

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**  
**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS**

**ABUNDANCIA ESTACIONAL Y COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE C Y N DEL  
ZOOPLANCTON RELACIONADOS A EFLUENTES DE GRANJAS  
CAMARONÍCOLAS, EN BAHÍA DE KINO SONORA, MÉXICO**



**TESIS PROFESIONAL**  
**TODO LO ILUMINA**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**  
**CON ESPECIALIDAD EN:**  
**ECOLOGÍA MARINA**

**PRESENTA:**

**MARTHA MARÍA DEL RIO SALAS**

# 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 **Martha María Del Rio Salas** 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**

---

**Biol. Norberto Miguel Ángel Pasten Miranda**  
**Secretario**

---

**M. en C. Ramón Héctor Barraza Guardado**  
**Vocal**



---

**Dr. Rafael Eduardo Del Rio Salas**  
**Suplente**

## **DEDICATORIA**

**A Martha Elena Salas Siqueiros y Rafael Eduardo Del Rio Salas,**  
mi mamá y mi hermano que siempre me han apoyado y han estado ahí para ayudarme.

**A Reina Castro Longoria,**  
por su tiempo invertido en mí, sus consejos y la ayuda que siempre me brindó, muchas  
gracias.

Por una decisión, por la felicidad, por un mundo, a  
**Christian Minjarez Osorio.**

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de Sonora** y al **Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas**, que juntos con la planta de maestros tuve una buena formación y me motivaron a estudiar y me orientaron hacia la investigación.

A la **Dra. Reina Castro Longoria**, que me ha transmitido conocimiento y ha empeñado tiempo en mí y en este trabajo. La quiero mucho, gracias profe.

A **Dr. Christopher Eastoe** y **Dr. Rafael Del Rio** por los análisis realizados en el Laboratorio Ambiental de Isótopos Estables del Departamento de Geociencias de la Universidad de Arizona.

A mi comité de tesis: **Dra. Reina Castro Longoria**, **Dr. Rafael Del Rio Salas**, **M.C. Ramón Barraza Guardado** y **Biol. Norberto Pasten Miranda**, por sus revisiones y sugerencias durante la elaboración del presente trabajo.

Al **Dr. Martín Jara Marini** del CIAD por sus sugerencias y revisiones al escrito. Muchas gracias.

Al **Dr. Alf Meling** por las enseñanzas recibidas en sus cursos y por sus revisiones a este escrito.

A **Leopoldo Encinas**, **Ulises Becerra** y **Fulgencio García**, de la Unidad Experimental Kino, por su apoyo en los muestreos hechos durante la realización de este trabajo. Muy especialmente al **M.C. Ramón Héctor Barraza Guardado** por la logística de campo, sus enseñanzas y por proporcionar el equipo necesario para las muestras de zooplancton.

A mi bonita familia que cada uno son un personaje excepcional: **Graciela Hoyos Ruiz**, **Enrique Salas Siqueiros**, **Andrea Salas Hoyos**, **Cristina Cuevas Hoyos**, **Juan Heriberto Salas**, **Martha Elena Salas Siqueiros**, **Rafael Eduardo Del Rio Salas** y **Verónica Moreno**. Los quiero mucho!

A mis amigas las witches, que cada una es única en la forma de ser: **Alenka Méndez Gallegos, Lucia Benítez Cota, Martha Elena Moraga Beltrán, Alondra Lugo Espinoza y Ana Guadalupe Gutiérrez.** Sigán así, son lo mejor!

A mis compañeros y amigos de biología: **Nayeli Cano Martínez, Ana Gabriela Martínez Vargas, Diana Domínguez Franco, Ángel Martínez Durazo, José Manuel Ayala Galaz (Chema), Christian Minjarez Osorio, Orlando Tapia Ortiz, Jorge Alfonso Arvayo Zatarain (Poncho), Martín Rodrigo Acedo Valdez, Sergio David Moreno Velasquez (Apá), Sergio David Leal Soto (Coco), Manuel Adolfo Lastra Encinas, Edgar Arzola Sotelo, Manuel Eduardo García Silva y Fco. Jaime Martínez Reyes (Memín),** con ustedes compartí bastantes momentos gratificantes que nunca olvidaré. Los quiero mucho!

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II.1. Zooplancton	3
II.1.1. Holoplancton	4
II.1.1.1. Copepoda	4
II.1.1.2. Chaetognatos	5
II.1.1.3. Amphipoda	6
II.1.1.4. Cladocera	6
II.1.1.5. Ctenophora	7
II.1.2. Meroplancton	7
II.1.2.1. Decapoda	7
II.1.2.2. Polichaetos	8
II.1.2.3. Larvas zoea y megalopa	8
II.1.2.4. Ictioplancton	9
II.2. Factores Fisiológicos	9

<b>II.3. Isótopos Estables de C y N</b>	<b>10</b>
<b>II.3.1. Relación del zooplancton con los isótopos estables</b>	<b>10</b>
<b>II.4. Eutroficación en la Zona de Descarga de las Granjas de Camarón</b>	<b>13</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>14</b>
<b>IV. HIPÓTESIS</b>	<b>15</b>
<b>V. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>V.1. Objetivo General</b>	<b>16</b>
<b>V.2. Objetivos Específicos</b>	<b>16</b>
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>17</b>
<b>VI.1. Recolección de Muestras</b>	<b>17</b>
<b>VI.2. Preparación de Muestras en Laboratorio</b>	<b>19</b>
<b>VI.2.1. Análisis de zooplancton</b>	<b>19</b>
<b>VI.2.1.1. Biomasa</b>	<b>19</b>
<b>VI.2.2.2. Abundancia</b>	<b>20</b>
<b>VI.2.2. Análisis de isótopos estables de C y N</b>	<b>21</b>
<b>VI.3. Tratamiento Estadístico</b>	<b>21</b>
<b>VII. RESULTADOS</b>	<b>22</b>
<b>VII.1. Salinidad</b>	<b>22</b>
<b>VII.2. Temperatura</b>	<b>23</b>
<b>VII.3. Oxígeno Disuelto</b>	<b>24</b>



<b>VII.4. Saturación de Oxígeno</b>	<b>25</b>
<b>VII.5. Biomasa Zooplanctónica en Peso Seco por Estación del Año</b>	<b>26</b>
<b>VII.5.1. Biomasa Zooplanctónica en Peso Seco por Puntos de Muestreo</b>	<b>27</b>
<b>VII.6. Biomasa Total por Volumen Sedimentado</b>	<b>28</b>
<b>VII.7. Abundancia Zooplanctónica</b>	<b>29</b>
<b>VII.8. Biomasa Zooplanctónica y Composición Isotópica de Carbono</b>	<b>31</b>
<b>VII.9. Biomasa Zooplanctónica y Composición Isotópica de Nitrógeno</b>	<b>32</b>
<b>VII.10. Temperatura y Composición Isotópica de Carbono</b>	<b>33</b>
<b>VII.11. Temperatura y Composición Isotópica de Nitrógeno</b>	<b>34</b>
<b>VII.12. Oxígeno Disuelto y Composición Isotópica de Carbono</b>	<b>35</b>
<b>VII.13. Oxígeno Disuelto y Composición Isotópica de Nitrógeno</b>	<b>36</b>
<b>VII.14. Composición Isotópica de Carbono y Nitrógeno en la Biomasa Zooplanctónica</b>	<b>37</b>
<b>VIII. DISCUSIÓN</b>	<b>38</b>
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>X. RECOMENDACIONES</b>	<b>44</b>
<b>XI. LITERATURA CITADA</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
Tabla I	Relación de estándares tradicionales utilizados en diferentes rubros de la ciencia. Tomada de Hoefs, 2009.	11
Tabla II	Fechas de muestreo de zooplancton y estaciones del año en Bahía de Kino, Sonora.	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
Figura 1	Sistema de granjas aledañas al estero La Cruz y transecto de estaciones, punto 1 a punto 10, muestreados en Bahía de Kino, Sonora. 2009-2010. Los valores de los registros son puntuales.	17
Figura 2	Variación estacional de la salinidad superficial durante 2009 y 2010 en el área aledaña a las descargas de granjas de camarón, en Bahía de Kino, Sonora. Los valores de los registros son puntuales.	22
Figura 3	Variación estacional de la temperatura superficial durante 2009 y 2010. Los valores de los registros son puntuales.	23
Figura 4	Variaciones de oxígeno disuelto en superficie desde verano y primavera, entre 2009 y 2010. Los valores de los registros son puntuales.	24
Figura 5	Variaciones de la saturación de oxígeno en superficie desde verano – primavera, 2009 a 2010. Los valores de los registros son puntuales.	25
Figura 6	Biomasa de zooplancton en peso seco ( $\text{g PS } 10\text{m}^{-3}$ ) en las diferentes épocas del año a lo largo del transecto muestreado, cerca de las granjas de camarón en Bahía de Kino, Sonora. Letras diferentes indican diferencias significativas.	26
Figura 7	Biomasa zooplanctónica en peso seco ( $\text{g}/10\text{m}^{-3}$ ) en las estaciones del año a lo largo del transecto muestreado, cerca de las descargas de granjas de camarón en Bahía de Kino, Sonora.	27
Figura 8	Biomasa por volumen sedimentado en las estaciones del año así como en los puntos de muestreo. Los puntos representan un transecto de aproximadamente 6 kilómetros.	28
Figura 9	Principales grupos taxonómicos por abundancia del zooplancton en el transecto de estaciones en áreas cercanas a granjas de camarón en Bahía de Kino, Sonora. Grandes grupos presentes en verano, otoño, invierno 2009-2010 y primavera.	30
Figura 10	Composición isotópica de carbono en relación con la biomasa en las estaciones del año y los diferentes puntos de muestreo.	31
Figura 11	Composición isotópica de nitrógeno en relación a la biomasa zooplanctónica peso seco por época del año.	32

Figura 12	Valores de la composición isotópica de carbono con la temperatura registrada en las estaciones del año como en los puntos de muestreo.	33
Figura 13	Valores de temperatura con relación a la composición isotópica de nitrógeno en los puntos de muestreo así como en las estaciones del año.	34
Figura 14	Relación entre el oxígeno disuelto y los valores de $\delta^{13}\text{C}$ registrados en los puntos de muestreo y en las estaciones del año.	35
Figura 15	Valores de $\delta^{15}\text{N}$ con relación al oxígeno disuelto registrados en los puntos de muestreo en las estaciones del año.	36
Figura 16	Relación entre los valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$ y el $\delta^{13}\text{C}$ del zooplancton en las estaciones del año.	37

## RESUMEN

El zooplancton en los ecosistemas acuáticos se encuentra ligado a cambios y procesos tanto bióticos como abióticos, este es el grupo de organismos en el segundo eslabón que asimila, convierte y transfiere energía hacia niveles tróficos superiores, la cual puede ser trazada mediante el uso de isótopos estables como de C y N. El análisis de isótopos estables constituye una herramienta muy útil para determinar cambios en las cadenas tróficas a través de C y N. Estos han sido usados para valorar impactos a la zona costera causada por actividades antropogénicas. Las costas de Sonora reciben efluentes al mar, producto del crecimiento de la actividad de cultivo de camarón. En Bahía de Kino el impacto de estas descargas no ha sido estudiado, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar la abundancia estacional del zooplancton y su relación con la composición de los isótopos estables de C y N de un área cercana a descargas de granjas de camarón. Se analizó la biomasa zooplanctónica en las estaciones del año a lo largo de un transecto de 10 sitios muestreados durante 2009-2010. Se encontró el grupo zooplanctónico más abundante fue el de los copépodos, seguida de larvas de crustáceos e ictioplancton. Se encontró que la biomasa fue menor cerca de las descargas de las granjas, observándose un incremento a la mitad del transecto muestreado, para luego presentar un descenso a mayor distancia. La composición isotópica del N en el zooplancton indicó valores correspondientes a tramas tróficas superiores, lo que sugiere un efecto de los desechos provenientes de las granjas. La composición isotópica del carbono presentó variaciones estrechas y enriquecimiento en verano y otoño coincidiendo con los meses de descarga. Mediante dicho análisis, se concluye que existe un efecto por descargas de efluentes de granjas en la zona costera de Bahía de Kino.

## I. INTRODUCCIÓN

El zooplancton es el grupo de organismos que convierte y transfiere la energía de la biomasa del fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores (Gasca y Suarez, 1996). Los organismos zooplanctónicos están sujetos a cambios estacionales en los océanos, ya que depende de varios factores como la temperatura, disponibilidad de alimento, corrientes, entre otros, que determinan su presencia, composición y abundancia. Las fluctuaciones temporales en la biomasa del zooplancton no responden a fenómenos aislados, sino que van ligadas a la hidrodinámica, estructura térmica, salina, turbulencia, advección, transporte de nutrientes y por ende a estructuras de naturaleza trófica como el fitoplancton y sus consumidores (Fernández de Puellas, 1990).

Las actividades humanas han perturbado de manera significativa la distribución del balance de nutrientes en el planeta, principalmente el C y el N. Esto ha tenido como principal consecuencia la eutroficación la cual estimula la producción acuática primaria y en sus más severas manifestaciones da lugar a florecimientos microalgales nocivos (Páez-Osuna, 2005). Actualmente están bien documentados todos los cambios bioquímicos del agua de mar por efecto de las descargas de granjas de camarón y su impacto hacia la zona costera (Páez-Osuna, 2005; González-Félix y Pérez-Velázquez, 2006). Los isótopos estables como el C y N son principalmente aplicados como herramienta para la determinación de su origen e historial en el ecosistema, específicamente se pueden aplicar en el estudio de contaminación por desechos antropogénicos (Guerrero y Berlanga, 2000).

En México, la acuicultura ha experimentado en la última década avances importantes, particularmente en la zona noroeste (Sonora, Sinaloa y Nayarit) la cual es considerada la de mayor producción de alimentos de origen marino en el país (Casas y Dettmer, 2007, Dettmer y González, 2009). Los estados del noroeste de México aportan más del 65 % de la producción de camarón a nivel nacional (Dettmer, 2009). En Sonora se producen alrededor de 85 000 toneladas de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) donde el área dedicada al cultivo pasó de 5 mil Ha a 27 mil Ha entre 1999 y 2008 (Rodríguez-Valencia *et al.*, 2010).

En la región costera del norte de Sonora, la instalación de granjas camaronícolas ha crecido durante los últimos 15 años y las descargas del agua de cultivo van directamente al medio marino. Esta actividad indudablemente que aporta beneficios económicos, pero el

impacto de sus efluentes hacia el mar puede tener consecuencias en las cadenas tróficas y en la biodiversidad, el cual no ha sido medido.

En el área costera de Bahía de Kino, la actividad en el cultivo de camarón es muy importante por la fuente de divisas que esto representa. Sin embargo, es primordial considerar la salud del ecosistema marino y en este sentido es muy poca la información que existe del impacto en los niveles tróficos, partiendo de los principales consumidores primarios, como el zooplancton.

En este trabajo se aborda por primera vez la relación de los isótopos estables de carbono y nitrógeno con la biomasa estacional del zooplancton en Bahía de Kino, Sonora, con la idea de determinar la influencia de dichas descargas sobre este grupo de organismos.

## II. ANTECEDENTES

### II.1. Zooplancton

El zooplancton está compuesto por una amplia variedad de organismos, incluyendo estadios juveniles, larvarios y adultos de casi todos los taxa de la escala zoológica. Los animales que forman el zooplancton, al igual que todos los organismos del plancton, viven suspendidos en la columna de agua y son transportados pasivamente por los movimientos de las corrientes oceánicas. En los ambientes acuáticos, las comunidades zooplanctónicas presentan variaciones espacio-temporales tanto en lo referente a su composición como en su biomasa (Gasca y Suárez, 1996).

El zooplancton retiene y transfiere la materia y energía que el fitoplancton ha fijado fotosintéticamente y por tanto es un indicador de la producción secundaria (Márquez *et al.*, 2007). Éste está compuesto por diferentes grupos taxonómicos y los métodos para su estudio están basados en la identificación y cuantificación del conjunto de organismos que representa. Por ejemplo, para su estudio, uno de las primeras aproximaciones es la determinación de la biomasa, ya que es muy importante y puede complementar la información de la composición, abundancia y estructura de la comunidad (Gasca y Suárez, 1996).

El zooplancton está sujeto a cambios estacionales en los océanos, ya que depende de varios factores como la temperatura, disponibilidad de alimento, corrientes, entre otros, que determinan su presencia, composición y abundancia. Las fluctuaciones temporales en la biomasa del zooplancton no responden a fenómenos aislados, sino que van ligadas a estructuras de naturaleza trófica como el fitoplancton e hidrodinámicas como la estructura térmica, salina, turbulencias y advección (Fernández de Puelles, 1990).

La biomasa de una comunidad zooplanctónica mide condiciones instantáneas, puede usarse como medida de producción de biomasa, ya que un análisis temporal y frecuente brinda una estimación de la abundancia y conocimiento de su comportamiento, evolución y dinámica (Márquez *et al.*, 2007).

La distribución, composición y abundancia del zooplancton son el producto de un conjunto de condiciones bióticas y abióticas, es por esto que cuando se presentan ciertas especies en determinada zona, significa que presenta también cierto tipo de condiciones abióticas (Gasca y Suárez, 1996).



Existen varias clasificaciones que pueden ser usadas para categorizar los diversos grupos del zooplancton, estas clasificaciones están en función de la forma, tamaño, afinidad ecológica, distribución o ciclo vital de los organismos. Una de las clasificaciones más relevantes en términos de su significado ecológico es la que separa al zooplancton en holoplancton y meroplancton.

### **II.1.1. Holoplancton**

El holoplancton lo conforman aquellos organismos zooplantónicos cuyo ciclo vital transcurre totalmente como parte de la comunidad planctónica, a continuación se describen las principales características de estos grupos.

#### **II.1.1.1. Copepoda**

La subclase copépoda conforma aproximadamente entre el 60 y 80 % del total de la biomasa zooplanctónica en las regiones oceánicas y neríticas (Martínez-Barragán *et al.*, 2009). Conforman el mayor grupo de pequeños crustáceos, el cual incluye alrededor de 8,500 especies, la gran mayoría marinas, aunque algunas son dulceacuícolas. Los copépodos son generalmente planctónicos y representan un eslabón de gran importancia en las cadenas tróficas marinas, ya que se alimentan de fitoplancton y son la base de alimentación de muchos peces. Estos animales han sido muy estudiados y se han caracterizado como reguladores de las poblaciones de fitoplancton al representar el principal constituyente del zooplancton marino.

Los copépodos generalmente miden entre 1 y 5 mm de longitud, aunque algunas especies de vida libre son mayores a 17 mm. Comúnmente estos organismos suelen ser transparentes, aunque abundan algunas variaciones rojas, anaranjadas y azuladas. También están descritas especies luminiscentes. Su cuerpo es alargado, casi cilíndrico, más ancho en la parte delantera. El tronco está compuesto de un tórax y un abdomen. El tórax está formado por seis segmentos, la cabeza está fusionada con maxilas diseñadas para la captura de alimento. Otros son omnívoros y otros más son estrictamente depredadores (Barnes y Rupert, 1996).

### II.1.1.2. Chaetognatha

Los Chaetognatha son animales marinos que tienen cuerpo en forma de torpedo o dardo. Las formas epipelágicas son casi completamente transparentes, los de aguas profundas tienen cuerpos más opacos y frecuentemente presentan pigmentos rojos, amarillos o gotas de aceite en el tracto digestivo, su longitud varía desde entre 2 y 120 mm.

Son hermafroditas protándricos, lo cual significa que primero madura el esperma y posteriormente los huevos. Son animales holoplanctónicos que viven durante todo su ciclo de vida en el medio pelágico, excepto por algunos géneros que son bentónicos como *Spadella*, *Bathyspadella* y *Paraspadella* (Gasca y Suarez, 1996).

Los Chaetognatha se encuentran distribuidos en los océanos de costa a costa y de la superficie al fondo. Las mayores abundancias se encuentran en la zona epipelágica en el estrato de los 0 a 200 metros. El cuerpo posee cuatro bandas de músculos locomotores longitudinales, una membrana basal resistente, cubierta por una epidermis de múltiples capas alrededor de la cavidad del cuerpo, la cual se encuentra llena de fluido. Este sistema trabaja como un hidroesqueleto. Los órganos que están dentro de la cavidad del cuerpo de los Chaetognatha son: tracto digestivo, ovarios en el tronco y los testículos en la cola. La cabeza tiene ganchos capaces de agarrar, en la parte ventral tiene una o dos hileras de dientes pequeños y la abertura bucal. Los ganchos están sujetos a músculos fuertes (Barnes y Rupert, 1996).

En la mayoría de las especies los ganchos son lisos, pero en algunos casos son aserrados durante toda su vida o en una etapa juvenil. Los ganchos y los dientes tienen una estructura similar, son dos tubos concéntricos de quitina con puntas endurecidas. Los dientes no están involucrados en la captura de alimento, ya que se piensa que se usan como un medio para que la presa no se vaya en otra dirección, también se piensa que se usa para perforar el exoesqueleto de sus presas. Los órganos de la parte ventral de la cabeza, en la región de los dientes, secretan una sustancia pegajosa y tóxica para inmovilizar y paralizar a sus presas (Barnes y Rupert, 1996).

Todos los Chaetognatha tienen una aleta caudal. Dependiendo del género tienen uno o dos pares de aletas laterales. La longitud de las aletas es un carácter taxonómico importante. El sistema nervioso está compuesto por seis ganglios en la parte cefálica y un ganglio en el tronco (Barnes y Rupert, 1996). Los ganglios ventrales y cerebrales se encuentran enlazados por estructuras conectivas.

### **II.1.1.3. Amphipoda**

Los Amphipoda se distribuyen en gran variedad de ambientes, se encuentran representados en el zooplancton por los hipéridos, cuyo hábitat es exclusivamente planctónico. La mayor parte de los Amphipoda son marinos, hay pocas especies terrestres. Los hábitos alimenticios de la mayor parte de las especies aún se desconocen; los apéndices bucales de estos crustáceos carecen de las setas plumosas que se encuentran en los crustáceos filtradores. Algunas especies se encuentran asociadas con medusas o con salpas (Gasca y Suarez, 1996).

El cuerpo de los Amphipoda tiende a estar comprimido lateralmente, dándole al animal cierta apariencia de gamba. Tienen ojos compuestos fijos. Carecen de caparazón aunque el primer segmento torácico y a veces el segundo está fusionado a la cabeza. Asimismo el abdomen, generalmente no está diferenciado del tórax ni en tamaño ni en forma. Las primeras y segundas antenas suelen estar bien desarrolladas y el primer par de apéndices torácicos está modificado para formar los maxílpedos. Los segundos y terceros apéndices torácicos están por lo general alargados y subquelados para la prensión y se denominan gnatópodios. Los tres pares de apéndices anteriores se usan para la natación y ventilación. Miden entre 5 y 15 mm de largo. La mayoría de los anfípodos son translúcidos, marrones o grises pero hay especies de color rojo, verde o azul-verdoso (Barnes y Rupert, 1996).

### **II.1.1.4. Cladocera**

Los Cladocera son crustáceos que comprenden unas 400 especies, la mayoría son de agua dulce y solo 9 especies son de ambientes marinos. Su cuerpo está cubierto por un caparazón bivalvo que deja solo la cabeza y las antenas nadadoras fuera. Miden no más de un milímetro de longitud. Tienen un ojo impar compuesto y móvil. El cuerpo tiene una segmentación definida. En la región torácica, tienen de cuatro a seis pares de apéndices que son birramídeos, al igual que el resto de los apéndices que poseen. La parte posterior del cuerpo se divide en abdomen y postabdomen sin extremidades (Barnes y Rupert, 1996).

### **II.1.1.5. Ctenophora**

Los Ctenophora son animales marinos pelágicos de forma globosa, que presentan una forma superficial similar a las medusas, con mesoglea gelatinosa y transparentes. Sin embargo, las similitudes con las medusas pueden representar una convergencia más que una relación evolutiva estrecha con los cnidarios. Tienen ocho paletas natatorias ciliadas verticales, las cuales son el aparato locomotor. Son depredadores de otros animales invertebrados pelágicos. Algunas especies tienen dos largos tentáculos que se usan para atrapar a sus presas, otras especies no tienen estos tentáculos y capturan a sus presas directamente con la boca. Los Ctenophora más primitivos son esféricos de simetría birradial, pero hay especies que se han aplanado y cambiado la forma de su morfología. Son hermafroditas (Barnes y Rupert, 1996).

### **II.1.2. Meroplancton**

Los organismos meroplanctónicos son aquellos que solamente forman parte del plancton en etapas tempranas de su ciclo vital y al crecer o desarrollarse, adquieren hábitos bentónicos o pasan a formar parte del necton. Posteriormente serán organismos que pueden transportarse por medios propios, independientemente de los movimientos de las corrientes (Gasca y Suarez, 1996).

#### **II.1.2.1. Decapoda**

El orden decapoda contiene aproximadamente un cuarto de las especies de crustáceos. Morfológicamente las tres primeras partes de apéndices torácicos están modificados como maxilípedos, los cinco pares de patas restantes dan nombre al orden. El primer par de patas suele estar transformado en una gran pinza o quillipedo. La mayor parte de las especies grandes de crustáceos son decápodos. El cuerpo está aplanado dorsoventralmente y el exoesqueleto es relativamente rígido (Gasca y Suarez, 1996).

### **II.1.2.1.1. Larvas zoea y megalopa**

Las larvas de los crustáceos decápodos constituyen un componente importante de la porción de meroplancton que pertenece al zooplancton marino. En los períodos de reproducción de adultos y nacimiento de las larvas, el plancton costero se ve enriquecido por una gran porción de estos organismos meroplanctónicos (Gasca y Suarez, 1996). La mayoría de los crustáceos decápodos marinos tienen un estadio de vida planctónica, la cual tiene mayor o menor complejidad, según el grupo al que pertenece.

En los mares tropicales y subtropicales, donde las diferencias estacionales no son tan pronunciadas, el período de reproducción de los crustáceos decápodos es continuo. Pero en latitudes mayores, se observan épocas definidas de reproducción, generalmente con dos puestas sucesivas para las especies propias de regiones templadas (Barnes y Rupert, 1996).

El estudio de larvas y postlarvas de los crustáceos decápodos, simbolizan un aporte significativo al conocimiento de un importante grupo de invertebrados marinos, presentes en el plancton o como especies bentopelágicas, de las cuales varias de estas especies son de interés comercial o son alimento de otros organismos de niveles tróficos superiores (Gasca y Suárez, 1996).

### **II.1.2.2. Polichaeta**

La clase Polichaeta es una de las tres clases que tiene el Phylum Annelida, la cual tiene como características: celoma segmentado, intestino tubular y un sistema circulatorio cerrado que transporta oxígeno, el sistema excretor consiste en pares de metanefridios, que típicamente aparecen en todos los segmentos del cuerpo, excepto en la cabeza. Los anélidos tienen un sistema nervioso centralizado y células sensoriales especiales (Barnes y Rupert, 1996).

Los poliquetos son animales marinos, la morfología de estos organismos está conformada por varios apéndices que incluyen tentáculos, antenas y piezas bucales especializadas. Cada segmento contiene dos extensiones carnosas llamadas parapodios, las cuales son usadas en la locomoción y dado que contienen vasos sanguíneos, son importantes en el intercambio de gases. Dado que los poliquetos son animales segmentados, hay una tendencia a la división del trabajo entre los segmentos, lo que lleva a

la tagmosis que consiste en la integración de grupos de segmentos y formación de regiones del cuerpo funcionalmente diferente (Barnes y Rupert, 1996).

Los poliquetos tienen varios estilos de vida. Algunos son depredadores móviles, que usan sus mandíbulas para alimentarse de animales pequeños. Otros son más sedentarios, alimentándose de material suspendido en el medio o que está sedimentado en el fondo. Otros más, viven en tubos en la arena del fondo oceánico. Por lo general, los sexos están separados, la fecundación es externa y presentan una larva trocófora de vida libre durante el desarrollo (Curtis, 2001)

### **II.1.2.3. Ictioplancton**

El ictioplancton constituye un componente importante en las comunidades planctónicas y comprende principalmente los huevos, larvas postlarvas y algunas veces, los juveniles de peces (Escarria *et al.*, 2006). La mayoría de los peces marinos y estuarinos producen huevos planctónicos, los cuales se desarrollan como larvas y eventualmente como juveniles. La información que arroja el estudio del ictioplancton, es importante para el manejo y conservación de las especies importantes económicamente (Gasca y Suárez, 1996).

## **II.2. Factores Físicoquímicos**

En ecosistemas marinos, los factores físicoquímicos como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno, son de gran importancia ya que determinan la actividad biológica de los diferentes grupos de organismos presentes en la columna de agua y en el bentos. Por ejemplo, en el caso de los primeros eslabones tróficos como el fitoplancton y zooplancton, la temperatura es un factor que rige la abundancia y composición de especies. Por lo tanto, en cualquier estudio que aborde la descripción de estos grupos, necesariamente deben incorporarse dichas mediciones.

### II.3. Isótopos Estables de C y N

Los isótopos son átomos que contienen en el núcleo el mismo número de protones pero diferente número de neutrones. Los isótopos se denotan en la forma  ${}^m_n\text{E}$  donde  $m$  es el número de masa atómica, suma del número de protones y neutrones en el núcleo y  $n$  es el número atómico del elemento, que es “E”. Por ejemplo:  ${}^{12}_6\text{C}$  es el isótopo de carbono, el cual tiene seis protones y seis neutrones en su núcleo (Guerrero y Berlanga, 2000; Hoefs, 2009). Los isótopos se dividen en dos grupos: los estables y los radioactivos. El término de estable es relativo, dependiendo de la detección límite del tiempo de decaimiento de los elementos (Hoefs, 2009).

La notación que se utiliza para expresar la composición isotópica de un elemento es  $\delta$  y se expresa en partes por mil (‰) como se muestra en la siguiente expresión:

$$\delta \text{ en } \text{‰} = \frac{\text{R (muestra)} - \text{R (estándar)}}{\text{R (estándar)}} \cdot 1000$$

Donde:

R es la relación del isótopo pesado respecto al ligero en la muestra de acuerdo a la composición al estándar de C y N (Peterson y Fry, 1987; Hoefs, 2009)

La determinación de radios isotópicos es muy importante porque estos números forman la base para el cálculo de las diferencias relativas, el valor de  $\delta$  (Hoefs, 2009). En la tabla 1 se muestran los estándares isotópicos usados como referencia en el análisis de isótopos estables.

Tabla I. Relación de estándares tradicionales utilizados en diferentes rubros de la ciencia. Tomada de Hoefs (2009).

Estándar	Proporción	Valor aceptado ( $\times 10^6$ ) (con 95 % intervalo de confianza)
SMOW (Estándar promedio del agua oceánica, por sus siglas en inglés Standard Mean Ocean Water)	Deuterio/ Hidrógeno	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 (Belemnite 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.3.1. Relación del zooplancton con los isótopos estables

Los isótopos estables han mostrado que la estructura de la cadena trófica entre fitoplancton y zooplancton puede variar dependiendo del origen del alimento consumido por los organismos, según sea su composición de origen terrestre o marino (Bouillon *et al.*, 2000). Los isótopos estables pueden constituir una herramienta muy útil para el estudio de los flujos de energía en las cadenas alimenticias.

La composición isotópica del carbono de los organismos depende del tipo de alimentación. En general existe un incremento del 0.5 a 1 ‰ en el organismo respecto a su dieta. Algunos de los procesos que contribuyen al enriquecimiento de carbono en los organismos son:

- 1) Pérdida preferencial de  $^{12}\text{C}$  en la respiración.
- 2) Captación selectiva de compuestos  $^{13}\text{C}$  durante la digestión.



Esta diferencia conservativa de la composición isotópica del organismo respecto a la dieta, se puede emplear para medir los flujos de energía en los ecosistemas y determinar el origen. Se estima que existe un enriquecimiento de aproximadamente el 1.1 ‰ de un nivel trófico entre ecosistemas terrestres y marinos (Guerrero y Berlanga, 2000).

El comportamiento del N es diferente del C. Se ha observado un enriquecimiento de  $^{15}\text{N}$  de 3.2 ‰ en el organismo respecto a su dieta (Guerrero y Berlanga, 2000). La composición isotópica de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) de un consumidor indica la fuente de origen de la dieta (Peterson y Fry 1987; Post, 2002), mientras que los valores de isótopos estables de nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) pueden describir la posición trófica de un organismo (Post, 2002). Por lo tanto, la combinación de mediciones de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  pueden ser usadas para determinar cuál es la dieta de los organismos y en qué posición de la pirámide trófica se encuentran.

Por otro lado, el zooplancton de la zona costera puede indicar cambios importantes en relación con la influencia antropogénica. En este contexto, es importante que los cambios que pudieran darse sean valorados mediante este grupo de organismos como indicadores. Lechuga *et al.* (1997) realizaron un trabajo de la influencia de las granjas de camarón en el medio marino en Bahía de La Paz, Baja California Sur. Ellos valoraron variables fisicoquímicas, nutrientes y materia orgánica y concluyeron que no existe un impacto ambiental negativo inmediato en las aguas adyacentes. Sin embargo, el impacto sobre las cadenas tróficas debe de ser valorado con herramientas más precisas.

El zooplancton es un grupo clave porque se encuentra en la segunda posición de la pirámide trófica y hay pocos trabajos sobre su estudio en la zona costera de Sonora. Además, existen pocos estudios sobre la valoración de isótopos en ecosistemas de la zona costera impactada por granjas de camarón y el grupo de zooplancton no está incluido. Por lo tanto, los estudios del zooplancton en la zona costera del Mar de Cortés deben de ser abordados, dada la importancia que este ocupa en la pirámide alimenticia, ya que son consumidores primarios. Esto además de proveer información sobre las variaciones en abundancia, puede ser usado para la búsqueda de la composición isotópica de flujos de descargas de origen antropogénico. Serrano-Grijalva *et al.* (2011) han realizado un estudio en la zona costera de Sonora donde existen granjas de camarón y ellos ponen en evidencia el impacto causado por dicha actividad sobre la biodiversidad bentónica de los sistemas lagunares. Por lo tanto, el zooplancton puede ser un indicador de cambios en la columna de agua.

#### **II.4. Eutroficación en la Zona de Descarga de las Granjas de Camarón**

Vollenweider (1992) explica que la eutroficación es un término que puede ser usado para aguas dulces o marinas y que se refiere al proceso de enriquecimiento de nutrientes de las aguas, la cual estimula la producción acuática primaria y en sus más severas manifestaciones da lugar a los florecimientos macro y microalgales. El enriquecimiento de nutrientes a partir de los aportes antropogénicos, la eutroficación, es uno de los mayores problemas que impacta actualmente a los ecosistemas costeros de todo el mundo. Cada vez es más la preocupación que existe sobre la gran cantidad de nutrientes y desechos de actividades acuícolas. La eutroficación se ha reconocido como un problema relevante tanto en los ambientes costeros como de agua dulce (Páez-Osuna, 2001).

La eutroficación de los sistemas marinos ha aumentado en las últimas décadas, afectando a los procesos que alteran el equilibrio natural y composición biótica del ecosistema (Serrano-Grijalva, 2011). La causa principal de eutroficación se debe a las descargas provenientes de efluentes municipales; industriales, aportes agrícolas y acuícolas (Vollenweider *et al.*, 1992).

Los eventos episódicos y a largo plazo que tienen que ver con la eutroficación, se señala que pueden ser monitoreados a través de condiciones de turbiedad, concentraciones de oxígeno disuelto, concentraciones de los nutrientes, concentración de la clorofila fitoplanctónica, la biomasa, diversidad de la fauna béntica y macrófita (Páez-Osuna, 2001). No obstante el seguimiento de todos estos componentes puede ser trazado mediante la composición isotópica en indicadores biológicos dentro de las cadenas alimenticias tanto planctónicas como bentónicas (Choy *et al.*, 2008).

### III. JUSTIFICACIÓN

Las actividades humanas han perturbado de manera significativa el balance de nutrientes en el planeta. Como una consecuencia de esto, ocurre alta eutroficación que estimula la producción acuática primaria y en sus más severas manifestaciones da lugar a florecimientos algales, muchos de ellos tóxicos (Páez-Osuna, 2005). Actualmente están bien documentados todos los cambios bioquímicos del agua de mar por efecto de las descargas de granjas de camarón y su impacto hacia la zona costera (Páez-Osuna, 2005; González-Félix y Pérez-Velázquez, 2006, Barraza-Guardado *et al.*, 2009). Sin embargo, los estudios hacia los niveles superiores son escasos, en este caso no existen trabajos de qué sucede con las variaciones en la abundancia del zooplancton, debida a la estacionalidad de descargas de las granjas. Una aproximación a este problema lo publicaron Valenzuela-Quñones *et al.* (2004) donde encuentran una afectación directa en larvas de peces que son succionadas por el canal de llamada de bombeo de agua. Por otro lado es de esperarse que el zooplancton sea más abundante cuando las descargas sean asociadas con las temporadas de cultivo de camarón, ya que un aporte de descargas llevará isótopos de N y C, además de un alto contenido de nutrientes, que será aprovechado por el fitoplancton y luego al zooplancton. En este caso, la idea de un impacto hacia el segundo eslabón de la cadena trófica puede ser demostrada mediante los cambios en la abundancia y la composición isotópica. La justificación de este trabajo radica en la generación del conocimiento del impacto de las granjas hacia la comunidad zooplanctónica, sus variaciones en la abundancia, los cambios en ésta y en la diversidad de organismos, que puedan demostrarse por las variaciones debidas a impactos antropogénicos de la actividad acuícola en la zona costera.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Los efluentes de granjas camaronícolas contienen materia orgánica en suspensión, nutrientes y una composición isotópica de nitrógeno que será incorporada por el fitoplancton. El zooplancton como segundo eslabón de la pirámide trófica, reflejará la composición isotópica adquirida del fitoplancton y a su vez de los efluentes de las granjas camaronícolas.

## **V. OBJETIVOS**

### **V.1. Objetivo General**

Determinar la abundancia estacional y la composición isotópica de C y N del zooplancton relacionado a efluentes de granjas de cultivo de camarón en Bahía de Kino, Sonora.

### **V.2. Objetivos Específicos**

Determinar la variación de los factores fisicoquímicos de temperatura, saturación de oxígeno, oxígeno disuelto y salinidad en Bahía de Kino, Sonora.

Determinar la biomasa y abundancia estacional del zooplancton en un área aledaña a descargas de granjas de camarón.

Determinar la variación de los grandes grupos del zooplancton durante las cuatro estaciones del año.

Determinar la composición isotópica de C y N en el zooplancton aledaño a los efluentes de las granjas de camarón.

## VI. MATERIALES Y METODOS

### VI.1. Recolección de Muestras

Las muestras de zooplancton fueron recolectadas en Bahía de Kino Sonora, a lo largo de un transecto de 6 kilómetros paralelo a la costa. Sobre el transecto se establecieron 10 puntos de muestreo (Fig. 1).

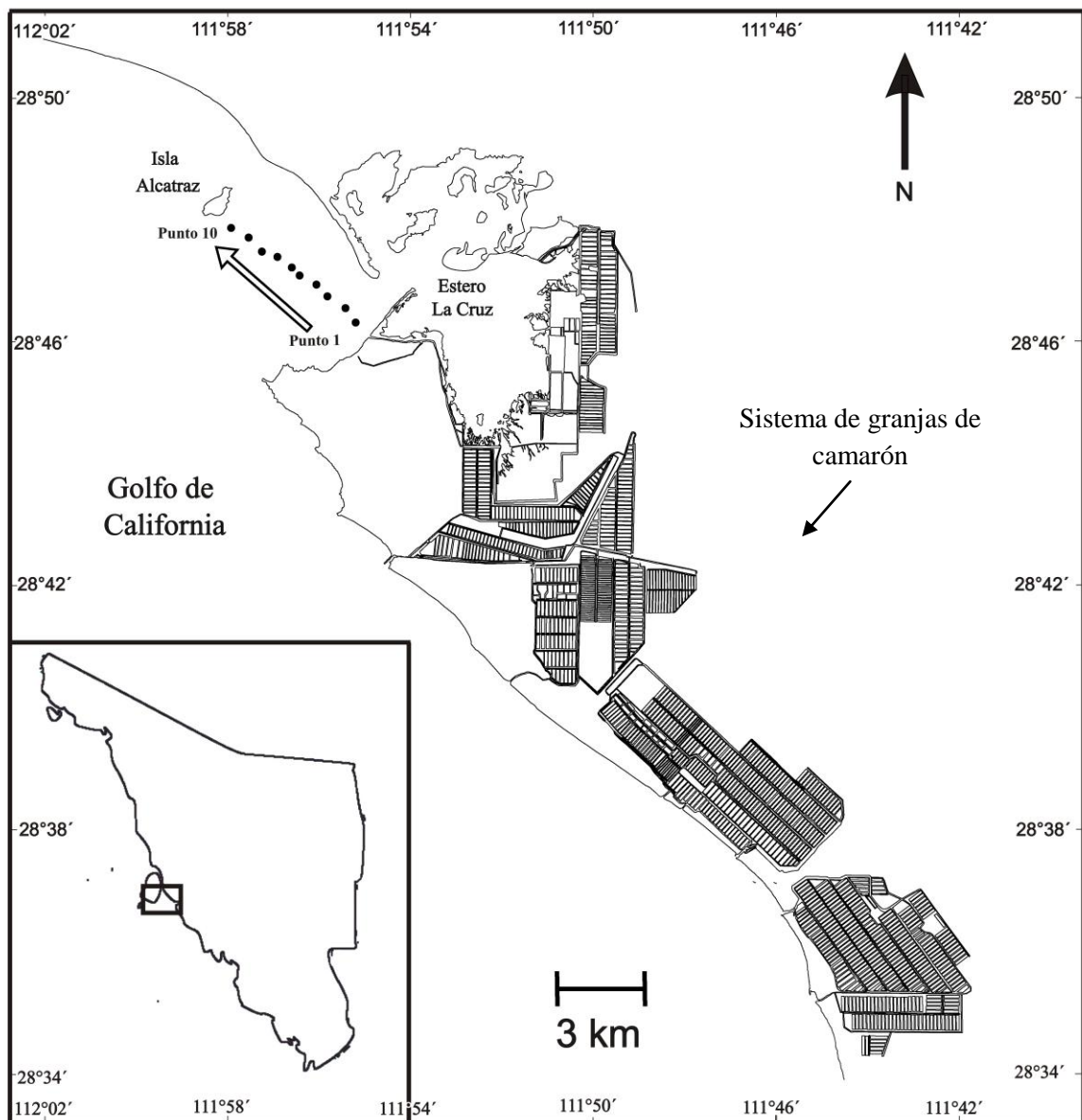


Figura 1. Sistema de granjas aledañas al estero La Cruz y transecto de estaciones, punto 1 a punto 10, muestreados en Bahía de Kino, Sonora, entre 2009-2010.

Debido a que las granjas de cultivo de camarón presentan una actividad de descargas de agua de desecho en verano-otoño, se realizaron cuatro muestreos estacionales durante el período de julio del 2009 a abril del 2010 (Tabla 2). El transecto se definió con el punto más cercano a la descarga de la granja (punto número 1) y el más alejado rumbo a la Bahía (punto número 10) en dirección a la Isla Alcatraz, con una distancia de aproximada de 500 metros entre cada uno de los puntos muestreados. En los puntos señalados, se realizaron arrastres de zooplancton a bordo de una lancha equipada con motor fuera de borda.

Tabla II. Fechas de muestreo de zooplancton y estaciones del año en Bahía de Kino, Sonora.

<b>Fechas 2009-2010</b>	<b>Número de sitios de muestreo y arrastres</b>	<b>Estación del año</b>
9 de Julio	10	Verano
16 de Octubre	10	Otoño
19 de Febrero	10	Invierno
23 de Abril	10	Primavera

Las muestras de zooplancton fueron colectadas con una red de plancton cilindro-cónica con luz de malla de 330 $\mu$ m, 50 cm de diámetro de boca y 1.5 metros de largo. La red equipada con un flujómetro en la boca marca General Oceanics. El flujómetro y la red fueron previamente calibrados para estandarizar las muestras por volumen filtrado a 10 m<sup>3</sup>. Las muestras se colocaron en frascos de plástico de 500 mL, se conservaron sin fijar y se dejaron en hielo a bordo. Esta condición fue necesaria para separar inmediatamente los organismos en fresco en laboratorio para análisis de isótopos estables y además posteriormente realizar la fijación para las cuantificaciones de organismos y determinación de biomasa.

Adicionalmente, en cada lugar donde se realizó el muestreo se registraron las siguientes variables fisicoquímicas: temperatura, salinidad, saturación de oxígeno, y oxígeno disuelto. Todas las mediciones se hicieron a nivel de superficie. Para ello, se utilizó un oxímetro de campo marca YSI modelo 85-10FT (YSI Incorporated Springs, Ohio 45387 USA). Las mediciones de parámetros fisicoquímicos fueron puntuales.

## **VI.2. Preparación de Muestras en Laboratorio**

Una vez obtenidas las muestras de zooplancton, en laboratorio fueron divididas por medio de un cuarteador Folsom Kahlsico No. 02WA150. Para la fijación de organismos, a la mitad de cada muestra original se le agregó formalina al 5 % neutralizada con monofosfato de sodio dibásico y monobásico. La otra mitad de la muestra de zooplancton se destinó para los análisis de isótopos estables. Esta submuestra de zooplancton para isótopos fue filtrada y secada en un horno a 60 °C, con una duración de 24 a 72 horas dependiendo de su biomasa. Se añadió ácido clorhídrico al 0.1 N para eliminar carbonatos y después se pulverizó para su posterior análisis (Vizzini *et al.*, 2005).

### **VI.2.1. Análisis de zooplancton**

El zooplancton fijado fue analizado en su biomasa sedimentada y mediante su peso seco. Los organismos fueron separados bajo el microscopio y fueron cuantificados mediante grandes grupos.

#### **VI.2.1.1. Biomasa**

La biomasa fue estimada por el método de volumen sedimentado y peso seco. El volumen sedimentado consistió en colocar el 50 % la muestra después de haber utilizado el cuarteador Folsom para dicho propósito. De cada arrastre, los organismos se colocaron en probetas de 100 y 250 ml y se dejaron sedimentar por 24 horas. Después, se registró la lectura de cada muestra y se multiplicó por dos para obtener la biomasa sedimentada al 100 %, de la muestra tratada.

Para estimar la biomasa zooplanctónica por peso seco, primeramente se taró un pequeño recipiente de aluminio en una balanza Metter Toledo GmbH de Tipo BD202, se colocó, por triplicado, un mililitro de biomasa sedimentada, se pesó y posteriormente se secó a 60 °C en un horno marca Precision–Gravity Convection oven Modelo STG – 145. El tiempo de secado dependió de la cantidad de humedad que tenía cada muestra, la cual varió de 24 a 48 horas. Se hicieron los cálculos de biomasa, extrapolando el resultado del peso seco al total del volumen sedimentado obtenido.



### VI.2.1.2. Abundancia

Para estimar la abundancia de los grandes grupos taxonómicos, se tomó un mililitro de biomasa sedimentada de cada muestra por cada transecto. Se colocó en una caja petri y se contó la totalidad de organismos. Los organismos se separaron en grandes grupos por medio de un microscopio estereoscópico modelo Olympus modelo SD-ILK. Se utilizaron las claves taxonómicas de clasificación de Gasca y Suárez, (1996) y Sund (1958). Para calcular la cantidad total de organismos en cada punto de muestreo, se extrapoló la cantidad de animales contados en el mililitro a la cantidad total de la biomasa sedimentada en mL.

La biomasa del zooplancton en peso seco fue estandarizada por volumen de agua filtrada a  $10 \text{ m}^3$ . Para el efecto, se consideró la diferencia entre el número inicial de revoluciones del flujómetro, menos la lectura final en dos minutos de arrastre de la red. También se tomó en cuenta el diámetro de la boca de la red, de 0.5 m. El volumen filtrado se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen filtrado (m}^3\text{)} = dr \times K$$

Donde:

K = Constante de calibración de flujómetro ( $0.0046456 \text{ m}^2/\text{revolución}$ ) obtenida previamente en arrastres en una distancia conocida, de 40 metros horizontales.

dr = Representa la diferencia de revoluciones en campo registrada en el arrastre, calculada como la lectura final del flujómetro menos la lectura inicial durante la calibración.

El número total de organismos obtenidos en la biomasa sedimentada se obtuvo al extrapolar la cantidad total de estos en un mililitro y para estandarizar las muestras a  $10 \text{ m}^3$  se tomó la cantidad de zooplancton total en la biomasa sedimentada y se relacionó con el volumen filtrado de agua en cada punto de muestreo, posteriormente se estandarizó al volumen por  $10 \text{ m}^3$ . Este procedimiento se repitió para cada una de las muestras y cada uno de los grupos del zooplancton.

## **VI.2.2. Análisis de isótopos estables de C y N**

El  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  fueron analizados en el Laboratorio Ambiental de Isótopos en la Universidad de Arizona. Las mediciones isotópicas se realizaron en un espectrómetro de masas de flujo continuo (*Continuous-Flow Gas-Ratio Mass Spectrometer*) Finnigan Delta PlusXL. Se colocó 1 mg de muestra pulverizada en capsulas de estaño. La combustión de las muestras se realizó mediante un analizador elemental (Costech) acoplado al espectrómetro de masas. Se utilizó el estándar IAEA-N-1 y IAEA-N-2 para  $\delta^{15}\text{N}$ . Para  $\delta^{13}\text{C}$ , NBS-22 y USGS-24. La precisión analítica es de  $\pm 0.2$  o mejor para  $\delta^{15}\text{N}$  ( $1\sigma$ ) y  $\pm 0.09$  o mejor para  $\delta^{13}\text{C}$  ( $1\sigma$ ), basado en análisis repetidos de estándares internos.

## **VI.3. Tratamiento Estadístico**

Todos los datos generados, tanto de los parámetros fisicoquímicos como de abundancia, fueron ordenados en tablas y figuras utilizando la hoja de cálculo Microsoft Excel, 2003. Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de homogeneidad de varianzas o Prueba de Bartlett (Zar, 1987). Con ello se determinó la aplicación de los análisis paramétricos o no paramétricos. Se aplicó el Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía, con sus pruebas *a posteriori*. También se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis. Para realizar las pruebas estadísticas se utilizó el paquete estadístico XLSTAT, versión 2010.

## VII. RESULTADOS

### VII.1.Salinidad

Las variaciones de salinidad superficial en las estaciones del año así como en los puntos de muestreo se muestran en la Figura 2. La salinidad más baja fue registrada en invierno con un valor promedio de 35.52 UPS, la más alta fue en verano con un valor promedio de 36.5 UPS. En primavera y otoño las salinidades que se registraron tuvieron valores promedio intermedios y fueron de 36.06 y 36.01 UPS respectivamente. Las salinidades a lo largo de los puntos de muestreo se observaron uniformes. Sin embargo se encontraron diferencias significativas entre las estaciones del año, los valores diferentes fueron altos en verano y bajos en invierno ( $P < 0.021$ ).

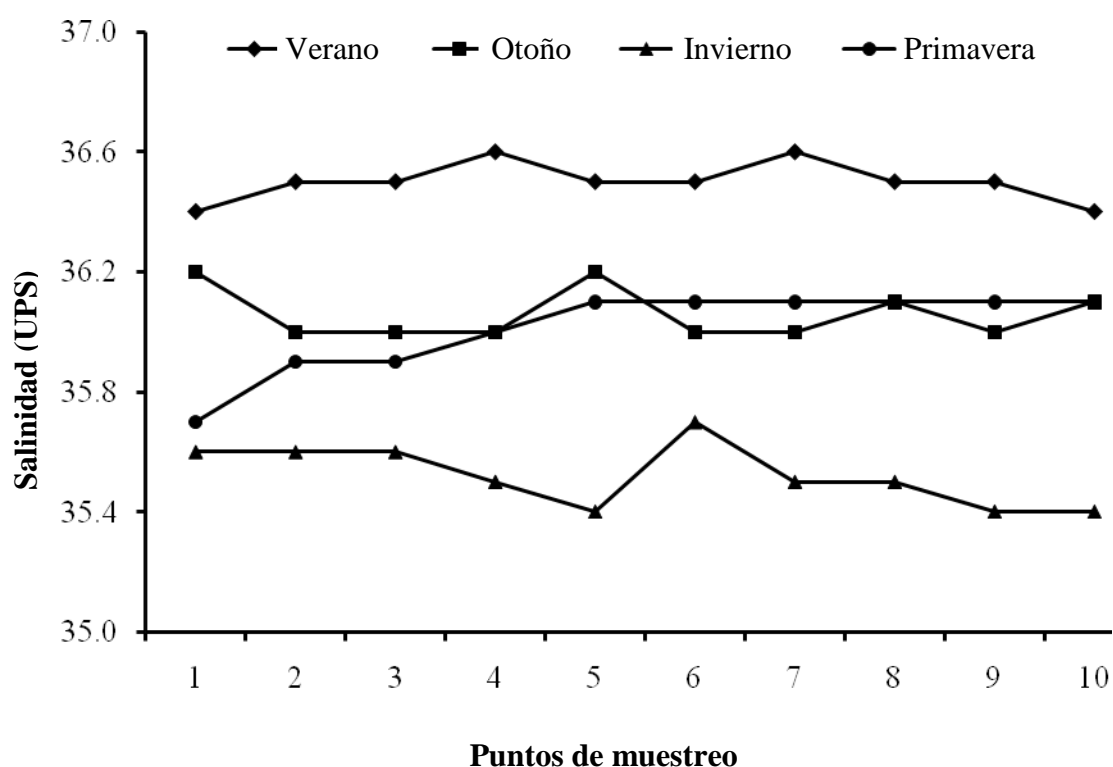


Figura 2. Variación estacional de la salinidad superficial durante 2009 y 2010 en el área aledaña a las descargas de granjas de camarón, en Bahía de Kino, Sonora. Los valores de los registros son puntuales.

## VII.2. Temperatura

La temperatura superficial demostró que la variación en las estaciones del año fue muy marcada en verano-otoño con valores máximos y en invierno-primavera con valores mínimos (Fig. 3). En verano la temperatura promedio más alta fue de 31.3 °C, la más baja fue registrada en invierno con 19.2 °C. En otoño y primavera la temperatura fue de 27.2 y 21.5 °C. La temperatura a lo largo de los puntos de muestreo se mostró uniforme en las estaciones del año. Sin embargo, la temperatura estacionalmente varió significativamente ( $P < 0.041$ ).

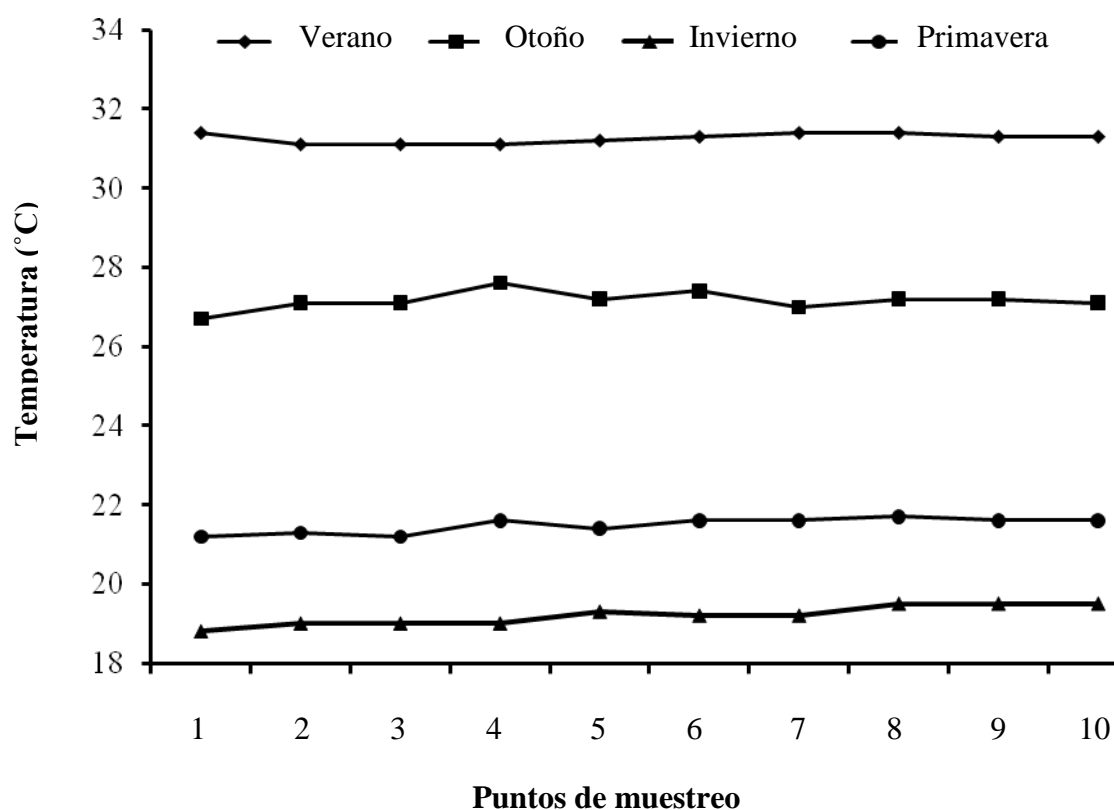


Figura 3. Variación estacional de la temperatura superficial durante 2009 y 2010. Los valores de los registros son puntuales.

### VII.3. Oxígeno Disuelto

La variación de oxígeno disuelto superficial en las estaciones del año así como en los puntos de muestreo, demostró que los valores más altos fueron registrados en otoño y los más bajos en verano (Fig. 4). Los niveles más altos de oxígeno disuelto se registraron en otoño, con 9.9 mg/L y los más bajos fueron en verano con 5.5 mg/L. Por su parte en invierno y primavera fueron de 7.5 y 6.6 mg/L, respectivamente. A lo largo de los puntos de muestreo el oxígeno se mostró uniforme, mientras que en las estaciones del año mostraron diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ).

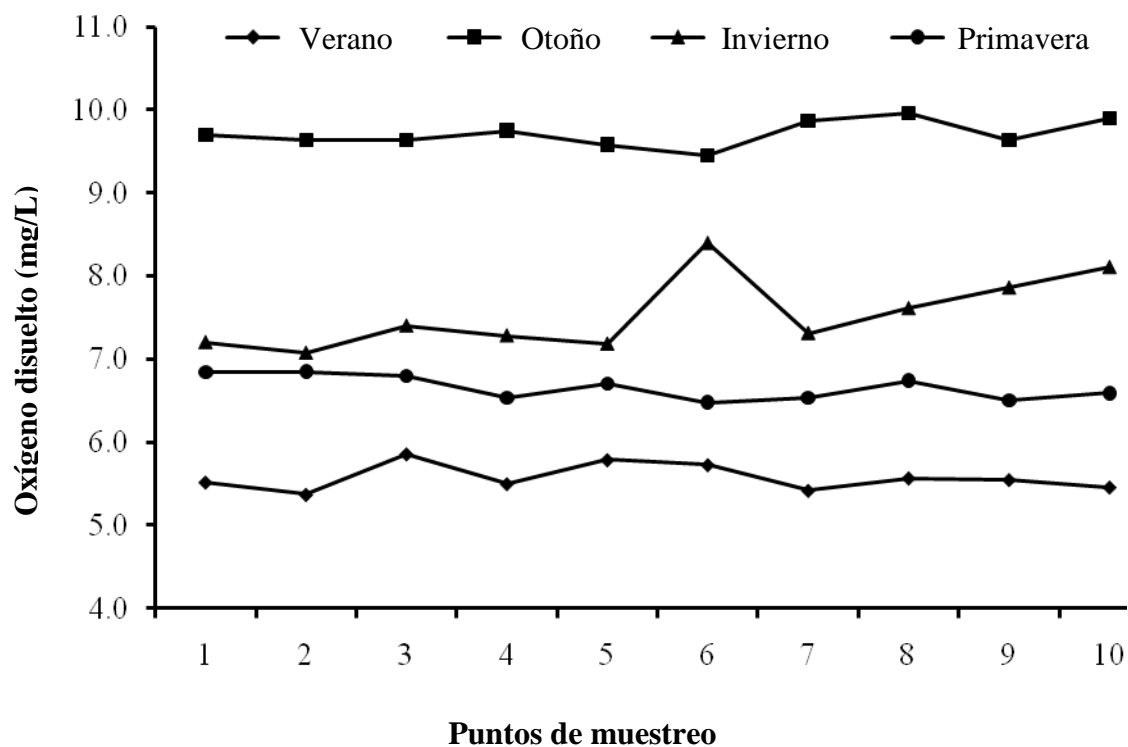


Figura 4. Variaciones de oxígeno disuelto en superficie desde verano y primavera, 2009 y 2010. Los valores de los registros son puntuales.

#### VII.4. Saturación de Oxígeno

Los valores de saturación de oxígeno disuelto superficial registrados en las estaciones del año así como también en los puntos de muestreo, demostraron que en otoño se obtuvieron los valores más altos con 153.0 % y los más bajos en verano, primavera e invierno con 92.2, 93.3 y 100.4 % respectivamente (Fig. 5). A lo largo del los puntos de muestreo los valores fueron uniformes y otoño demostró diferencias significativas con respecto a verano, primavera e invierno ( $P < 0.037$ ).

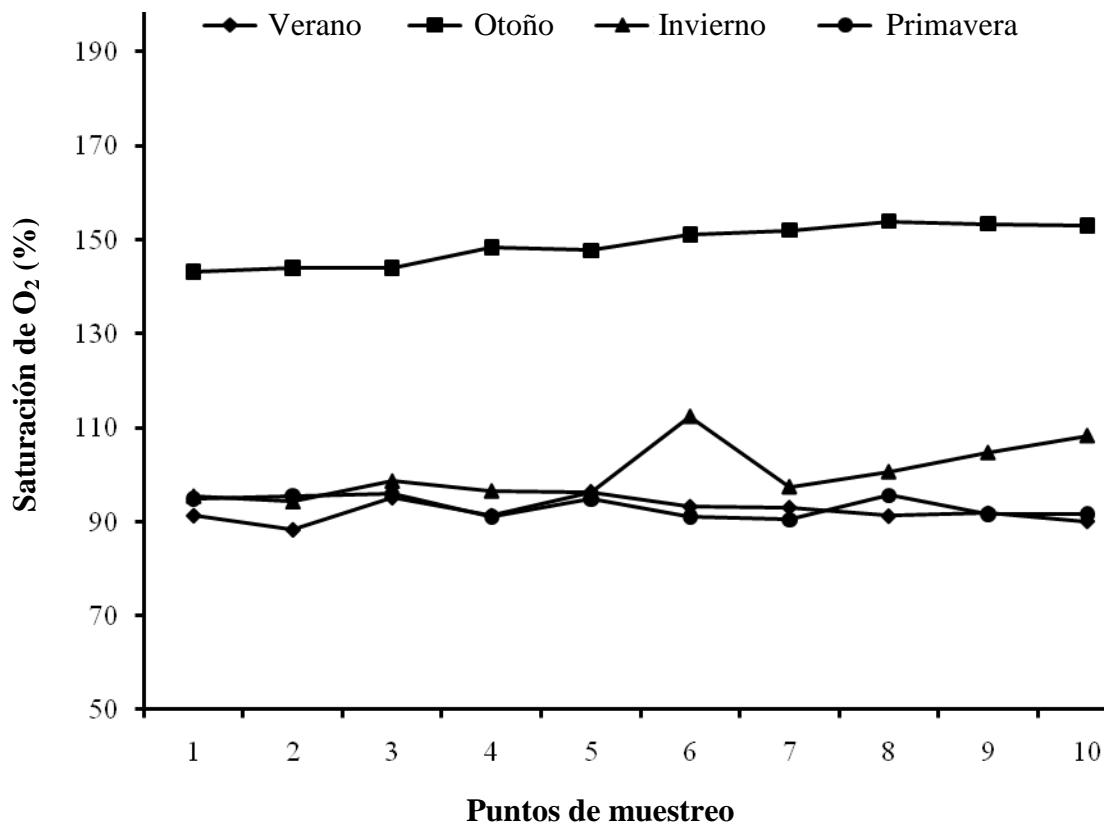


Figura 5. Variaciones de la saturación de oxígeno en superficie desde verano – primavera, 2009 a 2010. Los valores de los registros son puntuales.

### VII.5. Biomasa Zooplanctónica en Peso Seco por Estación del Año

La biomasa del zooplancton tuvo valores más altos en primavera con 2.64 g PS /10 m<sup>-3</sup> y los más bajos en verano con 0.47 g PS 10 m<sup>-3</sup> (Fig. 6). Seguidos por los valores de otoño e invierno que fueron de 1.21 y 1.12 g PS 10 m<sup>-3</sup>. Los valores de verano y primavera tuvieron diferencias significativas (P=0.05), mientras que las de otoño e invierno no lo fueron.

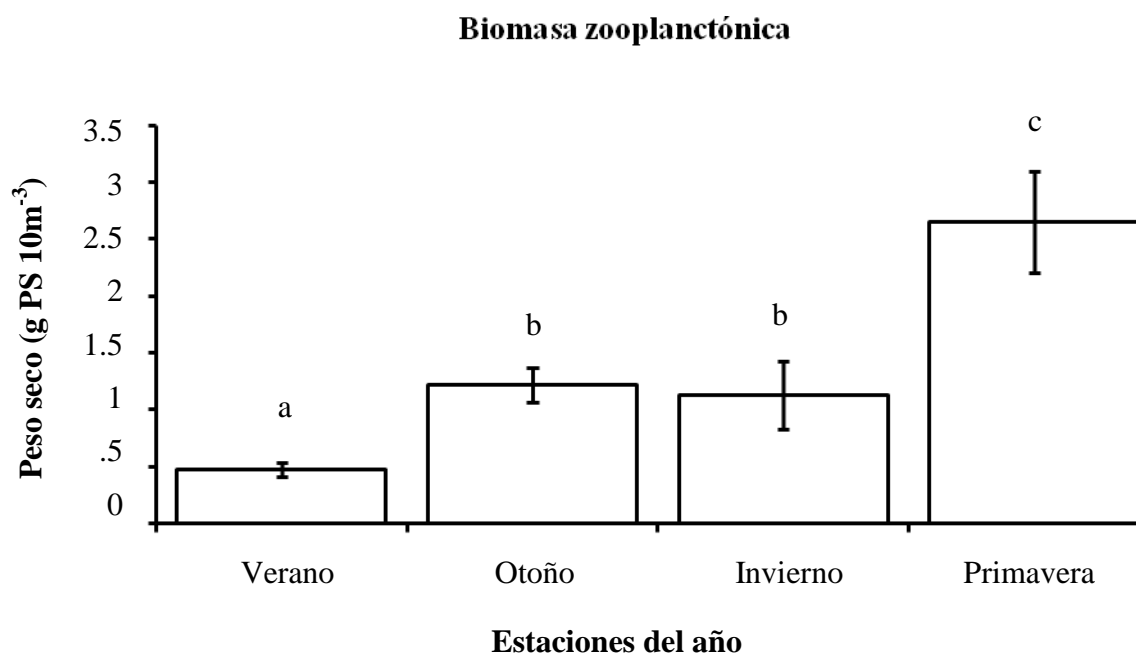


Figura 6. Biomasa de zooplancton en peso seco (g PS 10 m<sup>-3</sup>) en las diferentes épocas del año a lo largo del transecto muestreado, cerca de las granjas de camarón en Bahía de Kino, Sonora. Letras diferentes indican diferencias significativas.

### VII.5.1. Biomasa Zooplanctónica en Peso Seco por Puntos de Muestreo

Los valores de biomasa en peso seco en las estaciones del año fueron mayores en primavera con  $2.64 \text{ g PS } 10 \text{ m}^{-3}$ , y menores en verano con  $0.47 \text{ g PS } 10 \text{ m}^{-3}$ . Los valores de otoño e invierno fueron de  $1.21$  y  $1.12 \text{ g PS } 10 \text{ m}^{-3}$  (Fig. 7).

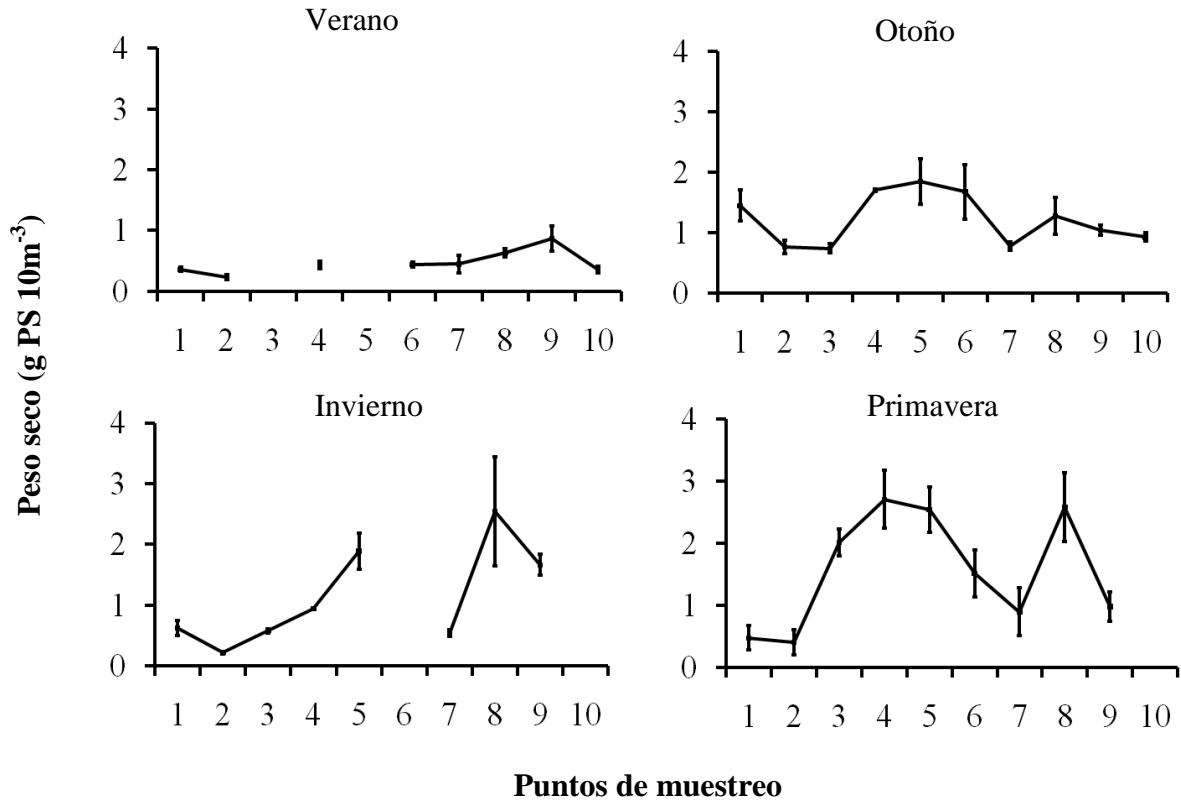


Figura 7. Biomasa zooplanctónica en peso seco ( $\text{g PS } 10 \text{ m}^{-3}$ ) en las estaciones del año a lo largo del transecto muestreado, cerca de las descargas de granjas de camarón en Bahía de Kino, Sonora.



## VI.6. Biomasa Total por Volumen Sedimentado

Los valores de biomasa peso húmedo mostraron máximos hasta de  $50\text{mL}/10\text{m}^{-3}$  en primavera y mínimos en verano hasta de  $2.32\text{ mL}/10\text{m}^{-3}$ . En las cuatro estaciones del año, los valores de zooplancton fueron más bajas en los puntos cercanos al dren de las granjas. Esto fue más notorio en primavera y verano, donde los valores no excedieron de  $20\text{mL}/10\text{m}^{-3}$  en las tres primeras estaciones (Fig. 8). Mediante el análisis de Kruskal Wallis, se observó que existieron diferencias altamente significativas ( $P=0.000$ ) de la biomasa zooplanctónica entre las estaciones del año. El análisis *a posteriori* indicó verano fue diferente del resto de las estaciones de año, mientras que otoño y primavera fueron iguales, así como entre invierno y primavera (Fig. 8).

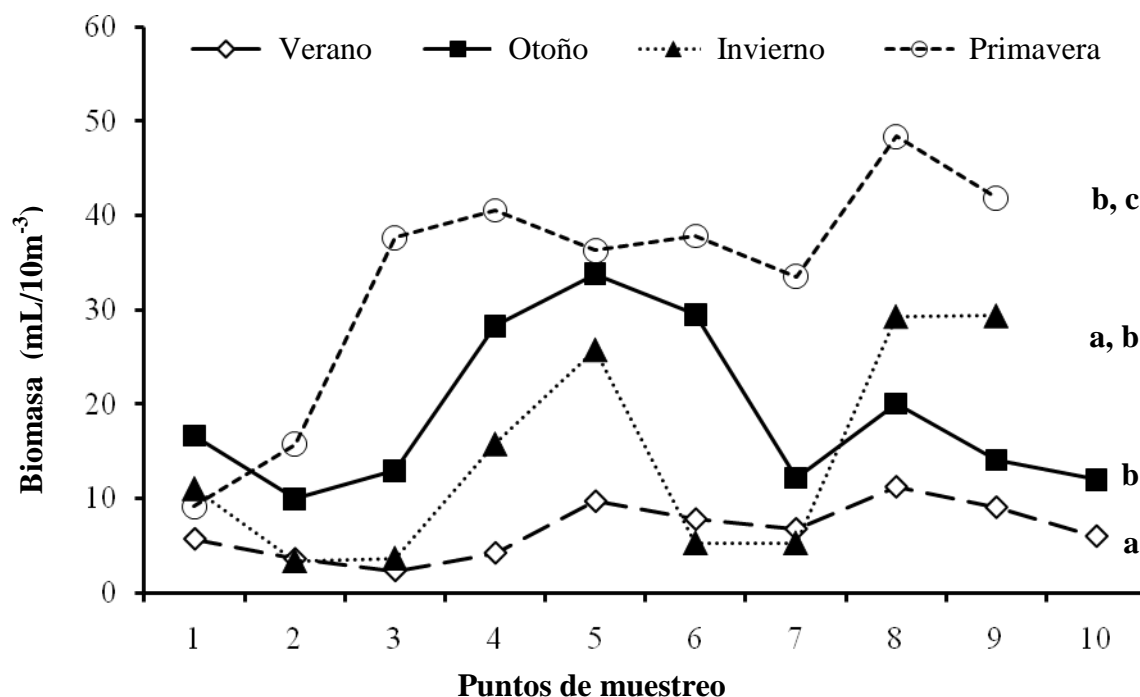


Figura 8. Biomasa por volumen sedimentado en las estaciones del año así como en los puntos de muestreo. Los puntos representan un transecto de aproximadamente 6 kilómetros.

## VII.7. Abundancia Zooplanctónica

El grupo copépoda fue el de mayor abundancia en las estaciones de verano (89 %) y otoño (90 %) (Fig. 9). El grupo dominante correspondió a los copépodos calanoides y los generos predominantes correspondieron a *Acartia* spp y *Labidocera* spp. Del resto del zooplancton, en invierno y primavera, el mayor porcentaje correspondió a huevos de peces (41 %) y zoeas del grupo de los Brachiura, con el 51 %. Después de los copépodos, los ctenóforos representaron el 14 % en invierno y finalmente en primavera el 6 % estuvo representado por huevos de peces.

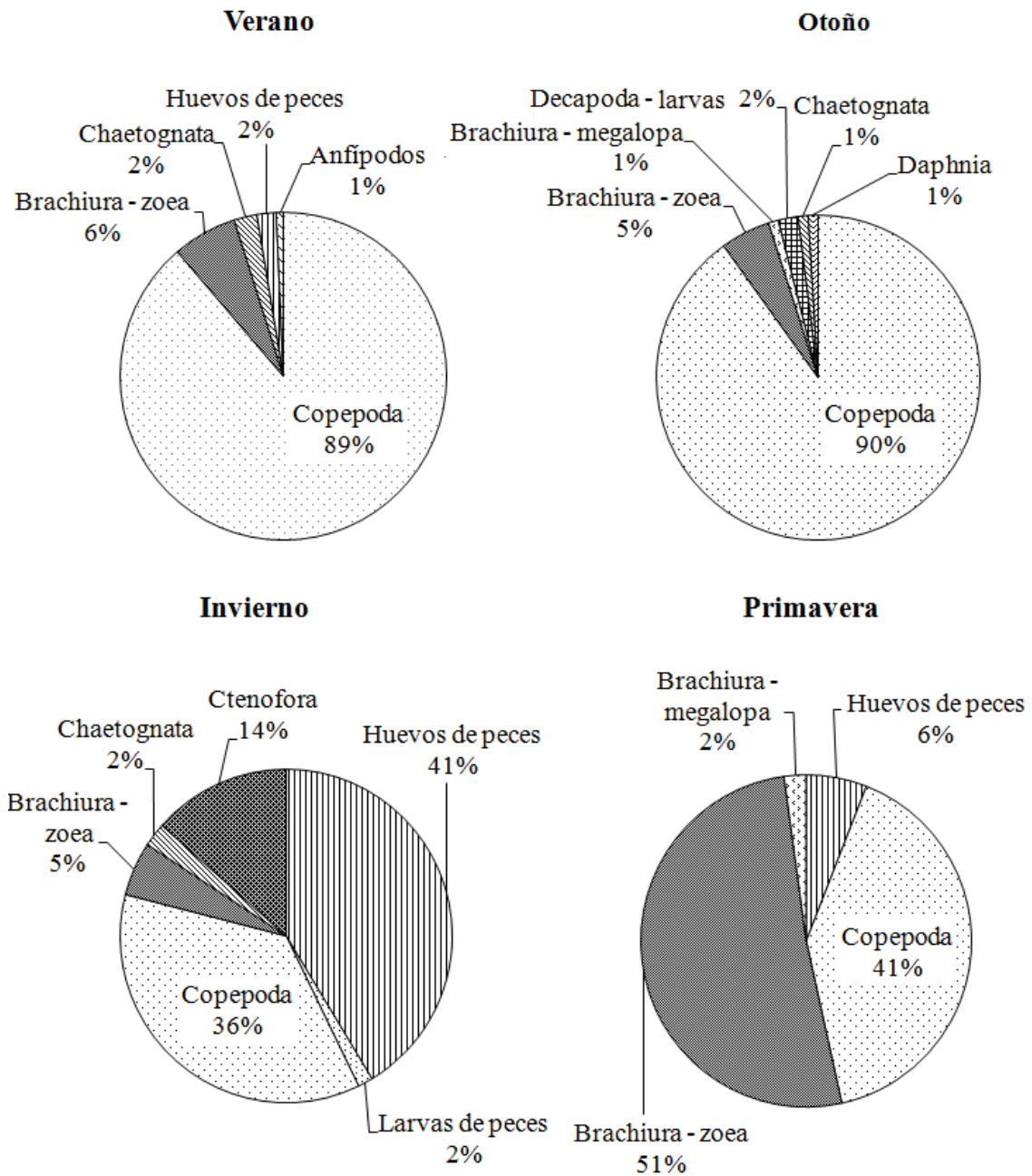


Figura 9. Principales grupos taxonómicos por abundancia del zooplancton en el transecto de estaciones en áreas cercanas a granjas de camarón en Bahía de Kino, Sonora. Grandes grupos presentes en verano, otoño, invierno 2009-2010 y primavera.

## VII.8. Biomasa Zooplanctónica y Composición Isotópica de Carbono

La biomasa total de zooplancton por peso seco varió desde 0.47 a 1.56 g/10m<sup>-3</sup>, mientras que el  $\delta^{13}\text{C}$  tuvo un intervalo de  $\delta^{13}\text{C}$  -16.51 a -22.11 ‰ (Fig. 10). El valor de biomasa zooplanctónica de verano fue el más bajo (.047 g/10m<sup>-3</sup>), y le correspondió al valor promedio más alto de  $\delta^{13}\text{C}$  con -17.1 ‰. El promedio de biomasa de zooplancton más alto se presentó en primavera con 5.4 g/10m<sup>-3</sup> y le correspondió el valor más bajo de  $\delta^{13}\text{C}$  = -20.8 ‰.

En las estaciones de muestreo no se observó un patrón consistente en los valores de la composición isotópica del  $\delta^{13}\text{C}$ , ya que hubo variación en los valores obtenidos.

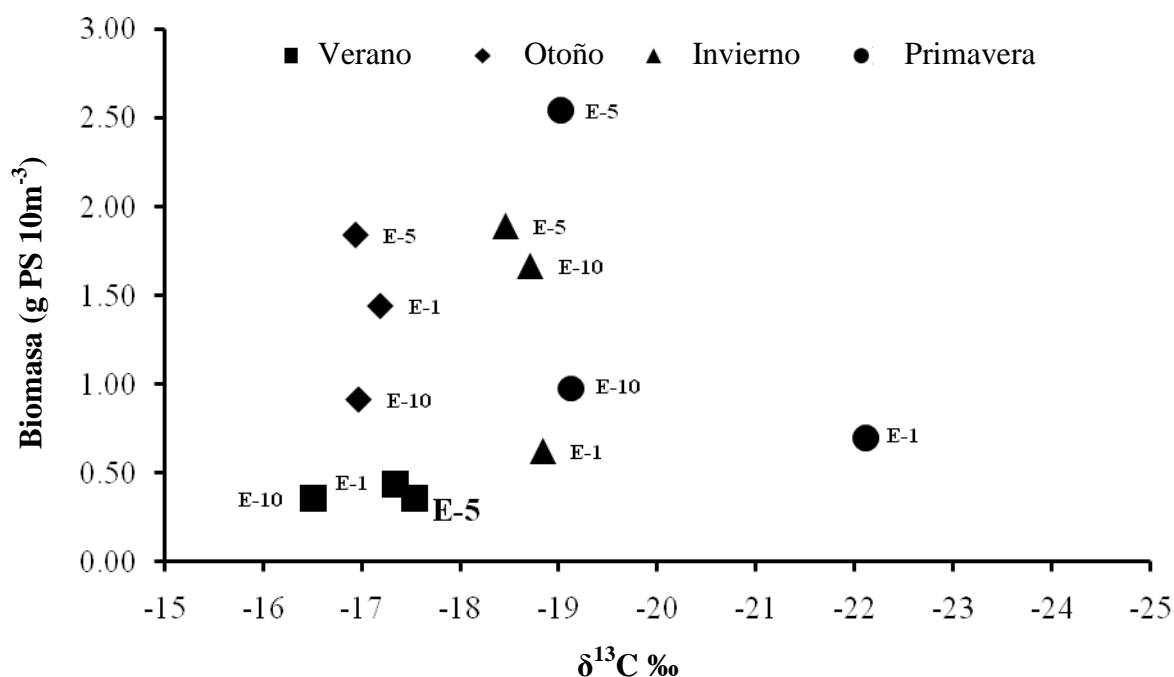


Figura 10. Composición isotópica de carbono en relación con la biomasa en las estaciones del año y los diferentes puntos de muestreo.

## VII. 9. Biomasa Zooplanctónica y Composición Isotópica de Nitrógeno

La variación entre la composición isotópica de nitrógeno y la biomasa total de zooplancton fue en un intervalo de 13.4 a 15.8 ‰ y de 0.47 a 1.56 g/10m<sup>-3</sup>, respectivamente (Fig. 11). En verano se presentó el valor promedio más bajo tanto en composición isotópica  $\delta^{15}\text{N}$  13.4 ‰ como en biomasa, 0.4 g/10m<sup>-3</sup>, correspondiendo preponderantemente (90 %) a la fracción de copépodos en la muestra. Los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en otoño fueron 15.0 ‰ donde también los copépodos constituyeron la fracción dominante (89 %). Los valores mayores de nitrógeno fueron en invierno con un promedio de  $\delta^{15}\text{N} = 15.76$  ‰; en este caso la distribución con un valor de biomasa de 1.12 g/10m<sup>-3</sup> en este caso la fracción de huevos de peces fue de 41 % y de copépodos con 36 %.

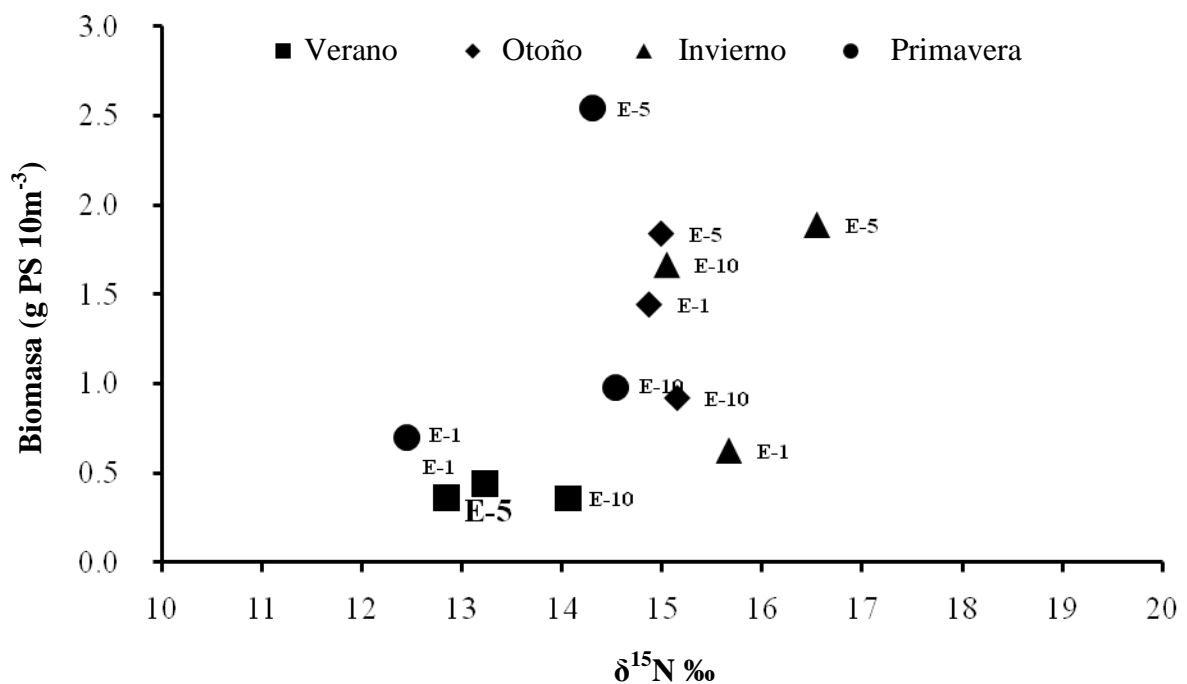


Figura 11. Composición isotópica de nitrógeno en relación a la biomasa zooplanctónica en peso seco por época del año.

## VII.10. Temperatura y Composición Isotópica de Carbono

Los valores de temperatura y composición isotópica de carbono del zooplancton estuvieron en un intervalo de 19.2 a 31.3 °C y  $\delta^{13}\text{C}$  -17.0 ‰ a -20.0 ‰ (Fig. 13). Los valores promedio más altos de carbono se registraron en otoño con -17.0 ‰ y el más bajo en primavera con 20.0 ‰, mientras los valores más altos de temperatura se registraron en verano con 31.3 °C y los más bajos en invierno con 19.2 °C. Se observa que los valores de temperatura y la composición isotópica se encuentran agrupados en los puntos de muestreo, de acuerdo con las estaciones del año con excepción de la E-1 en primavera.

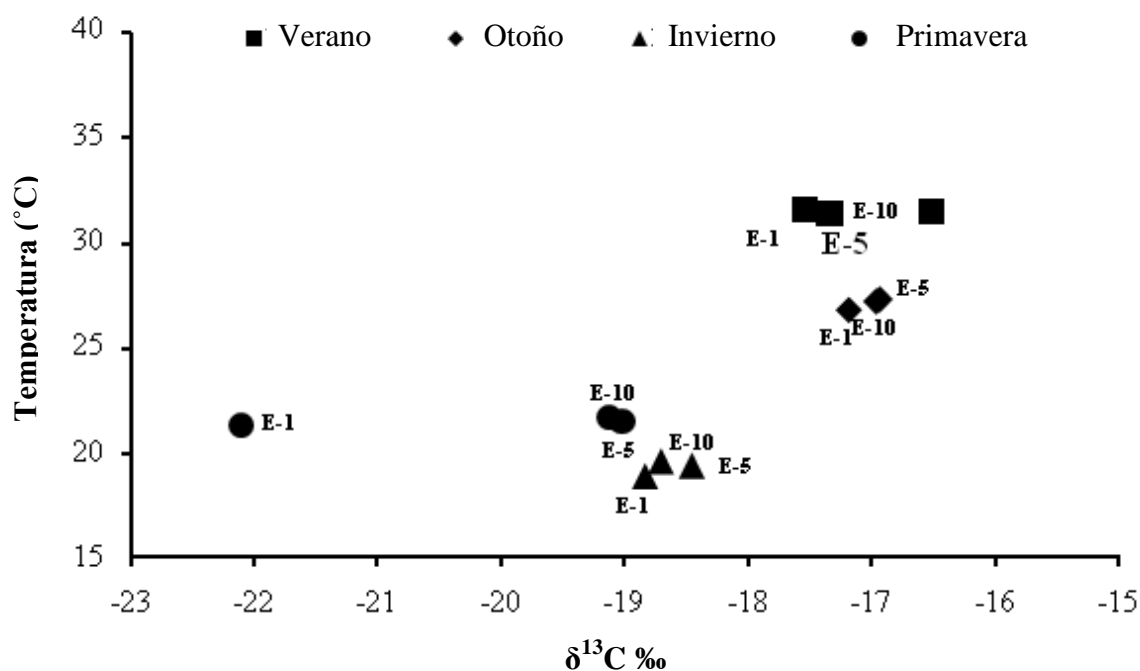


Figura 12. Valores de la composición isotópica de carbono con la temperatura registrada en las estaciones del año como en los puntos de muestreo.

## VII. 11. Temperatura y Composición Isotópica de Nitrógeno

Los valores de la temperatura del agua durante las estaciones del año registrados fueron de 19.2 a 31.3 °C mientras que la composición isotópica de nitrógeno en zooplancton tuvieron un intervalo de  $\delta^{15}\text{N}$  entre 13.4 a 15.8 ‰ respectivamente (Fig. 12). Los valores promedio más altos en  $\delta^{15}\text{N}$  fueron de 15.8 ‰ para invierno con el más bajo en verano de 13.4 ‰. El valor más alto en temperatura fue en verano con 31.3 °C y el más bajo fue en invierno con 19.2 °C. Se observa que en las estaciones de muestreo, los valores de verano de  $\delta^{15}\text{N}$  varían de 13 a 15 ‰ y se relacionan con las temperaturas más altas; es decir, puede observarse que existe una relación entre los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  con valores de temperatura y las estaciones de muestreo.

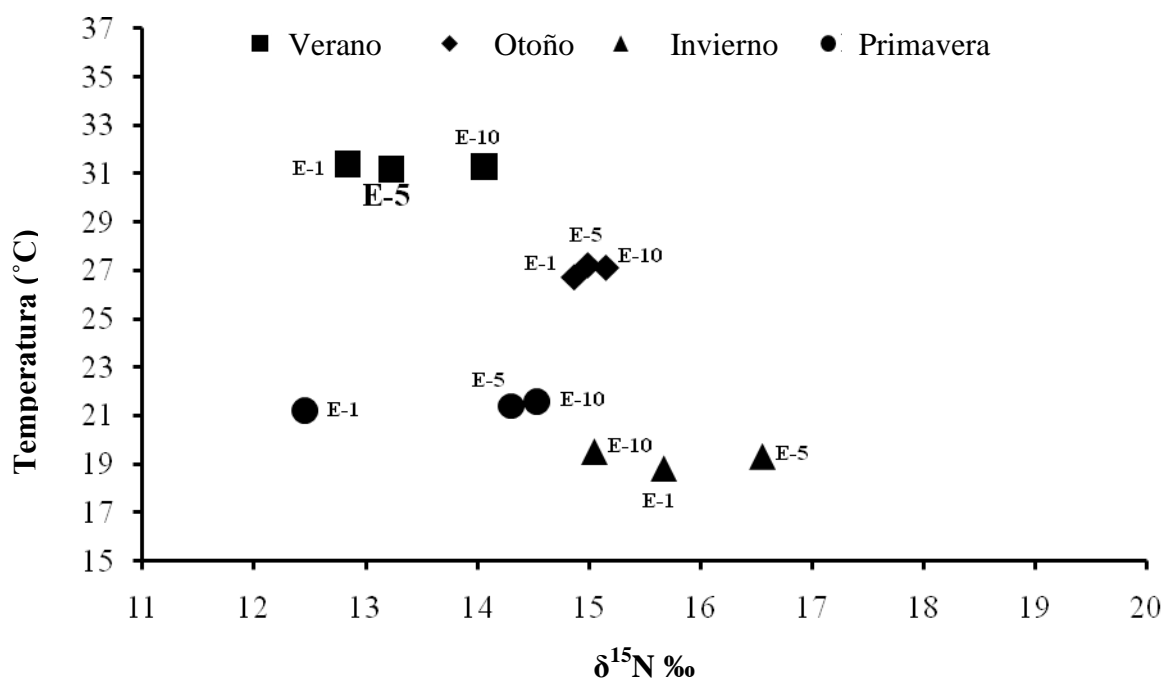


Figura 13. Valores de temperatura con relación a la composición isotópica de nitrógeno en los puntos de muestreo así como en las estaciones del año.

## VII.12. Oxígeno Disuelto y Composición Isotópica de Carbono

Los valores de oxígeno disuelto (OD) fueron de 5.59 a 10.59 mg/L y los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en zooplankton estuvieron en un intervalo promedio de  $-17.0$  a  $-20.0$  ‰. Los valores promedio más altos registrados para OD se presentaron en otoño con 10.59 mg/L y los más bajos en verano con 5.59 mg/L. Los puntos de muestreo (E-1 a E-10) forman agrupaciones en las estaciones del año, éstas se notan más marcadas en las estaciones de verano e invierno (Fig. 14).

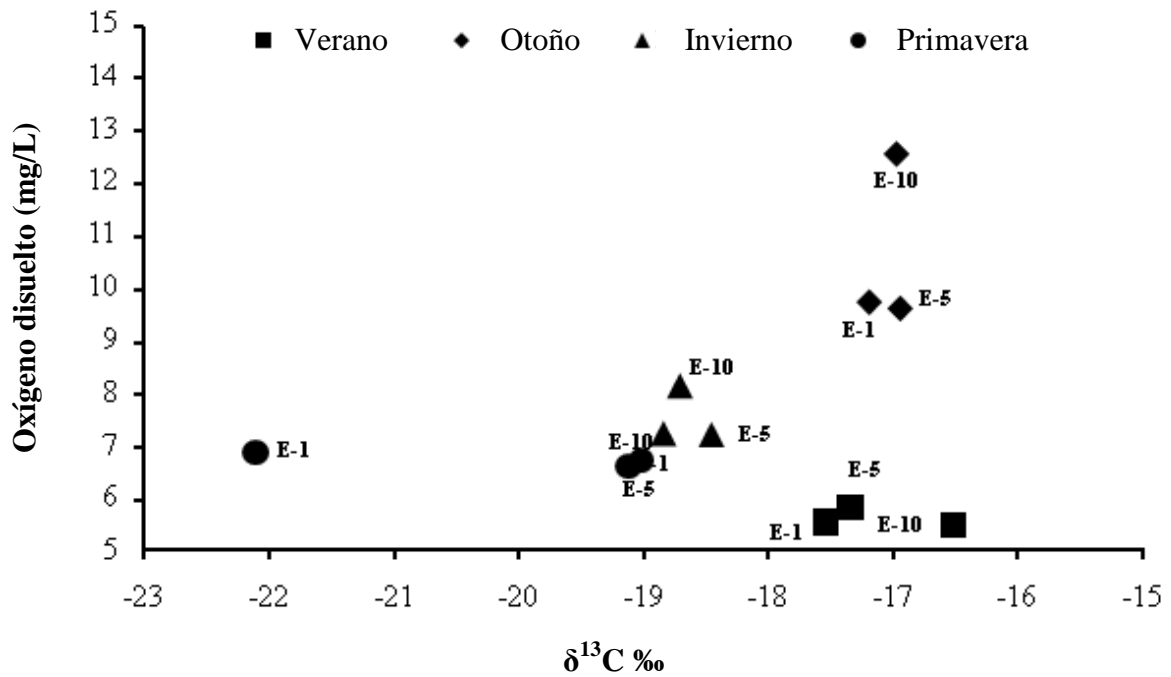


Figura 14. Relación entre el oxígeno disuelto y los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  registrados en los puntos de muestreo y en las estaciones del año.



### VII.13. Oxígeno Disuelto y Composición Isotópica de Nitrógeno

Los valores para oxígeno disuelto (OD) fueron de 5.59 a 10.59 mg/L y los de  $\delta^{15}\text{N}$  en el zooplancton variaron de 13.4 a 16.7 ‰ (Fig. 15). Los valores promedio más altos de oxígeno disuelto se registraron en otoño (9.9 mg/L) y los más bajos en verano (5.5mg/L). Los valores promedio más altos de  $\delta^{15}\text{N}$  fueron en invierno (15.8 ‰) mientras los más bajos en verano (13.4 ‰).

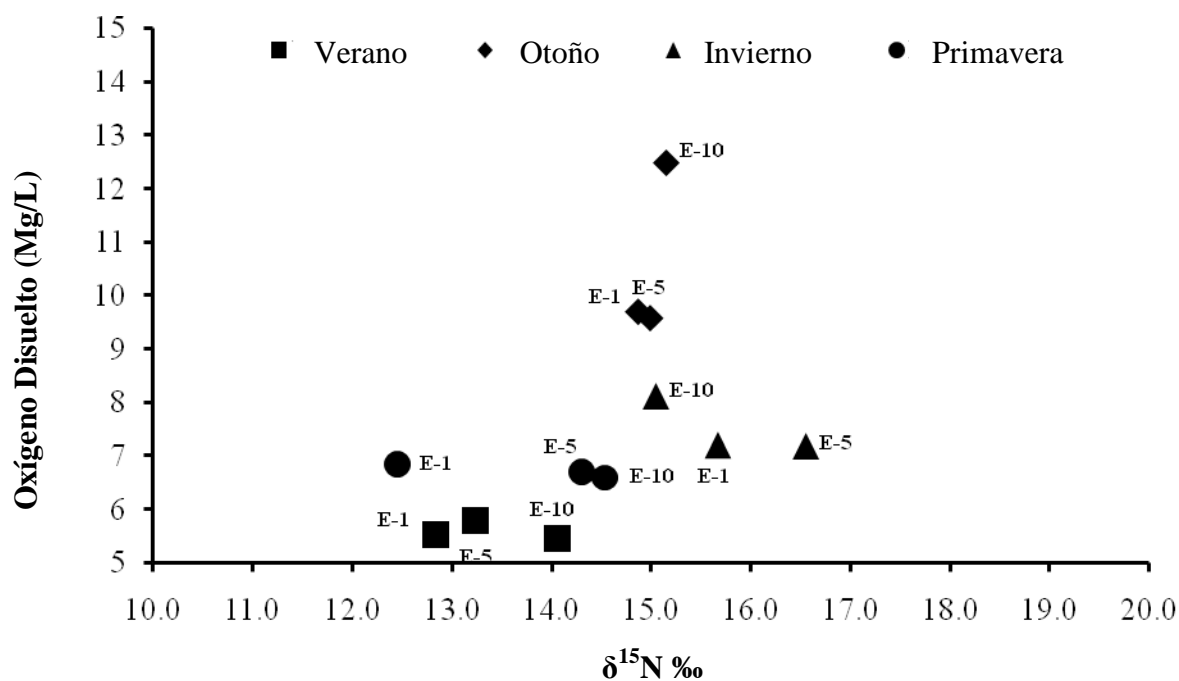


Figura 15. Valores de  $\delta^{15}\text{N}$  con relación al oxígeno disuelto registrados en los puntos de muestreo en las estaciones del año.

## VII. 14 Composición Isotópica de Carbono y Nitrógeno en la Biomasa Zooplanctónica

Los valores promedio de carbono del zooplancton variaron de  $-17.0$  a  $-20.1$  ‰, mientras que para los valores promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  fueron de  $13.4$  ‰ a  $15.8$  ‰ (Fig. 16). Los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  fueron más altos en otoño con  $15.8$  ‰ y los más bajos en primavera con  $13.4$  ‰. Los valores de mayor enriquecimiento de  $\delta^{13}\text{C}$  fueron en verano y otoño, con  $-17.0$  ‰ y el más bajo en primavera con  $-20.1$  ‰.

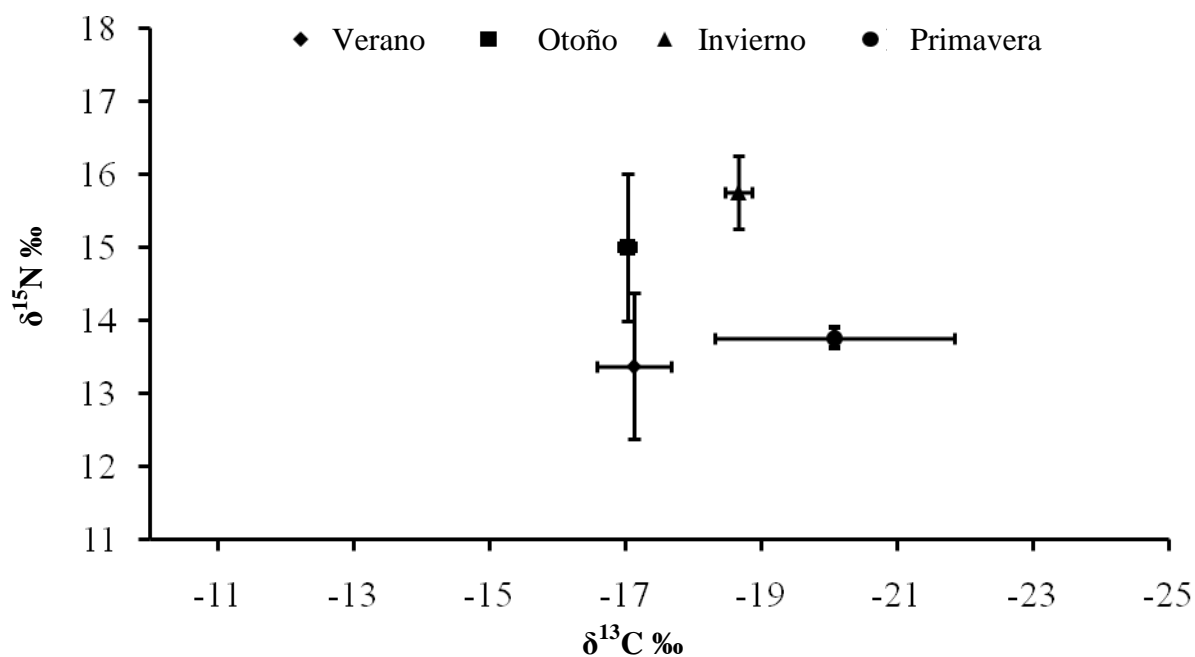


Figura 16. Relación entre los valores promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  y el  $\delta^{13}\text{C}$  del zooplancton en las estaciones del año.

## VIII. DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos son de vital importancia por la influencia que ejercen sobre la biota, puesto que en el ecosistema pelágico determinan la abundancia y composición de especies. La temperatura, salinidad y oxígeno disuelto son factores muy importantes en el agua porque influyen en las condiciones de vida de todos los organismos acuáticos. Por ejemplo, el oxígeno tiene mucha importancia y puede demostrar variaciones de acuerdo con las actividades antropogénicas. También la actividad fotosintética afecta los niveles de oxígeno disuelto en aguas costeras.

Así mismo el oxígeno disuelto se encuentra relacionado con la temperatura, este gas aumenta o disminuye según las variaciones en el agua. Colt (1983) señala que es común encontrar valores de oxígeno altos en temperaturas bajas y viceversa. Los resultados reportados en este trabajo muestran que los valores más altos de oxígeno disuelto (9.9 mg/L) se registraron en otoño a temperatura de 27.2 °C, mientras que en invierno la temperatura fue menor (19.2°C) con un valor promedio de 7.5 mg/L. Esta diferencia pudo ser debida a factores como la actividad biológica (respiración) y régimen de mareas, entre otros. La salinidad constante registrada en este estudio podría considerarse de poco efecto sobre la abundancia del zooplancton.

Por lo tanto, los factores fisicoquímicos en ecosistemas costeros ejercen una fuerte influencia en la transferencia de energía en los eslabones inferiores de la cadena alimenticia. Los nutrientes vertidos como producto de la actividad antropogénica en los ecosistemas costeros impactan de forma decisiva la abundancia y diversidad de este grupo, catalogado como indicador importante ya que el efecto de la eutrofización por diversas actividades humanas en la costa, impacta negativamente su diversidad y su abundancia (Chang *et al.*, 2009).

Después del fitoplancton el zooplancton, como segundo eslabón y los grupos taxonómicos que lo componen son muy diversos, mayormente si son estudiados a finas escalas de tiempo. Los grupos encontrados en este estudio solo representen una parte del total correspondiente a un ciclo anual. Sin embargo, en su conjunto, este grupo puede considerarse como indicador de la segunda posición trófica. Para propósitos del trazado de isótopos, en este estudio se ha considerado representativo de los cambios estacionales del año, acoplados a las descargas o efluentes de la actividad acuícola. La biomasa obtenida indicó cambios y estos se observaron muy marcadamente en verano y otoño con valores bajos, mientras que los altos se encontraron en primavera, aunque estos correspondieron al

grupo del holoplancton. Con baja biomasa, el grupo más dominante fue el de los copépodos con 90 % en verano y otoño, por lo que se puede considerar el conjunto representativo del holoplancton de Bahía de Kino para dichos periodos.

La composición isotópica de nitrógeno y carbono en el zooplancton ha sido estudiada y reconocida como indicadora de cambios en el flujo de nutrientes provenientes de fuentes como surgencias, estos son rápidamente incorporados por el fitoplancton, y transferidas hacia este grupo de manera inmediata (O'Reilly *et al.*, 2002). También la abundancia está influida por los cambios estacionales en los factores físicoquímicos en su conjunto. En el área de estudio, la temperatura fue más alta en verano (31.26°C) lo que coincide con la mínima biomasa de zooplancton (0.47 g PS 10m<sup>-3</sup>). Grijalva-Chon y Barraza-Guardado (1992) documentaron valores de temperatura en la bahía (32.2°C) lo cual coincide con los valores de verano. Los máximos valores encontrados de copépodos indican que este grupo domina bajo las condiciones de temperatura más alta en el verano, mientras que bajo temperaturas menores en primavera, 21.48°C, se denotó una mayor biomasa zooplanctónica. Pastén-Miranda y Barraza-Guardado (1987), encontraron que las menores densidades zooplanctónicas se presentaron en el invierno y las mayores en el resto del año.

La composición de isótopos estables de carbono orgánico (<sup>13</sup>C:<sup>12</sup>C) y nitrógeno (<sup>15</sup>N:<sup>14</sup>N) pueden ser usadas para proveer una descripción detallada de la estructura de la cadena alimenticia y modelos alimenticios de peces y zooplancton (Kling y Fry, 1992). Los valores de isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) de un consumidor indica la fuente de donde viene el carbono de la dieta de dicho consumidor (Peterson y Fry 1987; Post, 2002) mientras que los valores de isótopos estables de nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) pueden describir la posición trófica de un organismo (Post, 2002). Por lo tanto, la combinación de mediciones de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  pueden ser usadas para examinar cómo la fuente del carbono de una cadena trófica es sucesivamente transferida a altos niveles tróficos.

Los valores constantes de la salinidad, puede indicar un efecto no marcado en la abundancia de la biomasa en los puntos de muestreo. De los grupos identificados, Copepoda fue uno de los dominantes y por lo tanto representó gran parte de la biomasa zooplanctónica. Verano y otoño fueron similares en las abundancias de los grupos. En invierno se notó un aumento de ctenoforos que pueden ser depredadores de los copépodos. Además el grupo de los braquiuros y el meroplancton en su conjunto representó una mayor abundancia en invierno y primavera cuando los ciclos de vida y las estaciones reproductivas de estas especies se llevan a cabo.

Los copépodos son organismos clave en ecosistemas marinos ya que contribuyen con una fracción mayor de la producción secundaria, en este estudio la predominancia de ellos fue en verano y otoño. El ciclo de vida, es clave para trazar tanto su abundancia como la interacción entre especies, de los copépodos *Acartia tonsa* tiene un ciclo de vida de aproximadamente 50 días desde huevo hasta su muerte (Rodríguez-Graña, 2010). Por lo tanto y debido a la presencia de *Acartia* en Bahía de Kino, resulta útil este grupo de organismos como indicadores y trazadores isotópicos de carbono y nitrógeno, ya que la modificación de la firma isotópica puede verse en un periodo de corto tiempo.

Una de las formas mediante las cuales se pueden identificar los componentes como nitrógeno y carbono provenientes de las descargas antropogénicas es por medio de la composición isotópica en ellos (Guerrero y Berlanga, 2000). La composición isotópica en los organismos marinos de sistemas costeros y lagunares puede indicar una variación importante dependiendo de la fuente del alimento y su destino hacia los grupos de organismos analizados. Es decir, la posición trófica de las diferentes especies en cuanto a la incorporación del carbono de la dieta, puede indicar el origen de diversas fuentes (Vizzini *et al.*, 2005), tanto de origen marino como terrestre, lo cual es observable cuando el espectro de valores detectados comprende desde la fracción más pesada hasta la más ligera (Guzmán y de la Lanza, 1993).

Guzmán y de la Lanza (1993) mencionan que una variación amplia en la composición isotópica del carbono en un ecosistema marca una fuente variable de carbono, mientras que una pequeña indica un mismo origen del carbono. Los valores encontrados en el presente estudio denotan un rango estrecho ( $-17.0$  a  $-20.1$  ‰) y por lo tanto la fuente de  $\delta^{13}\text{C}$  para el zooplancton muestreado en frente de las descargas indica que tuvo un mismo origen.

La composición isotópica de carbono más enriquecida para el zooplancton se determinó en verano y otoño ( $-17.1$  y  $-17.0$ ) coincidiendo con el periodo de descargas de granjas. Se observa también que estos valores estuvieron asociados con uno de los menores valores de biomasa del zooplanctónica ( $0.47$  g PS  $10\text{m}^{-3}$ ) lo cual correspondió al grupo de los copépodos 89 y 90 % de la abundancia zooplanctónica. En invierno y primavera se determinó la fracción isotópica más ligera ( $-18.7$  y  $-20.0$  ‰) y ésta estuvo asociada con la mayor biomasa del zooplancton ( $1.12$  y  $2.64$  g/ $10\text{m}^{-3}$ ) que puede indicar su fuente en origen marino, ya que en este período no existen aportes asociados a granjas.

Es importante citar que en este período el zooplancton contribuyó en invierno con huevos de peces (41 %); copépodos (36 %) y brachiuros (14 %); ya que los peces se

sitúan en un nivel trófico superior, sus descendientes tendrán la composición isotópica del alimento consumido por los progenitores, puede ser que por eso que el  $\delta^{13}\text{C}$  en la estación donde abundaron los huevos de peces, tuvo valores diferentes. En primavera la abundancia de los brachiuros fue de (51 %) y copépodos (41 %), lo que representa una mezcla de varias especies, lo cual enmascara los valores reales de la fracción isotópica para cada grupo de organismos.

La composición de los grupos zooplanctónicos en verano e invierno fueron similares, con un 90 y 89 % de copépodos, la composición isotópica de  $^{15}\text{N}$  varió de 13.4 a 15.8 ‰ en verano y otoño. Mediante el estudio de isótopos estables se ha demostrado que los vertidos orgánicos ricos en nitrógeno provenientes del cultivo de camarón, tienen influencia en la composición isotópica de nitrógeno en animales bentónicos, como cangrejos detritívoros (Kon *et al.*, 2009). Así, los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  son de gran utilidad para indicar el nivel trófico en los organismos y es a su vez muy útil para determinar efectos de origen antropogénico.

Los efluentes de las granjas de camarón pueden contribuir significativamente a la modificación del estatus trófico de los sistemas adyacentes, ya que el nitrógeno interviene en el primer eslabón de las pirámides tróficas (Alongi *et al.*, 2000; Miranda *et al.*, 2007). Miranda *et al.* (2007) reportaron una carga de materia orgánica en suspensión de 0.92 ton/ha y de 547 kg de N/ha en un ciclo de 6 meses de los efluentes de una granja en el noroeste de México. En un trabajo realizado por Juárez-García (2010) reporta que en una granja con bajo recambio de agua, en el área de Bahía de Kino, la mayor fracción del nitrógeno inorgánico lo constituyeron los nitratos en las descargas.

La composición isotópica del zooplancton en el Golfo de California no está valorada en las áreas de influencia de granjas. Los valores de nitrógeno que corresponden normalmente al zooplancton son de 6 a 9 ‰ Fry (1988) en el noroeste del océano Atlántico. Por lo tanto, la composición isotópica de nitrógeno del zooplancton en este estudio indica que de 13.5 ‰ a 15 ‰ correspondió a una posición trófica superior. Valores en peces planctívoros (10.2 a 11.2 ‰) así como piscívoros (11 a 15.2 ‰) soportan fuertemente que lo encontrado en el zooplancton frente a descargas de granjas en Bahía de Kino, fue debido a los aportes del alimento no consumido del camarón, compuesto principalmente de harinas de pescado, ya que gran parte del alimento no utilizado se desecha al medio marino adyacente y trae incorporada una composición isotópica de niveles superiores al zooplancton.

Hay dos factores principales que hay que tomar en cuenta para afirmar si hay un efecto de las granjas de camarón en los organismos muestreados: 1) las granjas de camarón arrojan sus desechos al mar en el mes de septiembre, en la estación de otoño y 2) gran parte del alimento que se utiliza en las granjas camaronícolas que será desechado y no será consumido, está hecho a base de harina de pescado y se asume que este trae consigo la composición isotópica de un nivel trófico superior. La incorporación una composición isotópica en el zooplancton depende del metabolismo de los organismos y el tiempo que tome terminar el ciclo de vida.

Los valores que se registraron para invierno son más altos, sin embargo en este caso, la mayoría de los organismos muestreados fueron larvas y huevos de peces, de esta manera, los valores de nitrógeno que se tienen registrados para esta estación son adecuados para el tipo de organismos muestreados.

Resulta interesante hacer notar que la biomasa sedimentada zooplanctónica fue menor en los puntos de muestreo cercanos a las descargas de las granjas independientemente de las estaciones del año. Esto se apoya en los resultados obtenidos que a medida que se alejaban los puntos de muestreo de las descargas de las granjas, los valores de biomasa fueron aumentando. Esto indica de forma indirecta la incapacidad de crecimiento del zooplancton probablemente por efecto de eutroficación en la zona más cercana a las descargas de las granjas, en un radio aproximadamente de un kilómetro.

Este es el primer trabajo donde se documenta la composición isotópica de C y N en el zooplancton de Bahía de Kino, que debe ser tomado en consideración como una primera aproximación al efecto que tienen las granjas en la zona. Se necesita, por tanto un mayor esfuerzo donde se incorporen otros organismos pelágicos como los peces consumidores del zooplancton que proporcionen una mayor información de la trama trófica, su posición en el ecosistema y el efecto que han tenido por causa del impacto humano.

## IX. CONCLUSIONES

- Los factores físicoquímicos como la temperatura y oxígeno disuelto variaron significativamente en Bahía de Kino en las cuatro estaciones del año. La salinidad presentó diferencias en verano e invierno, mientras que la saturación de oxígeno presentó diferencias en la estación de otoño.
- La biomasa del zooplancton en el área aledaña a las descargas presentó diferencias significativas en las estaciones de verano y primavera, mientras que en otoño - invierno no se presentó.
- Se encontró que el zooplancton presentó variaciones de acuerdo con dos grandes grupos. Los copépodos predominaron con máximos en verano y otoño, con mínimos en invierno y primavera. Los brachiuros, después de los copépodos, también estuvieron presentes en todas las estaciones del año, con máximos en primavera y mínimos en otoño y verano.
- Los valores encontrados en el presente estudio denotaron un rango estrecho en la composición isotópica de carbono, lo cual indicó que la fuente de alimento fue de un mismo origen.
- La composición isotópica de carbono más enriquecida para el zooplancton se determinó en verano y otoño, coincidiendo con el periodo de descargas de granjas.
- En invierno y primavera se determinó la fracción isotópica más ligera asociada con la mayor biomasa de zooplancton que puede indicar el origen marino del carbono ya que en ese periodo no existen aportes asociados a granjas.
- El zooplancton presentó una composición isotópica de niveles tróficos superiores lo cual se atribuye al alimento de las granjas de camarón no consumido y arrojado al medio marino adyacente.



## **X. RECOMENDACIONES**

- Para obtener un cuadro más robusto acerca de la composición isotópica que influyen en el ambiente marino, se recomienda realizar muestreos mensuales.
- Analizar los isótopos estables de C y N en el agua de las descargas de las granjas de camarón.
- Se recomienda muestrear fitoplancton y zooplancton para trazar la trama trófica con la composición isotópica.
- Realizar el análisis de la composición isotópicas por grupos del zooplancton.
- Realizar un estudio integral de la influencia de las descargas de todas las granjas sobre la franja costera de Sonora, por medio de la composición isotópica del C y N.

## XI. LITERATURA CITADA

- Alongi, D. M., D. J. Johnston y T. T. Xuan. 2000. Carbon and nitrogen budgets in shrimp ponds of extensive mixed shrimp-mangrove forestry farms in the Mekong delta, Vientam. *Aquaculture Research* 31:387-399.
- Barnes, R. y E. Ruppert. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Mc. Graw Hill Interamericana. México. 1116p.
- Barraza-Guardado, R. H. López-Torres, J. A. Cruz-Varela, A. Miranda-Baeza y A. Arreola-Lizarraga. 2009. Caracterización y dispersión de los componentes de la calidad de agua en un dren colector de aguas residuales de granjas camaronícolas en Bahía de Kino, Sonora. Informe Técnico Final. Clave: ICDSI0801I. Universidad de Sonora, DICTUS. Hermosillo, Sonora, México. 41p.
- Barraza-Guardado, R. H. y Pastén-Miranda, N. 1987. Ciclo anual del plancton en Bahía de Kino, Sonora. Informe Técnico Final. Clave: PCMABNA-020109. Universidad de Sonora, CICTUS. Hermosillo, Sonora, México. 65p.
- Bouillon, S., P. Chandra Mohan, N. Sreenivas y F. Dehairs, 2000. Sources of suspended organic matter and selective feeding by zooplankton in an estuarine mangrove ecosystem as traced by stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series* 208:79–92.
- Casas, R., J Dettmer. 2007. El sector acuícola en el noroeste de México: importancia del conocimiento y la innovación. *Gaceta ide@s CONCYTEG*, n° 19.
- Castro-Longoria, R., J. M. Grijalva-Chon. 1991. Variabilidad Espacio-Temporal de Nutrientes y Seston en la Laguna Costera La Cruz, Sonora. *Ciencias Marinas* 17:83-97.
- Chang, K.-H., H. Doi, Y. Nishibe, Y. Obayashi y S. Ichi Nakano. 2009. Spatial and temporal distribution of zooplankton communities of coastal marine water receiving different human activities (Fish and Pearl Oyster Farming). *The Open Marine Biology Journal* 3:83-88.
- Collin S. D., R. Dudley y B. Chelton. 1987. Zooplankton Variability in the Gulf of California Current, 1951 – 1982. *CalCOFI Rep. Vol XXVIII*,
- Colt, J. E. 1983. The computation of dissolved gas levels as a function of temperature, salinity, and pressure. *Water Research* 8:841–849.
- Curtis, H. y M. S. Barnes. 2001. *Biología*. Freeman. Nueva York. 1496 p
- Dettmer, J. 2009. La construcción de capital social en la acuicultura: el caso de la Región Noroeste de México. *Territorios* 20-21:53-83.
- Escarria, E., S. Beltrán-León, A. Giraldo. 2006. Ictioplancton superficial de la cuenca del océano Pacífico Colombiano (septiembre 2003). *Investigaciones Marinas, Valparaíso*. 34: 169-173.

- Fernández de Puellas M. 1990. Evolución temporal de la biomasa zooplanctónica en el Mar Balear. Boletín del Instituto Español de Oceanografía 6:95-106.
- Fry B. 1988. Food web structure on Georges Bank from stable C, N and S isotopic composition. Limnology Oceanography 33:1182-1190.
- Gasca, R. y E. Suárez, 1996. Introducción al estudio del zooplancton marino. El colegio de la frontera Sur (ECOSUR)/CONACYT. México. 711 pp.
- González-Félix, M. y M. Pérez-Velázquez. 2006. Un panorama del presupuesto del nitrógeno para el cultivo del camarón. Avances en nutrición acuícola VIII. VIII Simposium internacional de nutrición acuícola. 15-17 de noviembre, Mazatlán Sinaloa México. 175-181.
- Grijalva-Chon, J. M. y R. H. Barraza-Guardado. 1992. Distribución y abundancia de las postlarvas y juveniles de los camarones del genero *Penaeus* en Bahía de Kino y la Laguna Costera La Cruz, Sonora, México. Ciencias Marinas 18:153-169.
- Guerrero, R. y M. Berlanga, 2000. Isótopos estables: Fundamento y aplicaciones. Actualidad SEM. 30:17-23.
- Guzmán, A., G. de la Lanza, 1993.  $\delta^{13}\text{C}$  del zooplancton, crustáceos decápodos y anfípodos de Laguna de Términos, Campeche (México), con referencias a fuentes de alimentación y posición trófica. Ciencias Marinas 19:245-264.
- Hoefs, J. 2009. Stable isotope Geochemistry. University of Göttingen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 285pp.
- Juarez-García, M. 2010. Eficiencia del uso del nitrógeno en un cultivo semi intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en módulos de estanques interconectados con bajo recambio de agua. Tesis de maestría. DICTUS. 85 pps.
- Kling, G. W. y B. Fry. 1992. Stable isotopes and planktonic structure in Artic Lakes. Ecology 73:561-566.
- Kon, Koetsu, Naoya Kawakubo, Jyun-Ichi Aoki. 2009. Effect of shrimp farming organic waste deposit feeder crabs in a mangrove estuary, based on stable isotope analysis. Fish Science 75:715-122.
- Lechuga-Deéze, C. H., I. Murillo-Murillo, F. Hernández-Sandoval y R. A. Mendoza-Salgado. 1997. Influencia del drenaje de estanques de cultivo de camarón sobre las características físicas y químicas de las aguas marinas adyacentes. Hidrobiológica. 7:27-32.
- Márquez-Brightdoom, B. Marín, J. R. Díaz-Ramos, L. Troccoli, S. Subero-Pino. 2007. Revista de Biología Marina y Oceanografía 42: 241-252.
- Martínez-Barragán, M. del P., A. Franco-Herrera, J. Medina-Calderón, A. Santos-Martínez. 2009. La comunidad de copépodos en las islas de providencia y Santa

Catalina (Caribe Colombiano) durante el periodo lluvioso (octubre) 2005. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 38:85-103.

Miranda A., D. Voltolina., M. A. Brambilla-Gamez, M. G. Frias-Espericueta, J. Simental. 2007. Effluent characteristics and nutriment loading of a semi-intensive shrimp farm in NW Mexico. *Vie et milieu – life and environment* 57:21 – 27.

O'Reilly, C. M. R. E. Hecky, A. S. Cohen y P. D. Plisnier. 2002. Interpreting stable isotopes in food webs: Recognizing the role of time averaging at different trophic levels. *Limnol. Oceanogr* 47:306-309.

Páez-Osuna, F. 2001. Eutroficación y camaronicultura. *Eutroficación y camaronicultura*. En: Osuna-Páez F (Ed). Osuna-Páez F (ed). *Camaronicultura y medio ambiente, Camaronicultura y Medio Ambiente*, pp. 158-173. El Colegio de Sinaloa, UNAM, México. El Colegio de Sinaloa, UNAM, México

Páez Osuna, F. 2005. Retos y perspectivas de la camaronicultura en la Zona Costera. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 1:21-31

Peterson, B. J. and B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 293-320.

Post, D. M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: Models, methods, and assumptions. *Ecology* 83: 703-718.

Rodríguez-Graña, L., D. Calliari., P. Tiselius., B. W. Hansen., H. Nilson Sköld. 2010. Gender-specific ageing and non-Mendelian inheritance of oxidative damage in marine copepods. *Marine Ecology Progress Series* 401:1-13.

Rodríguez-Valencia, J. A., D. Crespo, M. López-Camacho. 2000. *La camaronicultura y la sustentabilidad del Golfo de California*. 13 p.

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.

Sund, P. N. 1958. *A Key to the Chaetognatha of the Tropical Eastern Pacific Ocean*. Inter-American Tropical Tuna Commission, Scripps Institution of Oceanography, LaJolla, California.

Vizzini, S., B. Savona, T. D. Chi y A. Mazzola. 2005. Spatial variability of stable carbon and nitrogen isotope ratios in a Mediterranean coastal lagoon. *Hidrobiología* :73-82.

Vollenweider, R. A., R. Marchetti y R. Viviani. 1992. *Marine Coastal Eutrophication. The response of marine transitional systems to human impact: problems and perspectives for restoration*. Bologna, Italy. *Science of the Total Environment*. Elsevier Science. Supplement, 1325 pp.

Wu, R. S. 1999. Eutrophication, water borne pathogens and xenobiotic compounds: environmental risks and challenges. *Marine Pollution Bulletin* 39:11-22.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood, New Jersey. 718pp.