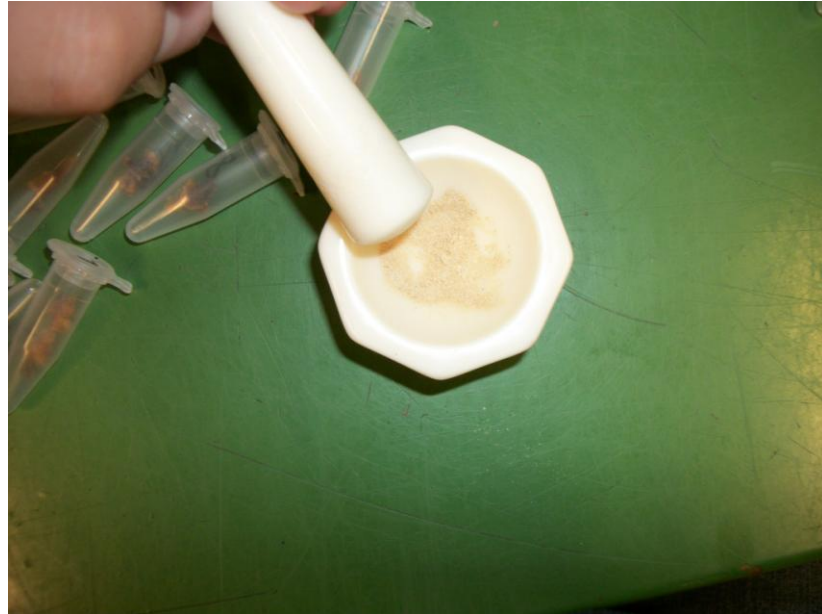


Figura 10. Mortero de ágata utilizado en el macerado del cuerpo blando seco de la almeja, *Chione fluctifraga*, para su análisis isotópico.

Para las conchas, se utilizó un taladro con broca de 1mm de espesor y se perforaron las conchas en 14 puntos, correspondientes a 14 líneas de crecimiento a partir del umbo. Después de esto, el material obtenido de la concha se depositó en viales para su posterior análisis isotópico (Figs. 11 y 12).



Figura 11. Taladro milimétrico utilizado en la obtención de muestras de concha de almeja, *Chione fluctifraga*, para análisis isotópico.

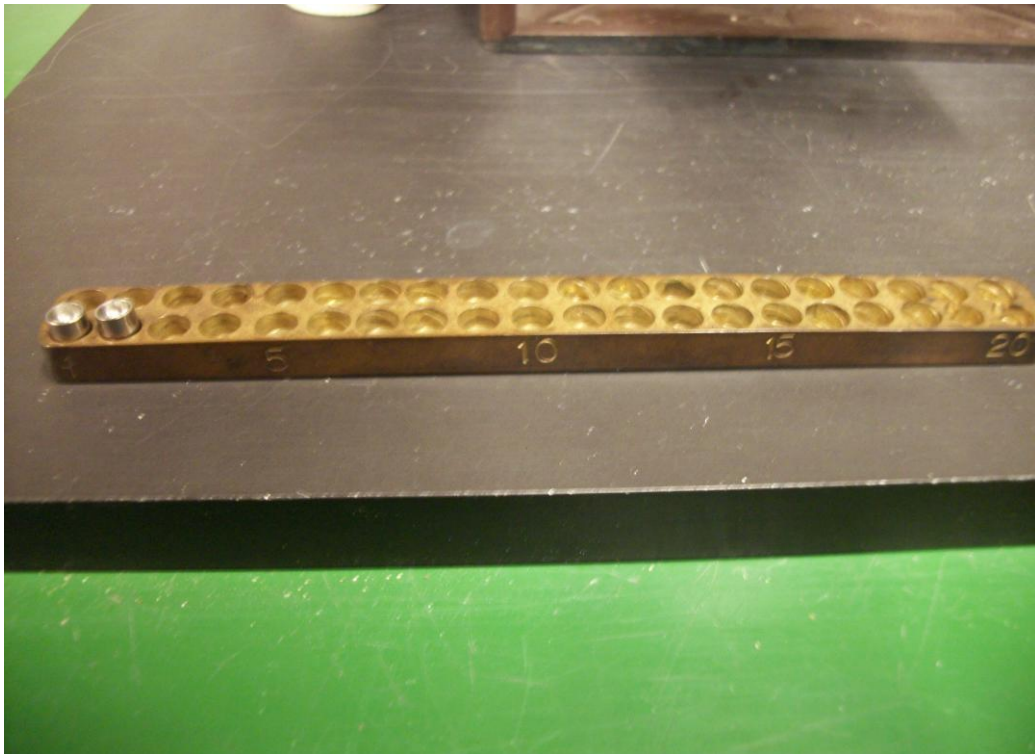


Figura 12. Viales utilizados para el análisis de concha de almeja, *Chione fluctifraga*.

VI.2.4. Análisis de isótopos estables

Una vez maceradas las muestras del cuerpo blando seco de las almejas, se procedió a empacarlas para su posterior análisis de isotopía. Para esto, se utilizaron capsulas de estaño en las cuales se depositó 1 mg del macerado del cuerpo blando de las almejas con la ayuda de una balanza analítica modelo Sartorius (Figs. 13 y 14). Las cápsulas se doblaron mediante pinzas hasta lograr un paquete compacto de 1×1mm.

La combustión de las muestras se realizó utilizando un analizador elemental (Costech) acoplado al espectrómetro de masas. Se utilizó el estándar IAEA-N-1 y IAEA-N-2 para $\delta^{15}\text{N}$, y NBS-22 and USGS-24 para $\delta^{13}\text{C}$. La precisión analítica es de ± 0.2 o mejor para $\delta^{15}\text{N}$ (1σ) y ± 0.09 o mejor para $\delta^{13}\text{C}$ (1σ), basado en análisis repetidos de estándares internos.

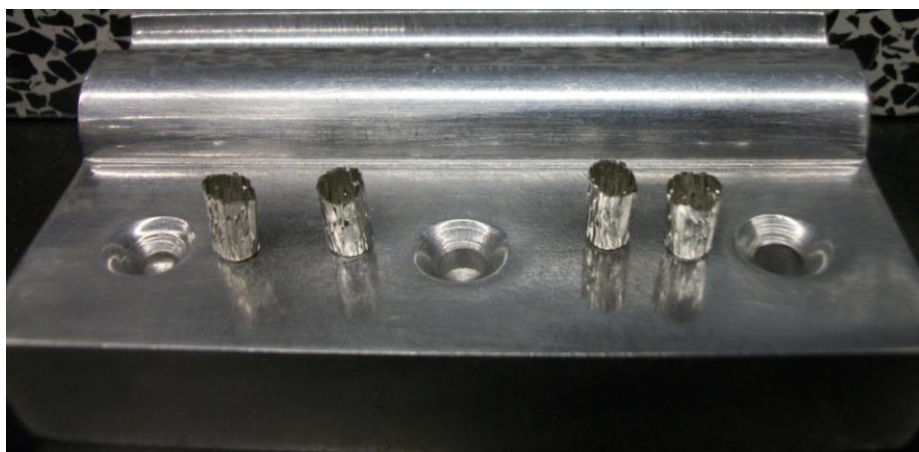


Figura 13. Cápsulas de estaño utilizadas para almacenar el macerado del cuerpo blando seco de almeja, *Chione fluctifraga*.



Figura 14. Balanza analítica utilizada para pesar el macerado de cuerpo blando seco de la almeja, *Chione fluctifraga*.

Después se procedió a la lectura en el espectrómetro de masas Finnigan Delta PlusXL. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ fueron obtenidos a partir del análisis realizado en el Laboratorio Ambiental de Isótopos en la Universidad de Arizona.

VI.2.5. Análisis estadístico

Los datos recabados en este estudio, fueron procesados mediante el paquete estadístico XLSTAT, 2010. Además fueron sometidos a una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar si eran sujetos de análisis paramétricos o no paramétricos, y de homogeneidad de varianza, prueba de Bartlett. A los datos generados en la medición de parámetros fisicoquímicos y $\delta^{13}\text{C}$ se les aplicaron una prueba no paramétrica de análisis de varianza (Kruskal-Wallis) debido a que no presentaron una distribución normal. Para los valores de materia orgánica particulada, se utilizó un análisis de varianza de un vía, al igual que para los datos de $\delta^{15}\text{N}$, esto con la finalidad de probar diferencias. Los resultados de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$, fueron sometidos a una prueba de correlación de Spearman.

VII. RESULTADOS

VII.1. Parámetros Fisicoquímicos

Mediante el análisis de Kruskal Wallis, se encontró que los valores promedio de temperatura ambiental, fueron significativamente mayores ($p=0.002$) en verano (32.13 ± 1.6 °C) y menores en invierno (17.10 ± 3.7 °C). La temperatura del agua fue más baja en invierno y demostró diferencias significativas con referencia a verano y primavera ($p=0.002$). El oxígeno disuelto demostró diferencias significativas ($p=0.026$) siendo máximo en otoño (9.6 ± 0.4 Mg/L) y mínimo en verano (4.7 ± 1.1 Mg/L).

También la saturación de oxígeno disuelto fue máximo en otoño (145.4 ± 12.9 %) y mínima en verano (74.7 ± 21.1 %) ($p=0.242$) y no presentaron diferencias. De igual manera los valores de salinidad (37-39 ups) y pH se mantuvieron constantes (8.05 ± 0.10 a 8.50 ± 0.10) y no hubo diferencias significativas para la salinidad en las estaciones de año ($p=0.489$), a diferencia de los valores de pH mostraron diferencias significativas ($p=0.005$) entre las estaciones de verano e invierno (Tabla IV).

Tabla IV. Parámetros fisicoquímicos (promedio \pm DE) obtenidos en la laguna La Cruz, Sonora. Letras diferentes entre estaciones por variable, denotan diferencias significativas ($p\leq 0.05$).

VARIABLES	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
T(°C) ambiental	32.1 ± 1.6^a	25.3 ± 5.3^b	17.1 ± 3.7^b	23.3 ± 4.8^b
T(°C) del agua	31.1 ± 1.5^a	24.4 ± 1.2^a	18.2 ± 2.0^b	24.9 ± 2.5^a
Oxígeno Disuelto (Mg/L)	4.7 ± 1.1^a	9.6 ± 0.4^b	7.4 ± 0.9^b	5.9 ± 1.5^a
Saturación de oxígeno disuelto (%)	74.7 ± 21.1^a	145.4 ± 12^c	99.4 ± 17.8^a	88.9 ± 25.4^a
Salinidad	37.9 ± 8.5^a	37.2 ± 0^a	37.8 ± 0.5^a	39.4 ± 2.0^a
pH	8.1 ± 0.1^a	8.4 ± 0.1^b	8.5 ± 0.1^b	8.2 ± 0.1^a

VII.2. Análisis Morfométricos de la Almeja *Chione fluctifraga*

Los pesos analizados estuvieron representados por un intervalo de longitud de 4.99 a 34.9 g con una frecuencia del 43 %, representada de 15 a 19.9 g (Fig. 15).

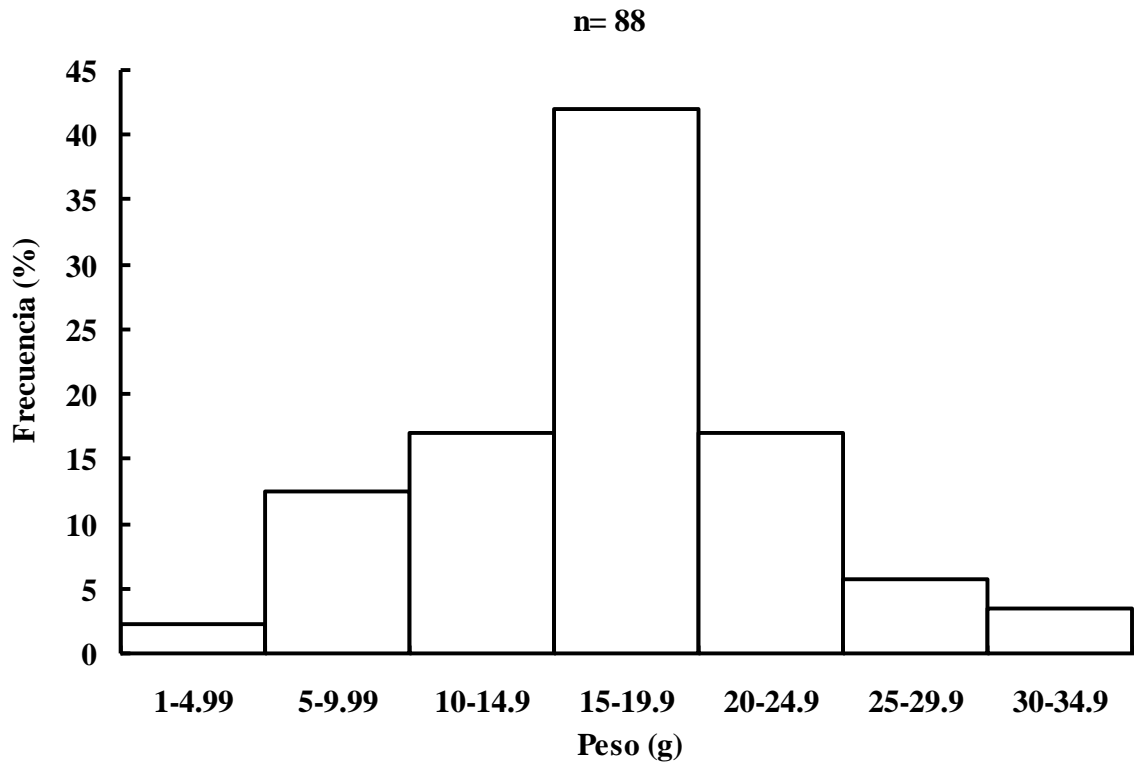


Figura 15. Intervalo de pesos de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, de la laguna La Cruz, Sonora, México.

Para la longitud de los organismos se encontró que estuvieron entre 2 y 5 cm, los intervalos con mayor frecuencia (35 %) fueron entre 3.0 a 3.49 cm, con sus mayores tallas de 4.5 a 4.99 cm (Fig. 16).

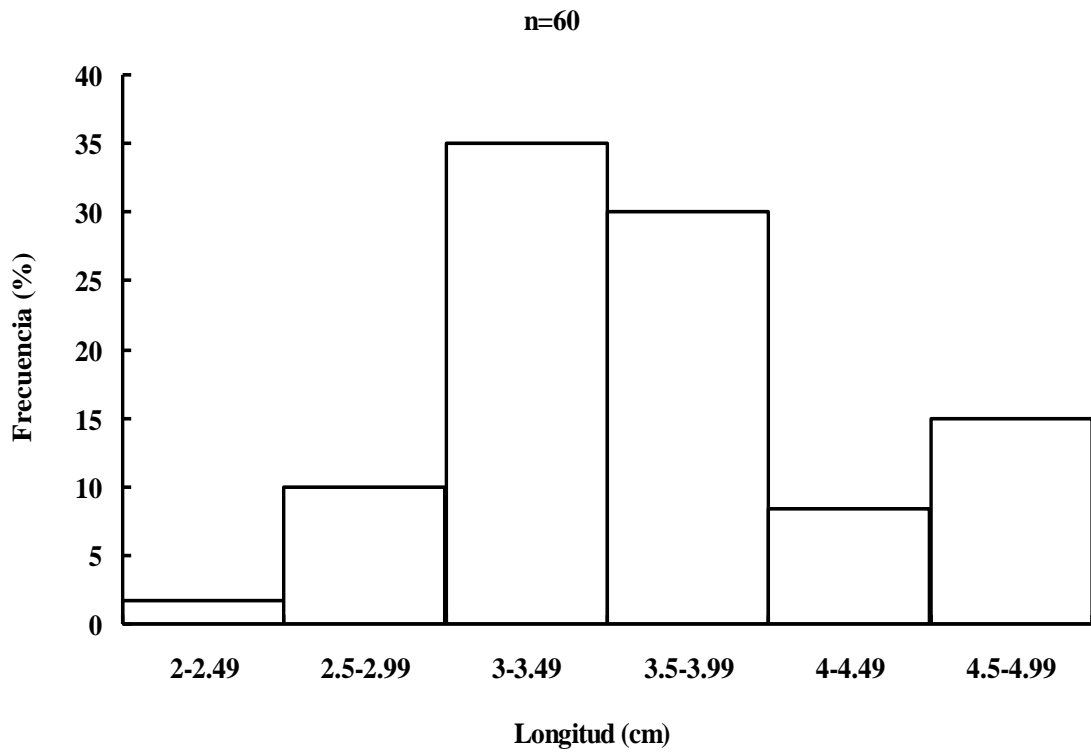


Fig. 16. Intervalo de longitud de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, de la laguna La Cruz, Sonora, México.

VII.3. Materia Orgánica Particulada

Los valores de materia orgánica particulada, MOP en el agua en la Bahía, cerca de las descargas de las granjas fueron considerablemente más altos en la estación de otoño en los puntos 4, 5, 6, 7 y 8. Para el resto de las estaciones del año y puntos de muestreo, los valores de MOP se mantuvieron casi constantes. El valor más alto de MOP fue de 21.3 Mg/L (Fig. 17) correspondiente a otoño y el más bajo en verano con 5.1 Mg/L. El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas en la estación de otoño ($p < 0.0001$) En primavera e invierno las concentraciones de MOP se mantuvieron constantes en un rango de entre 7 a 9 Mg/L.

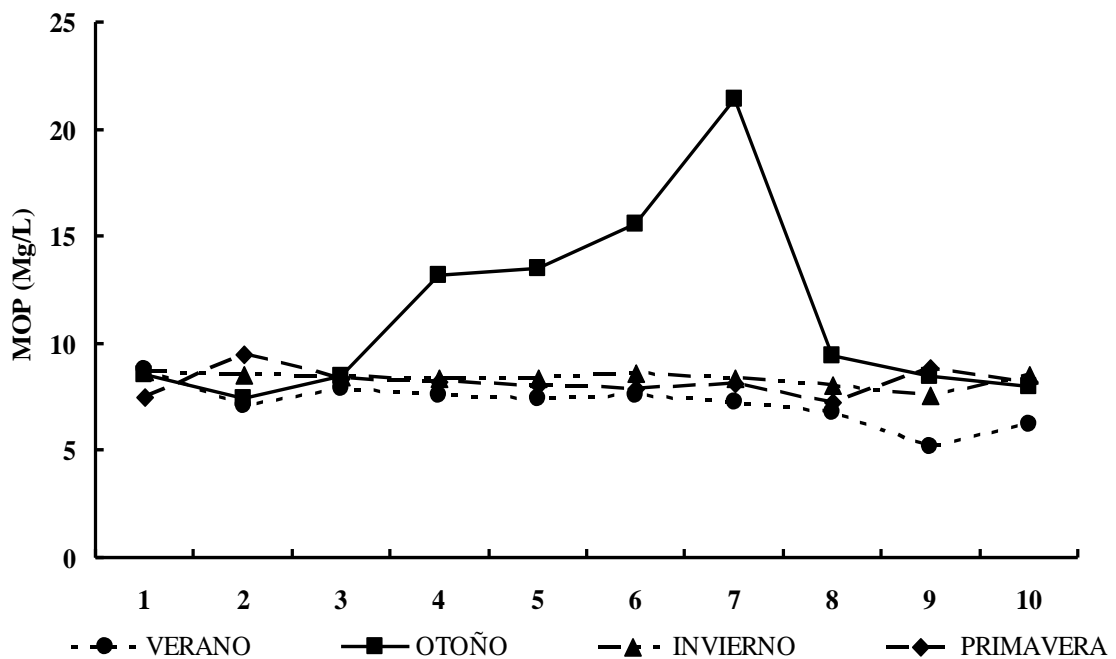


Figura 17. Variación de la materia orgánica particulada a través de las distintas estaciones del año en la Bahía de Kino Sonora, México, sobre un transecto de 10 estaciones de muestreo.

VII.4. Isótopos Estables

VII.4.1. $\delta^{13}\text{C}$

Se encontró el máximo valor $\delta^{13}\text{C}$ en la estación de primavera y el mínimo en otoño siendo los valores de δ de -15.9 ± 1.22 ‰ y de -17.3 ± 0.13 ‰ para cada una de las estaciones, respectivamente. Para la estación de verano e invierno, los isótopos se registraron entre -16.5 ± 0.59 ‰ y -16.7 ± 0.27 ‰. Se puede observar que en otoño, representaron valores mínimos de -17.5 ‰ y la prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias altamente significativas ($p = 0.002$) con valores máximos en otoño (Fig. 18).

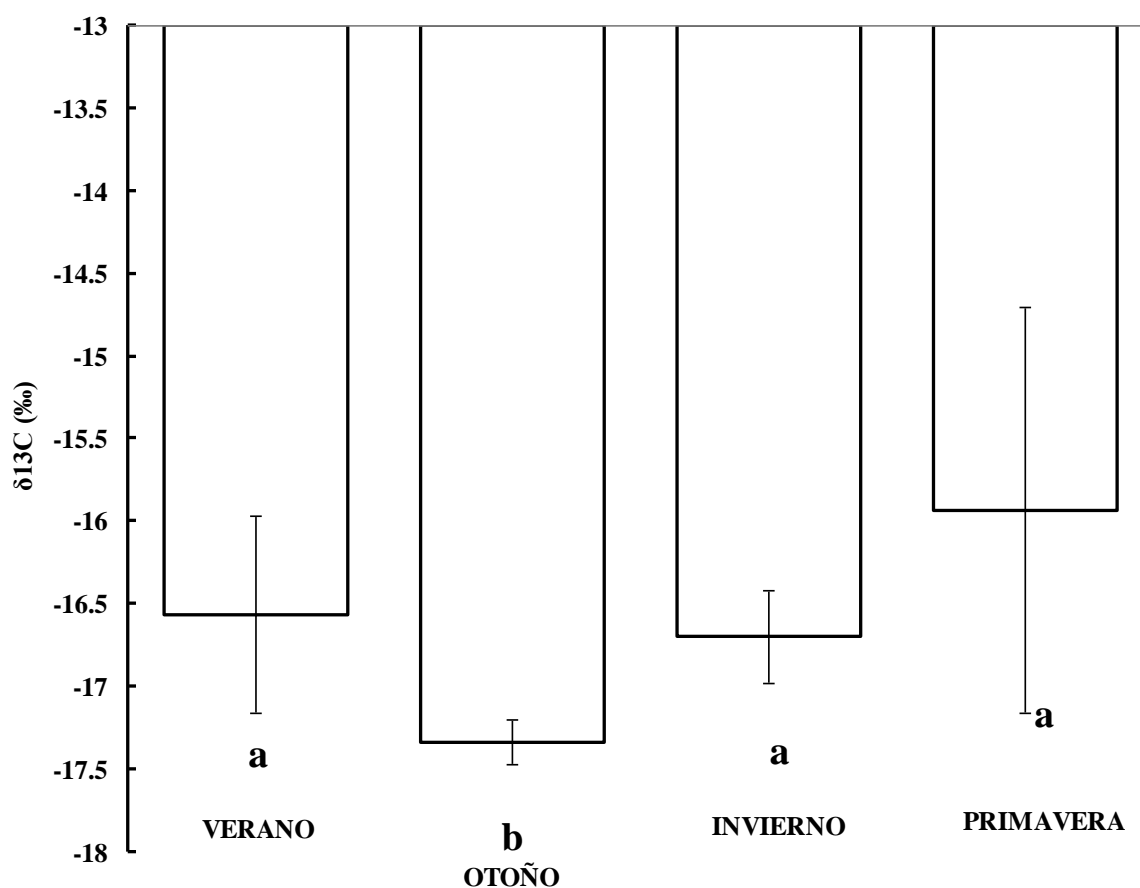


Figura 18. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados en los tejidos blandos de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, de la laguna La Cruz. Verano durante el presente estudio. Verano, 2009 a primavera del 2010. Diferentes letras indican que hay diferencias significativas entre estaciones del año ($p = 0.002$).

VII.3.2. $\delta^{15}\text{N}$

Para el $\delta^{15}\text{N}$, se encontraron que los valores máximos en las estaciones de verano y primavera con un $\delta^{15}\text{N}$ de 9.5 ± 0.26 ‰ y 9.5 ± 0.41 ‰. Fue en otoño cuando se encontró el mínimo valor de $\delta^{15}\text{N}$, 8.8 ± 0.48 ‰, seguida de la estación de $\delta^{15}\text{N}$ invierno 9 ± 0.38 ‰ (Fig. 19). El análisis de varianza demostró que no hubo diferencias significativas ($p = 0.68$) en los valores encontrados de $\delta^{15}\text{N}$ en los organismos entre las cuatro épocas del año.

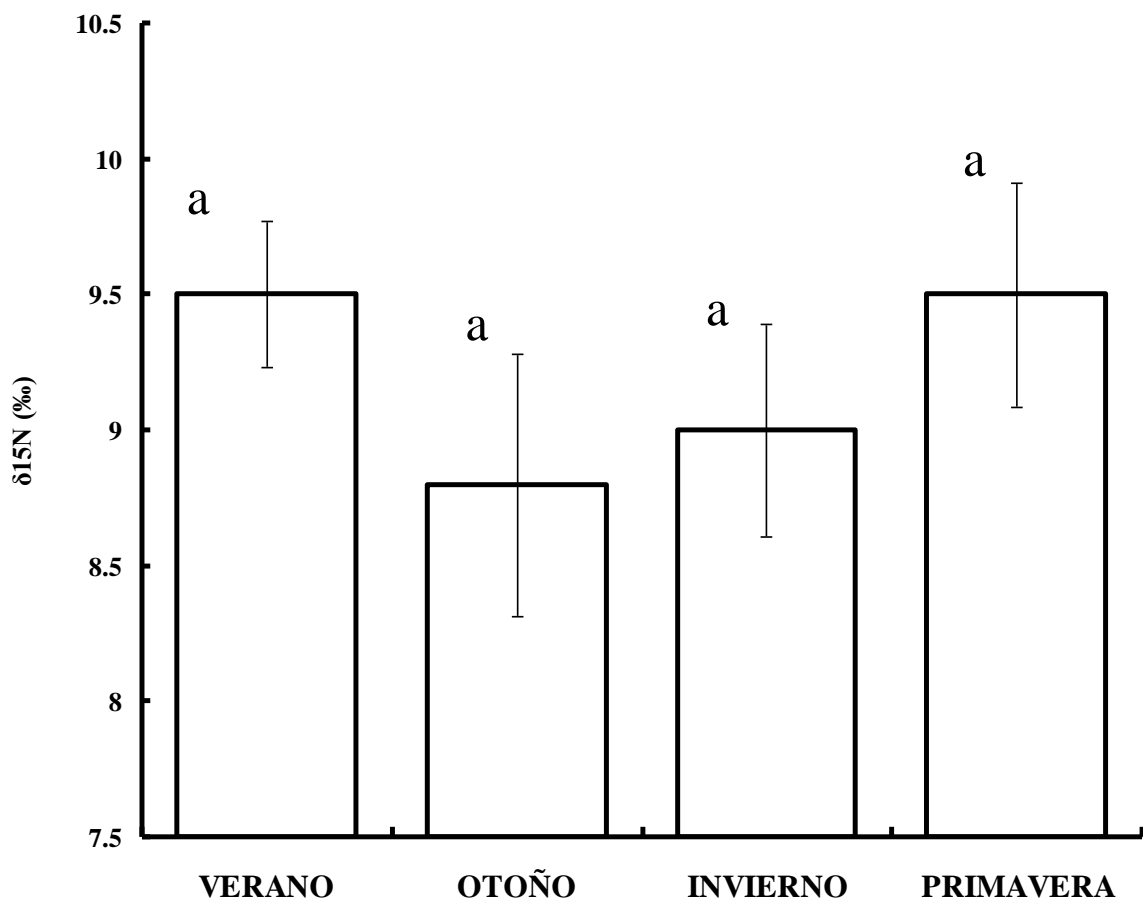


Figura 19. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ encontrados en los tejidos blandos de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, de la laguna de La Cruz, durante el presente estudio. Verano, 2009 a primavera del 2010. Letras minúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas entre estaciones del año ($p = 0.68$).

VII.4.4. $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de acuerdo al peso

No se encontró una composición isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en referencia a la diferencia en pesos de los organismos de almeja negra, *Chione fluctifraga* (Tabla V).

Tabla V. Relación de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ con el peso de la almeja *Chione fluctifraga* de la laguna La Cruz, Sonora durante 2009 y 2010. a) y b) son repeticiones del análisis del mismo organismo.

Fecha de muestreo	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	Peso total (g)
OCT09	a) -17.30	a) 8.44	8.69
	b) -17.38	b) 8.36	
OCT09	a) -17.52	a) 9.57	23.49
FEB10	a) -16.67	a) 8.90	14.13
	b) -16.77	b) 9.27	
FEB10	a) -16.90	a) 9.39	20.31
	b) -17.07	b) 8.23	
ABR10	a) -17.34	a) 8.96	17.57
	b) -16.91	b) 9.14	
ABR10	a) -15.96	a) 9.91	16.55
	b) -16.01	b) 9.26	

VII.4.5. Composición de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$

En la concha de *Chione fluctifraga*, los valores de ^{13}C a lo largo de las líneas de crecimiento variaron de 0.62 ‰ al menor valor de -0.06 ‰. Se observan valores mayores para ambos isótopos entre las líneas de crecimiento 4 y 10 del organismo, mientras que correspondieron valores bajos a las líneas de crecimiento 1 a 4 para $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$. En la línea 13 es más notorio el valor mínimo para $\delta^{18}\text{O}$. En relación con el $\delta^{13}\text{C}$, el valor más alto fue de 0.61‰, mientras que el menor fue -1.21 ‰ (Fig. 20).

Los valores de correlación de Spearman ($\rho = 0.03$, $p = 0.09$) indicaron que no se encontró relación entre el $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$.

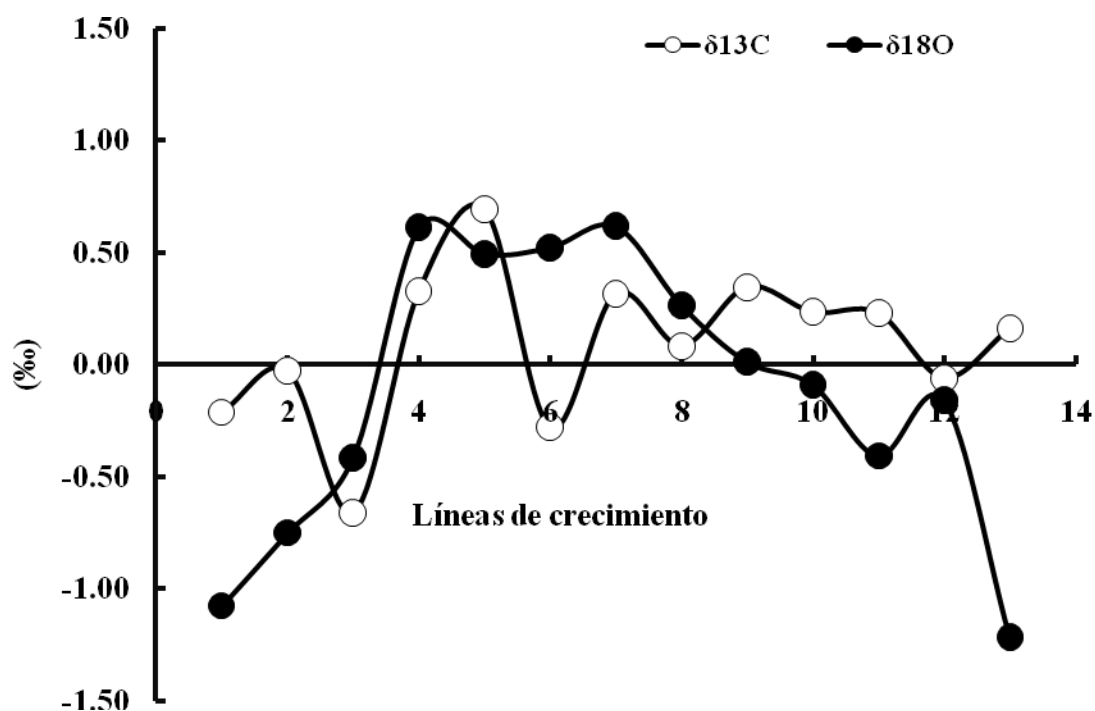


Figura 20. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en líneas de crecimiento de la concha de un organismo de 2.0 cm de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, de la laguna La Cruz, Sonora.

En el otro organismo, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ a lo largo de las líneas de crecimiento de la concha estuvieron en 0.91 ‰ y el menor -0.03 ‰, mientras que los de $\delta^{18}\text{O}$ fueron máximo de 0.63 y mínimo de -1.37 (Fig. 21).

Los valores de correlación de Spearman ($\rho = 0.2$ y $p = 0.14$) indicaron que tampoco se encontró relación entre el $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$.

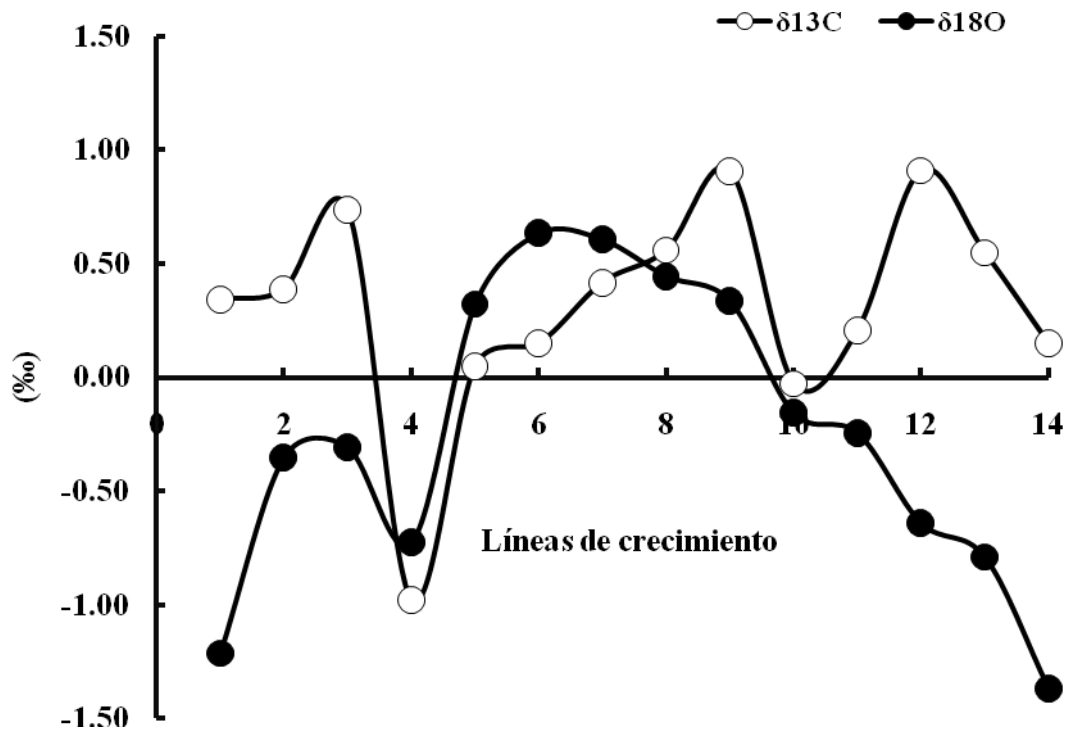


Figura 21. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ en líneas de crecimiento de un organismo de 2.5 cm de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, la laguna La Cruz, Sonora.

Con relación a los valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre los organismos analizados, se observa un patrón definido, ya que los valores mínimos se presentaron en las líneas 1 a 4, los máximos de la línea 5 a la 10 y los mínimos de la línea 11 a 14 (Fig. 22). Estos valores correlacionaron positivamente ($\rho=0.61$, $p=0.04$).

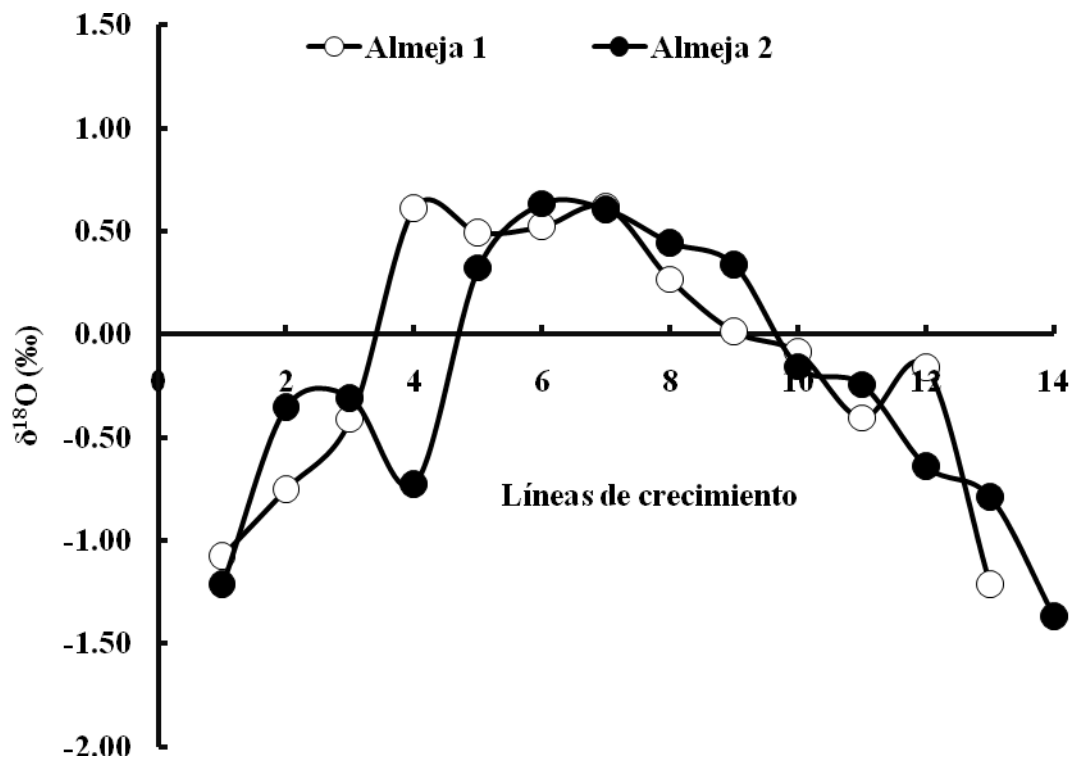


Figura 22. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ encontrados en las conchas de dos organismos de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, la laguna La Cruz, Sonora.

De los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre los organismos analizados se observa que no existe un patrón definido, lo cual se denota por la ausencia de un valor significativo de correlación ($\rho = -0.39$, $p = 0.22$) (Fig. 23).

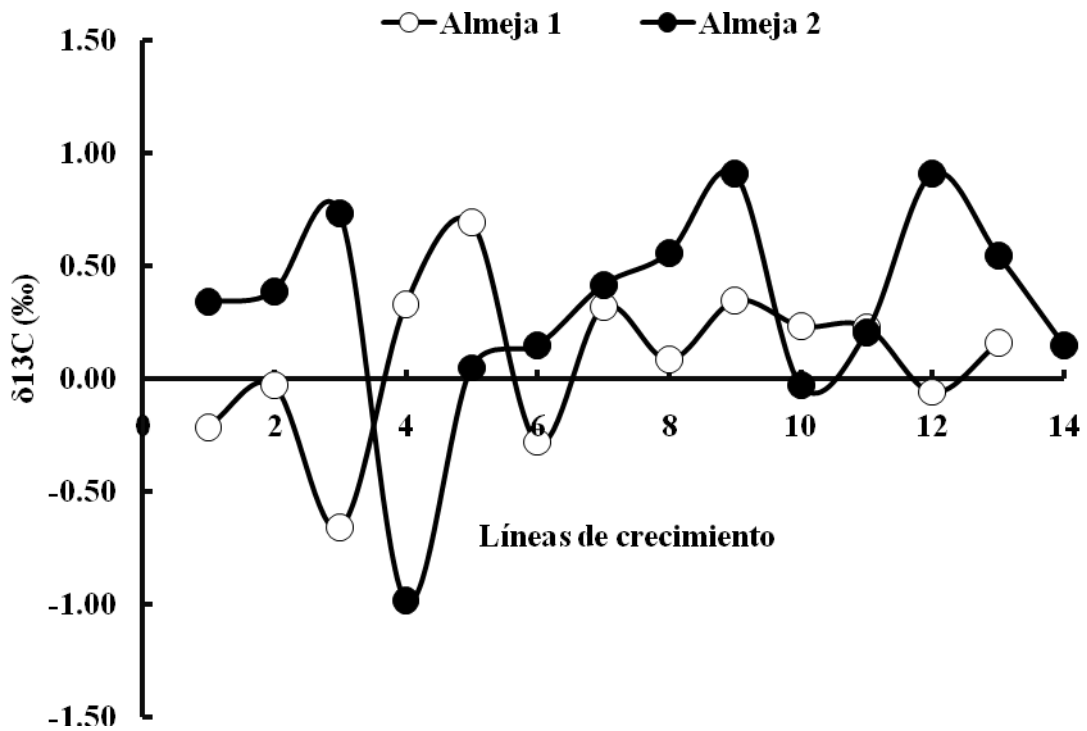


Figura 23. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ en las conchas de dos organismos de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, la laguna La Cruz, Sonora.

VIII. DISCUSIÓN

En el presente trabajo, se ha estudiado un organismo bentónico de la Laguna la Cruz, Sonora, un ecosistema costero del Golfo de California, que al igual que otros que se encuentran a lo largo de las costas, posee una gran importancia ecológica, ya que sirve de centro de reproducción y maternidad para un gran número de especies (Grijalva-Chon *et al.*, 1996; Carlier *et al.*, 2009). Además, es utilizado para sistemas de cultivo de ostión y también sostiene pesquerías artesanales de *Chione fluctifraga* y otras especies de almeja del género *Anadara* spp, *Dosinia* sp, entre otras. Es por esto que cobra importancia dicho ecosistema no solo para las especies en su conjunto, sino que también algunos grupos sociales.

La importancia del análisis de ecosistemas debe ser hoy en día una preocupación constante, ya que pueden llevarse a cabo cambios importantes en su hidrología y parámetros a lo largo del tiempo. Los valores encontrados para los parámetros fisicoquímicos en la laguna costera La Cruz concuerdan con los datos de Grijalva-Chon *et al.*, (1996) y Leal-Soto (2010). Se observa que el patrón estacional de temperatura y salinidad no ha cambiado notoriamente. Dentro de este ecosistema dichas variables son muy contrastantes con las estaciones del año. Ketchum (1983) señala que éstas principalmente dependen localmente de la región y sus características predominantes del clima y la oceanografía costera. Los valores más cambiantes en la laguna La Cruz fueron la temperatura, saturación de oxígeno disuelto y el oxígeno disuelto, permaneciendo la salinidad relativamente constante.

Fue en las estaciones de otoño e invierno cuando se encontraron los máximos valores de las temperaturas del agua. En otoño fue donde la mayor cantidad de materia orgánica se presentó, en la cual también se observó la mayor concentración de oxígeno. En las estaciones de primavera y verano se encontró que la temperatura ambiental y del agua en los puntos más elevados. Estos valores han sido reportados por Grijalva-Chon *et al.*, (1996) y se observa el mismo patrón cambiante en la laguna La Cruz.

Por su parte, el conocimiento y el manejo de herramientas para determinar los destinos que siguen los diferentes elementos en ambientes costeros, se ha ido incrementando desde que los problemas de origen antropogénico empezaron a tener efectos de diversas índoles como es el impacto a la biota. Así, el manejo de la isotopía estable como herramienta, ha dejado en claro que esta técnica ha llevado a establecer de manera más clara dentro de los ecosistemas los cambios y procesos que se siguen a través

de los isótopos de carbono, nitrógeno y oxígeno en distintos niveles (Guerrero *et al.*, 2000; Lorrain *et al.*, 2002; Salvatrice *et al.*, 2005; Charmichel *et al.*, 2008).

Al igual que muchos otros ecosistemas en el mundo y en nuestro país, la laguna La Cruz, ha venido siendo impactada por actividades de carácter antropogénico, principalmente la acuicultura (Páez-Osuna, 2003; Martínez-Córdova, 2009). Las granjas camaronícolas desarrollan un canal de llamada y un canal de salida que poseen altos contenidos de materia orgánica. Esta materia puede tener un efecto sobre la biota que habita estos lugares (Rodríguez-Valencia *et al.*, 2010). En el caso de este estudio, los efluentes de la camaronicultura no son vertidos dentro del sistema lagunar (GIIMB, 2007), pero pueden ser acarreados dentro de la laguna La Cruz debido a la hidrodinámica de esta. Los isótopos estables de C y N son una herramienta valiosa para elucidar el origen de la materia orgánica en el sistema lagunar y la relación que puede haber con las descargas de las granjas camaronícolas (Peterson y Fry, 1987).

La almeja negra, *Chione fluctifraga*, es un organismo bentónico que habita en la laguna La Cruz. Esta especie, dado sus hábitos alimenticios, se alimenta principalmente de material en suspensión de la columna de agua y organismos planctónicos (Meglitsch, 1978; Brusca, 1973; Hickman, 2006).

En el material en suspensión del agua hay fitoplancton, zooplancton y materia orgánica. Esta última puede provenir de distintas fuentes, como plantas y animales que han entrado en estado de descomposición, así como la materia orgánica proveniente de las granjas camaronícolas de las actividades agrícolas y de zonas urbanas adyacentes a estos lugares (Páez-Osuna 2003; Vander-Zanden *et al.*, 2005; Martínez-Córdova, 2009). Con ellos se puede relacionar el origen de la materia orgánica y el efecto que el contenido de N está teniendo en los organismos de un ecosistema impactado por descargas de materia orgánica.

En este trabajo se encontró que el intervalo de $\delta^{13}\text{C}$ en la almeja, *Chione fluctifraga*, fue muy amplio y diferente al reportado para organismos en la literatura. Las fuentes naturales que podrían incorporar grandes cantidades de carbono dentro de la laguna La Cruz son diversas. La única fuente antropogénica que podría estar incidiendo sobre esta variación en el contenido de C y N es la acuicultura, ya que, no existe ninguna otra actividad de carácter antropogénico dentro del área geográfica donde se localiza este ecosistema.

El origen, la fuente y la estacionalidad de la composición isotópica, deben ser trazados y comparados con valores establecidos en trabajos relacionados con especies

marinas. Por ejemplo, para moluscos bivalvos, Jara-Marini (2008) reportó valores de $\delta^{13}\text{C}$ en un intervalo de -26.60 a -18.60 ‰ en ostiones y de -27.79 a -18.25 ‰ en mejillones, dos organismos filtradores colectados en el sistema lagunar Estero de Urías, en Mazatlán, Sinaloa.

En este estudio los valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaron de -17.32 a -15.96 ‰ indicando que no hay mucha variación en las fuentes de carbono entre las estaciones en la laguna La Cruz. Esto pudiera indicar que esta fuente permanente es lo suficientemente elevada como para proveer de materia orgánica al ecosistema durante todo el año. Considerando que las eficiencias alimenticias de las granjas camaronícolas son bajas y se refleja en el alto contenido de materia orgánica en sus aguas de descarga. Esta pudiera ser la fuente de materia orgánica que se mencionó. Esto refuerza que los moluscos bivalvos como indicadores de cambios en el medio ambiente, pueden constituir centinelas de los ecosistemas para propósitos de análisis de impacto ambiental, por ejemplo *Chione fluctifraga* (Charmichel *et al.*, 2008).

Serrano-Grijalva *et al.*, (2011) en un estudio de impacto de granjas en el sur de Sonora, demostraron que al verse agotadas las fuentes de carbono natural, pueden ser sustituidas por las que provienen de las descargas de granjas. El $\delta^{13}\text{C}$ en la almeja, *Chione fluctifraga*, podría indicar la existencia de otras fuentes de las cuales este organismo asimila el carbono, ya que los valores encontrados no correspondieron a las fuentes naturales dentro de los reportados en la literatura.

Las fuentes naturales que podrían proporcionar grandes cantidades de carbono dentro de la laguna La Cruz son diversas, pudiendo corresponder a la descomposición de los aportes de origen vegetal como las halófitas y el manglar circundante. La fuente no natural que podría proporcionar concentraciones altas de carbono, apunta hacia la actividad de las granjas de camarón, en el área de influencia marina de la laguna La Cruz, ya que no existe otra de carácter antropogénico.

La composición isotópica de N es una característica de la posición del organismo dentro de la trama trófica (Cabana y Rasmussen, 1984). En este estudio, los valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$ en la almeja (intervalo de 8.8 a 9.5 ‰) fueron superiores a los reportados en otros estudios para filtradores bivalvos. Por ejemplo, Jara-Marini (2008) reportó $\delta^{15}\text{N}$ con valores de 8.6 ‰ para ostión y de 8.8 ‰ en mejillones colectados en el Estero de Urías, en Mazatlán, Sinaloa.

Los organismos analizados de la laguna La Cruz, se encuentran en un rango de pesos de 15 a 20 g con respecto al peso y de 3 a 4 cm de longitud lo que nos indicó que la

mayor parte de las almejas analizadas en este trabajo, fueron almejas adultas. La especie objeto de estudio tiene una importancia pesquera regional. Es importante conocer todos los aspectos posibles tanto biológicos como potenciales al respecto de la especie, ya que este organismo posee una gran capacidad de cultivo (Hoyos-Cháirez, Com. Pers.) y es producto de consumo a nivel nacional como internacional, ya que actualmente se exporta del alto Golfo de California a EUA.

Los organismos en la laguna La Cruz como en cualquier otro sistema costero, son muy susceptibles a los cambios medioambientales (Ketchum, 1983; Charmichael *et al.*, 2008) que pueden ser grabados en la concha de éstos y se quedan registradas las marcas y pueden ser estacionales o bien anuales con los isótopos de ^{18}O y ^{13}C , (González y Civis, 2000). De esta manera se pueden llevar a cabo perfiles en las marcas isotópicas de las variaciones anuales que los organismos perciben a lo largo de su vida. Este tipo de estudios se realiza principalmente en fósiles, con el afán de reconstruir o conocer las variaciones en las temperaturas en eras geológicas pasadas (Gonzales y Civis, 2000; Guerrero *et al.*, 2000).

En la almeja negra se encontró una notable variación en los valores de oxígeno y carbono de las líneas de crecimiento lo cual indica lo variable y complejo del sistema. La variación se dio entre las líneas 3 a 9 lo cual se puede interpretar como la incorporación de oxígeno proveniente de la misma fuente en determinada edad del organismo (González y Civis, 2000).

Los conocimientos generados en este estudio, pueden dar pie a otros con otras especies del macrobentos como grupo de organismos indicadores de cambios en la cadena trófica y de cambios en el flujo de nutrientes, pero se requiere de un mayor esfuerzo y de recursos para establecer plenamente las condiciones actuales de impacto sobre todo el ecosistema.

IX. CONCLUSIONES

Se determinó que las granjas camaronícolas están teniendo un efecto sobre la almeja, *Chione fluctifraga*, debido a que la composición isotópica de este organismo mostró un enriquecimiento de ^{13}C , ^{15}N y ^{18}O .

Los valores encontrados para los parámetros fisicoquímicos demostraron un patrón estacional de temperatura y salinidad. Dentro de este ecosistema dichas variables son muy contrastantes con las estaciones del año.

La mayor concentración de materia orgánica se encontró en otoño de 2009 y esto correspondió con la época de la descarga de las granjas.

Se encontró que no existe relación entre la composición isotópica de la almeja negra, *Chione fluctifraga* y los pesos de este organismo.

Las altas concentraciones de ^{13}C encontrados en los cuerpos blandos de este estudio, indican que *Chione fluctifraga* podría haber cambiado sus fuentes de alimentación, debido a la actividad acuícola. Los valores encontrados para ^{15}N , indicaron que existe un efecto de la actividad acuícola sobre la almeja *Chione fluctifraga*.

Las variaciones en la composición isotópica de C y O encontrados en las conchas de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, indica que este organismos incorpora estos elementos de la misma fuente.

X. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un análisis sobre la composición de isótopos de C y N sobre los distintos organismos de la biota en el estero La Cruz y ecosistemas aledaños.

Realizar análisis de isótopos de C y N en sedimentos, agua, materia orgánica además componentes de la trama trófica dentro de la laguna La Cruz, para tener una mayor comprensión de los fenómenos que suceden en esta.

Realizar muestreos mensuales de sedimentos, agua, materia orgánica y organismos de la trama trófica.

Realizar análisis de isótopos de C y N en efluentes de granjas de camarón, para conocer la composición isotópica de ésta.

Realizar análisis de isótopos de C y N sobre el alimento balanceado de camarón que es utilizado durante los ciclos de cultivo.

Realizar análisis de isótopos de C y N de los camarones de cultivo para reconocer el enriquecimiento isotópico en éste.

XI. LITERATURA CITADA

- Alonso-Rodríguez, R., F. Páez-Osuna, 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* 40:331-339.
- Bannon, R. O. y C. T. Roman, 2008. Using stable isotopes to monitoring anthropogenic nitrogen inputs to estuaries *Ecological Applications* 18 :22-30.
- Barros, G. V., L. A. Martinelli, T. M. Oliveira-Novais, J. P. Ometto, G. M. Zuppi. 2010. Stable isotopes of bulk organic matter to trace carbon and nitrogen dynamics in an estuarine ecosystem in Babitonga Bay (Santa Catarina, Brazil). *Science of the Total Environment* 408:2226-2232.
- Brusca, R. C., 1973. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. U.S.A. 427 pp.
- Cabana, G. y J. B. Rasmussen. 1994. Modelling food chain structure and contaminant bioaccumulation using stable nitrogen isotopes. *Nature* 372:255-257.
- Carlier, A., P. Riera, J. M. Amouroux, J. Y. Bodiou¹, M. Desmalades, A. Grémare. 2009. Spatial heterogeneity in the food web of a heavily modified Mediterranean coastal lagoon: stable isotope evidence. *Aquatic Biology* 5: 167–179.
- Carmichael, R. H. 2004. Effects of eutrophication on *Mya arenaria* and *Mercenaria mercenaria*: growth, survival, and physiological responses to changes in food supply and habitat in estuaries receiving different N loads. PhD thesis, Boston University, Boston 250 pp.
- Charmichael, R. H., T. Hattenrath, I. Valiela y R. H. Michener. 2008. Nitrogen stable isotopes in the shell of *Mercenaria mercenaria* trace wastewater inputs from watersheds to estuarine ecosystems. *Aquatic Biology* 99:99-111.
- Chase, M. E, S. Jones, P. Hennigar, J. Sowles. 2001. Gulf Watch: monitoring spatial and temporal patterns of trace metal and organic contaminants in the Gulf of Maine (1991-1997) with blue mussel *Mytilus edulis* L. *Marine Pollution Bulletin* 42:491-505.
- CONAPESCA. 2008. Anuario Estadístico de Pesca, 2008. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México DF.
- De La O-Villanueva, M. y A. I. Villalba-Atondo. 1984. Estudio sedimentológico interior y geología aledaña de la laguna costera la cruz, Bahía de Kino, Sonora, y su relación con la distribución de organismos bentónicos (Bivalvos). Tesis profesional. Depto de Geología, UniSon., 126pp.
- Deegan, L. A. y A. Garrit. 1997. Evidence for spatial variability in estuarine food webs. *Marine Ecology Progress Series* 147:31-47.

- Dolenec, T., S. Lojen, G. Kniewald, M. Dolenec y N. Rojan. 2006. Nitrogen stable isotope composition as a tracer of fish farming in invertebrates *Aplysina aerophoba*, *Balanus perforatus* and *Anemonia sulcata* in central Adriatic. *Aquaculture* 262:237-249.
- Durako, M. J. y M. O. Hall, 1992. Effects of Light on the stable carbon isotope composition of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Marine Ecology Progress Series* 86:99-101.
- Fischer, W. C., S. Schneider, K. E. Carpenter y V. H. Niem, 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Ed. 2:99-222 pp.
- García-Domínguez, F., G. García-Melgar y P. Gonzáles-Ramírez. 1993. Ciclo reproductivo de la almeja roñosa, *Chione californensis* (Broderip, 1835) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 19:15-28.
- Gartner, A. P. Lavery, A. J. Smith. 2002. $\delta^{15}\text{N}$ signatures of different functional forms of macroalgae and filter-feeders to reveal temporal and spatial patterns in sewage dispersal. *Marine Ecology Progress Series* 235:63-73.
- GIIM, 2007. Determinación de Agentes Causales de Alta Mortalidad en los Cultivos del Ostión Japonés, *Crassostrea gigas*, de las Costas de Sonora. CONAPESCA. 147pp.
- Gonzales-Delgado, J. A. J. Civis. 2000. Ciclicidad estacional en perfiles de isótopos de C y O de *Megacardita jouanneti* del Tortoniense superior de Cacela (Algarve, Portugal) y Arroyo Trujillo (Sevilla, España). *Ciencias da Terra (UNL) Lisboa* 14:297-302.
- Grijalva-Chon, J. M. S. Núñez-Quevedo, R. Castro-Longoria. 1996. Ictiofauna de la Laguna Costera La Cruz, Sonora, México. *Ciencias Marinas* 22:129-150.
- Guerrero, R. y M. Berlanga. 2000. Isótopos estables: fundamentos y aplicaciones. *Actualidad SEM*. 30:17-23.
- Gutiérrez-Vázquez, I. 2007. Maduración y obtención de semilla de la almeja negra, *Chione fluctifraga*, (BIVALVIA: VENERIDAE) de las costas de Sonora, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Sonora 78 pp.
- Hickman, C. 2006. Principios Integrales de Zoología. Mc Graw Hill. Madrid, España. 1022 pp.
- Hoefs, J. 2009. Stable isotope Geochemistry. University of Göttingen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 285pp.
- Jacob, U., K. Mintenbeck, T. Brey, R. Knust, B. Beyer. 2005. Stable isotope food web studies: a case for Standardized sample treatment. *Marine Ecology Progress Series* 287:251-253.

- Jara-Marini, M.E. 2008. Fraccionamiento y transferencia de metales pesados desde los reservorios abióticos a la trama trófica en el sistema lagunar Estero de Urias, Mazatlán, Sinaloa. 315 pp.
- Kauppila, P., K. Weckström, S. Vaalgamaa, A. Korhola, H. Pitkänen, N. Reuss. S. Drew. 2005. Tracing pollution and recovery using sediments in an urban estuary, northern Baltic Sea: are we far from ecological reference conditions?. *Marine Ecology Progress Series* 290:35–53.
- Ketchum, B. W. 1983. *Estuaries and enclosed seas*. Elsevier Science Publications, Chapter 6: 151-182.
- Leal-Soto, S. D. 2010. Análisis del crecimiento del callo de hacha, *Atrina maura*, en la Bahía Kunkaak el Estero La Cruz, Sonora, México. DICTUS. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 120pp.
- Lepoint, G., P. Dauby y S. Gobert. 2004. Applications of C and N stable isotopes to ecological and environmental studies in seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 49:887-841.
- López Cortes, D. J., I. Garate-Lizárraga, J. J. Bustillos Guzmán, R. Alonso Rodríguez y I. Murillo-Murillo. 2003. Variabilidad del estado trófico y la biomasa del fitoplancton de bahía concepción, golfo de California (1997-1999). *Hidrobiológica* 13:195-206.
- Lorrain, A., Y. M. Paulet, L. Chauvaud, N. Savoye, A. Donval y C. Saout. 2002. Differential $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ signatures among scallop tissues: implications for ecology and physiology. *Journal of Experimental Biology and Ecology* 225:47-61.
- Martínez-Córdova, L. R. 1985. Abundancia y distribución por talla de almeja, *Chione fluctifraga*, en distintos tipos de sedimentos en el Estero la Cruz, Sonora. *Ciencias Marinas* 13:25-33.
- 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* 25:181-196.
- McClelland, J. W., I. Valiela y R. Michener. 1997. Nitrogen-stable isotope signatures in estuarine food webs: a record of increasing urbanization in coastal watersheds. *Limnology and Oceanography* 42:930–937.
- McKinney, R. A., J. L. Lake, M. A. Charpentier y S. Ryba. 2002. Using mussel isotope ratios to assess anthropogenic nitrogen inputs to freshwater ecosystems. *Environ Monit Assess* 74:167–192.
- Meglitsch, P. A., 1978. *Zoología de los invertebrados*. H. Blume Ed. Madrid, España. XVIII + 96 pp.
- Páez-Osuna, F., A. Gracia, F. Flores-Verdugo, L. P. Lyle-Fritch, R. Alonso-Rodríguez A. Roque y A. C. Ruiz-Fernández. 2003. Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Marine. Pollut. Bull.* 46:806-815.

- Peterson, B. J., B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review Ecology Systems* 18:293–320.
- Raimundo, J., C. Vale, M. Caetano, R. Cesário, I. Moura. 2009. Total lead and its stable isotopes in the digestive gland of *Octopus vulgaris* as a fingerprint. *Journal of Aquatic biology* 6: 25-30.
- Rodríguez, C. A., K. W. Flessa, M. A. Tellez-Duarte, D.L. Dettman y G.A. Avila-Serrano, 2001. Macrofaunal and isotopic estimates of the former extent of the Colorado River estuary, upper Gulf of California, Mexico. *Journal of Arid Enviroments* 10:8-45.
- Rodríguez-Valencia, J. A., D. Crespo y M. López-Camacho. 2010. La camaronicultura y la sustentabilidad del Golfo de California. WWF. 13 p.
- Santos Baca, L. 2008. Evaluación de los hábitos de alimentación de la tortuga verde, *Chelonia mydas*, en Bahía Magdalena, BCS, México, utilizando la técnica de isótopos estables. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur, México. 79pp.
- Schone, B., K. Flessa, D. Dettman, D. Goodwin. 2003. Upstream dams and downstream clams: Growth rates of bivalves mollusk unveil impact of river management on estuarine ecosystems (Colorado River Delta, Mexico). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 58:715-726.
- 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.
- Smoot, R. C. Price, J. y R. G. Smith. 1988. Química un curso moderno. Merrill Publishing CO. Columbus Ohio. 664 pp.
- Stuardo, J. y C. Valdovinos. 1989. Estuarios y Lagunas Costeras: Ecosistemas importantes del Chile Central Ambientes y Desiertos. 1:107-115.
- Valiela, I. 2006. *Global Coastal Change*. Blackwell publishing, Malden, M. A. Jakevanderzanden, M., Y. Vandeboncoeur, M. Diebel y E. Jeppesen.
- Vander-Zanden, M. J. y M.W. Vadeboncour, E. Diebel. Jeppesen. 2005. Primary Consumer Stable Nitrogen Isotopes as Indicator of Nutrient Source. *Environmental Science Technology* 39:7509-7515.
- Villalba-Atondo, A. y M. De la O-Villanueva. 1985. Sedimentología de las Lagunas Costeras del Estado de Sonora, México. *Boletín del Departamento de Geología. UniSon* 63-75pp.
- Villee, C. A. 1996. *Biología*. Mc Graw Hill. México. 1996. 1193 pp.
- Vizzini, S., B. Savona, T. D. Chi y A. Mazzola. 2005. Spatial variations of stable carbon and nitrogen isotope ratios in a mediterranean coastal lagoon. Structure, function and ecosystem alterations in southern European coastal lagoons. *550:73-82*.

- VoB. M. G. Nausch, J. P. Montoya. 1997. Nitrogen stable isotope dynamics in the central Baltic Sea: influence of deep-water renewal on the N-cycle changes. *Marine Ecology Progress Series* 158:11-21.
- Watanabe, S., M. Kodama y M. Fukuda. 2009. Nitrogen stable isotope ratio in the manila clam, *Ruditapes philippinarum*, reflects eutrophication levels in tidal flats. *Marine Pollution Bulletin* 58:1447–1453.
- Weidman, C. R, G. A. Jones, K. C. Lohmann. 1994. The long lived mollusk *Artica islandica* a new paleoceanographic tool for reconstruction of bottom temperatures for the continental shelves of the northern North Atlantic Ocean. *J Geophys Res* 99:18305-18314.
- White, W. 2001. Lectures 26 and 27. Stable isotope theory
<http://www.geo.cornell.edu/geology/classes/Geo656/656notes.html>.