



Universidad Nacional Autónoma de México

---

---

Facultad de Ciencias

**Efecto de diferentes alimentos  
artificiales sobre el balance energético  
de las hembras ablacionadas del  
camarón Blanco (*Litopenaeus setiferus*:  
Linneo, 1767)**

**T E S I S**

**Que para obtener el título de**

**Biólogo.**

**Presenta:**

**Javier Eduardo Apodaca Hernández**

**Director de Tesis**

**Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés**



**México D. F.**

**2007**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE CIENCIAS

División de Estudios Profesionales



**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:  
Efecto de diferentes alimentos artificiales sobre el balance energético de las hembras  
ablacionadas del camarón blanco (*Penaeus setiferus*: Linneo, 1767)

realizado por Javier Eduardo Apodaca Hernández

con número de cuenta 8604800-2 , quien cubrió los créditos de la licenciatura en  
Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Tutor (a)  
Propietario Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés

Propietario M. en C. María del Pilar Torres García

Propietario Dr. Xavier Chiappa Carrera

Suplente Dr. René de Jesús Cárdena Vázquez

Suplente M. en C. Armando Cervantes Sandoval

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F., a 12 de septiembre  
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE BIOLOGÍA

del 2006

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



Este trabajo se realizó en las instalaciones del centro regional de investigaciones pesqueras (CRIP) Lerma-Campeche, Campeche, México, hoy Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) con sede en Sisal, Yucatán, México, en el marco del convenio celebrado entre la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Nacional de la Pesca (INP), y financiado en su totalidad por el proyecto DGAPA-IN-200994, bajo la dirección de la Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés

## Dedicatorias.

Este trabajo está dedicado al pedazo de paraíso que la vida me ha dado, Leticia, Mariana y Emilio, por todas las cosas que he aprendido y valorado estando con ellos. Mi familia.

A mi segunda familia, quienes fueron mi primer motivo para llegar a donde estoy, Eloísa, Javier, Rebeca y Edwin.

## Agradecimientos.

A la Dra. Gabriela Gaxiola Cortés, por la dirección de esta tesis, por sus comentarios y sobre todo por la paciencia, la ayuda no solo académica sino personal y el haber creído desde hace mucho tiempo, gracias por todo Gaby.

Al Dr. Xavier Chiappa Carrara, por todos los comentarios y observaciones hechas a este trabajo y por su valiosa amistad que más que un profesor se ha convertido en un amigo.

Al comité tutorial, por sus acertadas correcciones y observación al trabajo.

A la M. en C. Pilar Torres García, quien desde hace mucho tiempo ha creído en mi y fue capaz de apoyarme en muchas cosas no solo académicas sino personales y familiares, gracias, muchas gracias Maestra (mi segunda madre).

A la Dra. Leticia Arena Ortiz por todas las recomendaciones hechas al presente trabajo y por andar a mi lado en todo momento. Gracias Lola, te adoro.

A mi suegra Leticia por toda la corrección ortográfica y el apoyo logístico y moral familiar que permitieron realizar este documento. Gracias suegra.

A la fundación “Benito Apodaca ¡Vamos Tyson!” quien ha financiado parte de todo este gran evento.

A todas esas personas, que sabiéndolo o no, fueron participes de este trabajo.

A los antes mencionado y a los no mencionados también, los cuales son demasiados, Muchas Gracias.

Índice.	Pagina.
i. <b>Resumen</b>	9
ii. <b>Introducción</b>	10
a. <i>Metabolismo Energético y flujos de energía</i>	15
iii. <b>Antecedentes</b>	17
iv. <b>Objetivos</b>	20
a. <i>General</i>	20
b. <i>Particulares</i>	20
v. <b>Hipótesis de trabajo</b>	20
vi. <b>Material y Método</b>	21
a. <i>Captura y transporte de los reproductores</i>	21
b. <i>Mantenimiento de los organismos</i>	21
vii. <b>Diseño experimental Bifactorial</b>	23
a. <i>Descripción de los bioensayos</i>	24
b. <i>Descripción del modelo de Balance Energético y toma de muestras</i>	27
c. <i>Rutina de trabajo experimental para el cálculo del balance energético</i>	27
A. <i>Tasa de ingestión y recolección de heces fecales</i>	27
B. <i>Consumo de oxígeno</i>	28
C. <i>Excreción nitrogenada (UE+ZE)</i>	29
D. <i>Incremento de calor producto del alimento (HE)</i>	31
E. <i>Excreción Nitrogenada producto del alimento (ME)</i>	31
F. <i>Relación O:N</i>	31
viii. <b>Procesamiento de datos</b>	32
ix. <b>Resultados</b>	33
a. <i>Parámetros fisicoquímicos del agua</i>	33
b. <i>Presentación de los valores por variable medida</i>	33
1. <i>Consumo de Oxígeno de ayuno</i>	33
2. <i>Excreción nitrogenada de ayuno</i>	35
3. <i>Incremento de Calor</i>	37
4. <i>Excreción nitrogenada producto del alimento</i>	38
5. <i>Tasa de Ingestión del cóctel de alimento completo (fresco+ Pelet)</i>	39
6. <i>Absorción</i>	41
7. <i>O:N Ayuno</i>	42
8. <i>O:N alimentados</i>	44
9. <i>Eficiencia de Absorción corregida</i>	45
c. <i>Modelos de Balance Energético por condición experimental</i>	46
<i>Ggax con colesterol</i>	46
<i>Hembras</i>	46
<i>Machos</i>	47
<i>Purina</i>	47
<i>Hembras</i>	47
<i>Machos</i>	47
<i>Ggax con cabeza de camarón</i>	48
<i>Hembras</i>	48
<i>Machos</i>	48
<i>Rangen</i>	48
<i>Hembras</i>	48
<i>Machos</i>	49
i. <b>Discusión</b>	49
ii. <b>Conclusiones</b>	61
iii. <b>Recomendaciones</b>	62
iv. <b>Bibliografía</b>	62
<b>Apéndice I</b>	74

## Índice de Figuras.

1. Diagrama representativo del camarón blanco del atlántico <i>Litopenaeus setiferus</i>	11
2. Modelo de Balance Energético propuesto por Bureau et al <i>et al</i> , 2000	26
3. Diseño esquemático del respirómetro utilizado	28
4. Consumo de oxígeno de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	34
5. Consumo de oxígeno de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	34
6. Excreción Nitrogenada de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	36
7. Excreción Nitrogenada de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	36
8. Incremento de Calor (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	38
9. Incremento de Calor (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	38
10. Excreción Nitrogenada producto del alimento (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	39
11. Excreción Nitrogenada producto del alimento (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	39
12. Tasa de Ingestión (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	41
13. Tasa de Ingestión (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	41
14. Absorción (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	42
15. Absorción (Joules/animal/día) de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	42
16. Razón O:N de ayuno de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	43
17. Razón O:N de ayuno de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Purina)	43
18. Razón O:N alimentados de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)	45
19. Razón O:N alimentados de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	45
20. Eficiencia de Absorción corregida de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con colesterol y Purina)	46
21. Eficiencia de Absorción corregida de las hembras y machos de <i>Litopenaeus setiferus</i> alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)	46
22. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con Colesterol del bioensayo 1 expresados en porcentaje %.	74
23. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con Colesterol del bioensayo 1 expresados en porcentaje %.	74
24. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para las hembras Purina del bioensayo 1 expresados en porcentaje %.	74
25. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para los machos Purina del bioensayo 1 expresados en porcentaje %.	74
26. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2 expresados en porcentaje %.	75
27. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2 expresados en porcentaje %.	75
28. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para las hembras Rangen del bioensayo 2 expresados en porcentaje %.	75
29. Apéndice I. Modelo de Balance Energético para los machos Rangen del bioensayo 2 expresados en porcentaje %.	75



## Índice de Cuadros.

1. Serie histórica de la producción de Camarón en peso vivo en México. (Toneladas). 1995-2003	17
2. Producción mundial de Camarón.1993-2002. (Miles de toneladas)	17
3. Diseño experimental para la evaluación de dos alimentos comerciales (Purina y Rangen) y los experimentales (Ggax con Colesterol y Ggax con cabeza de camarón )	23
4. Análisis químico proximal de los alimentos peletizados utilizados en ambos bioensayos	25
5. Parámetros fisicoquímicos para el bioensayo 1 y el bioensayo2. (Promedio $\pm$ desviación estándar)	33
6. Consumo de oxígeno en Joules/animal /día para las hembras y los machos del bioensayo 1	35
7. Consumo de oxígeno de en Joules/animal /día para las hembras y los machos del bioensayo 2	35
8. Excreción Nitrogenada de ayuno en Joules/animal/día para las hembras y machos del bioensayo1 Purina	36
9. Excreción Nitrogenada de ayuno en Joules/animal/día para las hembras y machos del bioensayo 2	36
10. Incremento de Calor en Joules/animal/día para las hembras y machos del bioensayo 1	37
11. Incremento de Calor en Joules/animal/día para las hembras y machos del bioensayo 2	37
12. Excreción Nitrogenada producto del alimento en Joules/animal/día para las hembras y machos del bioensayo 1	38
13. Excreción Nitrogenada producto del alimento en Joules/animal/día para las hembras y machos del bioensayo 2	39
14. Tasa de Ingestión para hembras y machos correspondientes al bioensayo 1	40
15. Tasa de Ingestión para hembras y machos correspondientes al bioensayo 2	40
16. Absorción de las hembras y los machos correspondientes al bioensayo 1	41
17. Absorción de las hembras y los machos correspondientes al bioensayo 2	42
18. Valores promedio de la razón O:N de ayuno correspondiente a las hembras y los machos del bioensayo 1	43
19. Valores promedio de la razón O:N de ayuno correspondiente a las hembras y los machos del bioensayo 2	43
20. Valores promedio de la razón O:N alimentados correspondiente a las hembras y los machos del bioensayo 1	44
21. Valores promedio de la razón O:N alimentados correspondiente a las hembras y los machos del bioensayo 2	44
22. Valores promedio de la Eficiencia de Absorción corregida del bioensayo 1	45
23. Valores promedio de la Eficiencia de Absorción corregida del bioensayo 2	46
24. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con Colesterol del bioensayo 1	47
25. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con Colesterol del bioensayo 1	47
26. Modelo de Balance Energético para las hembras Purina del bioensayo 1	47
27. Modelo de Balance Energético para los machos Purina del bioensayo 1	48
28. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2	48
29. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2	48
30. Modelo de Balance Energético para las hembras Rangen del bioensayo 2	49
31. Modelo de Balance Energético para los machos Rangen del bioensayo 2	49
32. Resumen de los modelos de Balance Energético incluyendo los dos bioensayos en Kj/animal/día	52
33. Comparación de los valores de metabolismo respiratorio entre <i>L. vannamei</i> y otros crustáceos en KJoules/animal/hora. Donde HiE corresponde a la respiración en ayuno y HiE <sup>(1)</sup> es el incremento de calor, N-NH <sub>4</sub> es la excreción nitrogenada y RE corresponde al metabolismo respiratorio	53
34. Aporte nutricional de cada uno de los tratamientos experimentales incluye alimento fresco y alimento peletizado	56

## *i. Resumen*

En 2000 Bureau et al *et al*, propuso el modelo de balance energético específico para crustáceos. El objetivo de este trabajo con base en este modelo, es determinar el efecto de cuatro alimentos artificiales complementarios los cuales contenían dentro de su formulación diferentes tipos y niveles de inclusión de ácidos grasos. Se probaron 2 alimentos experimentales (Ggax con colesterol y Ggax con cabeza de camarón) y 2 comerciales (Purina y Rangen). Los valores de producción para las hembras alimentadas con Ggax con colesterol fueron de 7382 Joules/animal/día, mientras que para los machos fue de -3147 Joules/animal/día, en el caso del alimento Purina las hembras presentaban valores de producción de 5800 Joules/animal/día y en los machos los valores fueron de -8444 Joules/animal/día. Para el caso del alimento que contenía cabeza de camarón los valores en ambos sexos fueron -4941 Joules/animal/día y de - 4329 Joules/animal/día hembras y machos respectivamente, así mismo los valores de producción para el alimento Rangen fueron negativos, las hembras presentaron -6139 Joules/animal/día y los machos - 4329 Joules/animal/día. Por otra parte los valores de eficiencia de absorción corregida para el alimento Ggax con colesterol fueron de 96.4 %  $\pm$  1 y de 97  $\pm$  0.1 % hembras y machos respectivamente y de 96.5  $\pm$  0.4 % y 97.5  $\pm$  0.1 % para hembras y machos alimentados con Purina, todos del bioensayo 1, para el bioensayo 2 se obtuvieron valores de eficiencia de absorción corregida de 62.8  $\pm$  0.2 % y 65.4  $\pm$  0.5 % hembras y machos respectivamente alimentados con Ggax con cabeza de camarón y de 59.8  $\pm$  3.5 % y 61.4  $\pm$  0.9 % hembras y machos respectivamente para los alimentados con Rangen. Se identificaron 2 grupos de alimentos, 1) el que cubrió los requerimientos energéticos y metabólicos básicos y 2) el que no los cubría, siendo Ggax con colesterol y Purina los mejores alimentos para las hembras obteniendo porcentajes de producción de 64 % y 44 % respectivamente.

Palabras clave: camarón, reproductores, alimentos complementarios, balance energético, *Litopenaeus setiferus*, Producción.

## ***ii. Introducción.***

La acuicultura se ha definido como la actividad que se desarrolla para producir organismos acuáticos con fines comerciales, dentro de esta industria, la camaronicultura juega un papel de gran importancia ya que es una actividad que se está desarrollando no solo para sustituir sino para complementar la captura de organismos marinos y dulceacuícolas. Se considera que en la actualidad, el cultivo de camarón contribuye con más del 20% de la producción acuícola total mundial. Actualmente Existen más de 20 especies que han sido o están siendo probadas para su utilización en cultivos comerciales en todo el mundo, dependiendo de las condiciones del área de cultivo y de otras situaciones específicas, cada especie puede tener ventajas sobre las otras, que la haga más atractiva para el cultivo. En general las especies que se consideran potencialmente más adecuadas son: el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, el camarón azul *Litopenaeus stylirostris*, el camarón japonés *Penaeus japonicus*, el camarón tigre *Penaeus monodon* (Martínez, 1993).

México es uno de los países latinoamericanos con mayor potencial para cultivar camarones ya que tiene una línea de costa muy extensa y clima tropical especialmente en los estados del centro y sur del país. Cuenta además con especies nativas apropiadas para el cultivo y amplia experiencia en el procesamiento y mercado del camarón. El cultivo de camarón en México es una actividad que se está desarrollando muy rápidamente y según las estadísticas, a pesar de los numerosos problemas de origen financiero, técnico y de mercado que existen, el número de granjas, la superficie en hectáreas, el número de estanques y la producción se han incrementado. Se considera que la producción de camarón en México puede llegar a incrementarse considerablemente si los sistemas de cultivo actuales se optimizan y se aplican las técnicas apropiadas en la selección del sitio de las nuevas unidades de cultivo, se realizan las obras de ingeniería de acuicultura apropiadas al sistema de cultivo seleccionado, si desde un principio se aplican las medidas sanitarias adecuadas para evitar en lo posible enfermedades, y sobre todo se aplican los métodos de alimentación más eficientes utilizando alimentos que cubran los requerimientos mínimos de los organismos de acuerdo al tipo de cultivo considerando el mínimo de costos. (Martínez, 1992).

En México y en particular en el Golfo de México se encuentra el camarón blanco del Atlántico *Litopenaeus setiferus* el cual se muestra en la figura 1 y se distribuye desde Nueva York, a través del Golfo de México, hasta Campeche, México. Sus hábitos son costeros, se le pesca entre 2 y 90 m de profundidad, de adulto es típicamente marino, pero durante su etapa postlarval y juvenil se le encuentra en aguas estuarinas. Prefiere los fondos arenosos y fangosos. Se ha logrado reproducir en laboratorio sin embargo, su cultivo no había sido hasta ahora demasiado exitoso. Los últimos reportes indican que ya se han logrado obtener producciones de más de 2 200 kg/ ha en sistemas de una sola fase; en cultivos de dos fases que incluyen maternidad y engorde, se han logrado producciones de más de 2 000 kg/ ha (Lawrence *et al.*, 1986).

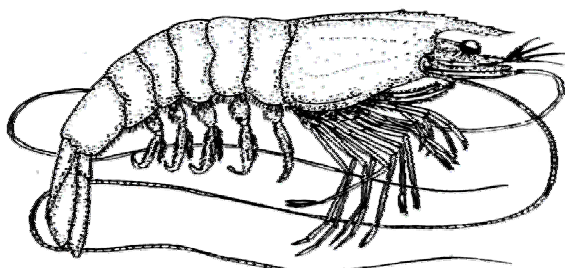


Figura 1. Diagrama representativo del camarón blanco del atlántico *Litopenaeus setiferus*.

Existen muchos factores que determinan el éxito del cultivo de camarón, sin embargo el más importante es el factor alimento ya que representa más del 60% de los costos de producción. Además de los costos, los alimentos tienen que poseer propiedades específicas como el olor, la textura, el sabor y propiedades físicas como el tamaño de partícula. Los alimentos deben contener todos los nutrientes esenciales para los organismos cultivados, deben ser costeables, con alta digestibilidad que permita la asimilación de los nutrientes y ser poco contaminantes (Akiyama *et al.*, 1992; Sarac *et al.*, 1993; Sudaryono *et al.*, 1995).

Uno de los aspectos que ha llevado al éxito a la camaronicultura es el manejo de la alimentación de camarón en condiciones controladas. Ello ha requerido un gran esfuerzo de investigación para poder conocer los requerimientos nutricionales de las especies cultivables, tomando en cuenta los factores ambientales, fisiológicos y ontogenéticos (Akiyama *et al.*, 1992; Tacon, 1990).

Una de las maneras de conocer la forma en que los organismos utilizan la energía ingerida en el alimento es a través de los estudios de balance energético (León, 1995). El modelo del balance energético es un modelo en el que se integran diversas respuestas fisiológicas con el fin de conocer el destino de la energía ingerida contenida en el alimento, incluyendo las relacionadas con el mantenimiento de las funciones básicas, como las dirigidas al mantenimiento de la homeostasis o la producción de biomasa y gametos.

El crecimiento de un individuo es determinado por la masa y el balance de energía. Este crecimiento está limitado por la fuente de energía y nutrientes los cuales se adquieren a través del alimento, el cual, en la mayoría de los casos es limitado. De esta forma la relación entre energía del alimento y crecimiento estará mediada por la relación entre costo y beneficio. Aquellos individuos que reciban los mayores beneficios después de haber pagado los costos metabólicos necesarios para mantenerse vivos tendrán la mayor masa y energía por unidad de tiempo necesaria para ser llevada a la producción de biomasa corporal y la reproducción, permitiendo de esta manera la producción de una progenie abundante, asegurando así la sobrevivencia de la población y de la especie. (Rosas, *et al*, 2002).

En 1990 Beamish y Trippel, propusieron un modelo específico para peces en el que se contemplaban 9 variables hacia donde la energía debería ser canalizada. Posteriormente, Lucas en 1993 propone un modelo de balance energético en donde incorpora el proceso de muda como variable importante en el modelo. En 1992 Cho, *et al* proponen un modelo que incorpora y desglosa parte de los procesos metabólicos como variables específicas y en 2000 Bureau *et al*, tomando como base el trabajo de Cho, 1992 propone el modelo específico para crustáceos en donde se incorporan conceptos muy específicos como el metabolismo y la pérdida de energía por la orina y en las branquias, así como procesos específicos del metabolismo endógeno y de superficie.

El crecimiento de los organismos es un parámetro de gran importancia en acuicultura de peces y de camarones por lo tanto, una mejor comprensión de los procesos como el incremento de la biomasa y la composición de los alimentos artificiales complementarios podrían dar lugar a ventajas significativas en términos de productividad, de la sustentabilidad y de lo beneficioso para las operaciones y los impactos económicos en la acuicultura (Bureau *et al*, 2000).

El éxito y la estabilidad a largo plazo de la industria de la acuicultura requiere de la domesticación completa de cada especie, dicho concepto incluye la alimentación adecuada, una eficiente reproducción controlada y la producción sistemática de la descendencia (Harrison, 1997).

Uno de los principales retos dentro de la acuicultura del camarón, es la búsqueda de alimentos artificiales que puedan ser suministrados durante todas las etapas de su ciclo de vida, especialmente durante el proceso de maduración. El uso de alimentos artificiales peletizados comparado con los alimentos frescos reduce los riesgos de manejo, suministro y almacenamiento de alimento ya que el peletizado es fácil de manipular por estar comprimido, se almacena y se conserva muy bien en bolsas de plástico en un refrigerador y puede durar meses lo cual lo vuelve muy práctico y disponible en todo momento (Tacon, 1990).

La nutrición de reproductores sigue siendo un cuello de botella en el proceso de domesticación de crustáceos y esta problemática fue identificada en 1992 y estudiada por los tecnólogos de la maduración del camarón como prioridad superior de investigación y del desarrollo para la mejora de la tecnología de la maduración (Kawahigashi, 1992).

Para asegurar la calidad de la alimentación de los reproductores, es necesario considerar y garantizar que los alimentos suministrados contengan proteínas de alta calidad y ácidos grasos polinsaturados (Tacon, 1990; Akiyama *et al*, 1992; Bray *et al*, 1990). Estos nutrientes desempeñan un papel muy importante en los procesos de crecimiento, sobrevivencia y además funcionan como constituyentes celulares en los procesos de desove, formación de material de reserva, embriogénesis y eclosión.

Tanto en el alimento natural como en las dietas diseñadas y preparadas en el laboratorio, las proteínas son el ingrediente más abundante, estas juegan un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de los camarones (Lemos *et al*, 2000; Smith *et al.*, 1992; Sudaryono *et al.*, 1995).

Además de que los lípidos son una fuente de energía, también colaboran en el transporte de grasa soluble, vitaminas, esteroides y fosfolípidos, los cuales son procesos esenciales para el buen funcionamiento metabólico del camarón (Middletdich *et al*, 1979; Teshima *et al*, (1988a); Akiyama *et al*, 1992).

Por otra parte se sabe que los carbohidratos son utilizados como la primer fuente productora de energía, que contribuyen a la acumulación de glucógeno y que son utilizados en la síntesis de quitina, esteroides y ácidos grasos (Balazs *et al*, 1973), además también participan como componentes en la formación de pigmentos ováricos (carotenoglicolipoproteínas) e influyen en la ovogénesis, vitelogénesis y embriogénesis (Harrison, 1990).

Se sabe que el colesterol es un precursor para las hormonas que propician el proceso de la muda, sirve también como promotor de la absorción del agua en el integumento apenas antes de mudar y a nivel celular es un compuesto imprescindible ya que sintetiza tejidos finos nuevos del cuerpo. (Teshima y Kanazawa, *et al*, 1980; Cuzon *et al.*, 2004b). León, en 1995 reportó que la energía que aportan los lípidos contenidos en el alimento suministrado se canaliza principalmente a la producción total (P).

Diversos estudios han probado combinaciones de alimento fresco con alimento artificial peletizado complementario específicamente para favorecer la maduración y reproducción en cautiverio de los camarones peneidos (Emerson, 1980; Emerson, 1983; Yano, 1984; Yano 1984; Cahu *et al*, 1986; Gómez y Arellano, 1987; Makinouchi y Primavera, 1987; Bray, 1990; Nacimiento *et al*, 1991; Ramos y García 1992; entre otros). León (1995), propuso una dieta artificial experimental para la maduración de las hembras de *L. setiferus*, la cual fue usada como complemento del alimento fresco en un régimen que incluía calamar, ostión y oligoqueto. En ese momento (León, 1995) no comparó la absorción de diferentes tipos de alimento (comerciales y experimentales) existentes en el país, ni cuantificó la diferencia de absorción que existía entre los sexos.

### ***a. Metabolismo Energético y flujos de energía.***

Los cambios de energía libre, que ocurren en los animales a medida que la energía química de la dieta es utilizada para mantener los procesos vitales no pueden ser medidos directamente, sin embargo, se sabe que del total de la energía contenida en la dieta una porción es eliminada en forma de heces y desechos metabólicos y otra parte, es disipada en forma de calor o es depositada en los tejidos. La medición de los valores energéticos contenidos en la dieta y en los desechos (excretas), por medio de una bomba calorimétrica, permite calcular los aportes de energía digestible y metabolizable contenidos en cada tipo de alimento (Cho, *et al* 1992).

Existen tres aspectos fundamentales a considerar en la nutrición de crustáceos reproductores: Primero, el uso adecuado, por parte del acuicultor, del tipo de alimento y la cantidad de energía que éste aporte, son importantes para el inicio de la maduración gonadal. Segundo, la técnica de ablación utilizada para la maduración induce al desarrollo gonadal acelerado incluso sin depósitos de alimento específico para este proceso. Por lo antes mencionado parece que el suministro de nutrientes a la hembra reproductora puede ser especialmente crítico y puede influenciar la composición de los ovarios y el estado nutricional de los huevos (Goguenheim *et al.* 1987). En tercer lugar, los embriones de crustáceos y las larvas dependen exclusivamente del alimento y la energía que les provee el huevo (reservas del huevo). (Harrison, 1997).

A lo largo de la historia se han realizado muchos intentos de describir matemáticamente el crecimiento de organismos acuáticos, especialmente peces, usando un gran número de aproximaciones y de conceptos. Dentro de los intentos por conseguir ese objetivo se han descrito conceptos relacionados al crecimiento tales como el incremento de centímetros por mes, tasa de crecimiento instantánea, porcentaje del cambio en peso, a menudo sin referencia a las temperaturas, (Iwama y Tautz, 1981).

Es de gran importancia conocer el sustrato metabólico que se utiliza en los diferentes estadios y momento del crecimiento del camarón, esto es importante ya que determina si un alimento balanceado sirve verdaderamente y aporta requerimientos nutricionales a la dieta. De acuerdo con Mayzaud y Conover (1988), los límites teóricos de la razón atómica O:N, pueden ser usados como indicadores de la naturaleza del sustrato metabólico utilizado por los organismos. Así un



intervalo entre 3 y 16 indica el uso de proteínas, mientras que valores entre 50 y 60 indican niveles similares del catabolismo de proteínas y de lípidos. Al respecto se ha reportado que especies como *P. esculentus* (Dall y Smith, 1986), *Homarus americanus* (Capuzzo y Lancaster, 1979) y *Crangon crangon* (Regnault, 1981) utilizan a las proteínas como sustrato metabólico, mientras que el uso de sustratos metabólicos mixtos (proteínas y lípidos) ha sido reportado para *Macrobrachium rosebergii* (Clifford y Brick, 1983).

En los estudios sobre nutrición de los camarones peneidos, poco se ha estudiado sobre la cantidad de energía ingerida que un organismo puede canalizar al crecimiento y a la producción gonádica (Producción). Evaluar la producción a partir de los contenidos energéticos existentes en el alimento en organismos adultos de camarón, en un estudio bioenergético es de suma importancia, ya que es un análisis que evidencia qué cantidad de energía utilizan los organismos fundamentalmente al proceso de reproducción como respuesta a los factores bióticos y abióticos del medio en que se encuentran; incluso puede considerarse como una medida integradora de los procesos fisiológicos que ocurren en el organismo (Warren y Davis, 1967).

A pesar de que se han estudiado respuestas fisiológicas en hembras de *L. setiferus*, a la fecha no se ha propuesto un modelo que integre los aspectos propios de la fisiología de la maduración de éstos organismos con los elementos concernientes a la bioenergética de este proceso.

En 1995, León evaluó el efecto de la luz y la composición del alimento en la maduración gonádica de las hembras del camarón blanco del atlántico y obtuvo los mejores desoves en calidad y cantidad cuando las condiciones experimentales tenían como base la luz blanca y los requerimientos de lípidos de entre 12.9 % -13.6 %.

Rendón en el 1997 probó diferentes porcentajes y fuentes de lípidos en alimentos experimentales y comerciales y encontró que utilizando un esquema de alimentación de alimento fresco y complementario en forma de pelet, obtenía desoves por arriba de los 100 000 huevos en hembras parcialmente ablacionadas, además de presentar varias remaduraciones (hasta 4) en periodos de tiempo de 2 meses.

### **iii. Antecedentes.**

Los camarones peneidos están colocados entre las especies más importantes de valor comercial en el mundo. En 1995 se obtuvieron a nivel nacional 85, 901 toneladas de camarón, para 1999 fueron 95, 611 toneladas y en el 2003 la cifra aumentó a 123, 905 (CONAPESCA-SAGARPA, 2003) como lo muestra el cuadro 1, el crecimiento de casi el 70% de la producción en 8 años demanda la necesidad de opciones tales como la acuicultura para ofertar esos volúmenes de captura sin impactar las poblaciones naturales.

Cuadro 1. Serie histórica de la producción de Camarón en peso vivo en México. (Toneladas). 1995-2003.

<b>Años</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<b>Toneladas</b>	85,901	78,879	88,489	90,335	95,611	95,077	105,523	100,486	123,905

Fuente: Anuario estadístico de pesca 2003, CONAPESCA, SAGARPA.

A nivel mundial se estima que los valores de producción de camarón oscilan entre 2 y 3 millones de toneladas al año por lo que se considera como una industria importante en el mundo, como lo muestra el cuadro 2.

Cuadro 2. Producción mundial de Camarón. 1993-2002. (Miles de toneladas)

<b>Año</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<b>Toneladas</b>	2,148	2,370	2,442	2,559	2,634	2,756	3,026	3,073	2,950	2,979

Fuente: Anuario estadístico de pesca 2003, CONAPESCA, SAGARPA.

Las investigaciones sobre la nutrición y en especial la de los reproductores de camarón se han abordado desde tres perspectivas diferentes. I) Alimentos combinados frescos; II) alimentos frescos con dietas formuladas complementarias y III) calidad de los alimentos en su composición. La primera se refiere al empleo de diversas combinaciones de alimentos frescos (Bray y Lawrence, 1992). Entre estos alimentos se encuentran diversos moluscos tales como el calamar, el ostión, la almeja y el mejillón (Chamberlain y Lawrence, 1981). También se han empleado crustáceos tales como el camarón y la Artemia (Browdy *et al*; 1989). Y con quien más éxito se ha tenido es con los alimentos que en su composición incluyen algunas especies de poliquetos (Middleditch *et al*; 1980). Chamberlain y Lawrence (1981), usaron una combinación de calamar, camarón. Poliqueto y almeja para *L. vannamei* y *L. stylirostris* y obtuvieron una buena respuesta en el crecimiento y maduración de estos camarones.

Por otra parte, Gómez y Arellano (1987), emplearon una dieta mixta (poliqueto, calamar, ostión y alimento peletizado), logrando mejorar la respuesta reproductiva en *L. vannamei*. En este mismo sentido, Galgani *et al*; (1989a) probaron cuatro dietas combinadas y obtuvieron altos porcentajes de desove para *L. stylirostris* y *L. vannamei* en un período de treinta días. Asimismo, en un estudio similar, Galgani *et al*; (1989b), reportaron una mejoría significativa en la fertilización, porcentaje de desove y cantidad de huevos con una dieta que contenía calamar, camarón y poliquetos. En cuanto a la especie *L. setiferus*, se han reportado buenos resultados en la maduración y el desove de las hembras alimentadas con dos especies de anélidos, calamar y almejas (Brown. *et al*; 1979).

La segunda perspectiva ha consistido en la combinación de alimentos frescos con dietas formuladas, las cuales se han usado ya sea como complemento del alimento fresco y/o como sustitución parcial de éste último por los peletizados (Bray *et al*; 1990; Cahu *et al*; 1986; Gómez y Arellano, 1987; Ramos y García, 1992; Nascimento *et al* 1991).

Bray *et al*; (1990), al combinar una serie de dietas frescas y artificiales, evaluaron el nivel óptimo de inclusión de los lípidos totales en dietas artificiales usadas como complemento de una combinación de tres alimentos fresco. Estos autores concluyeron que el alimento artificial que contenía un 11.1% de inclusión de lípidos totales produjo buenos resultados en cuanto al número de desoves/hembra/día y la cantidad de huevos/desove.

Al respecto Ramos y García (1992), reportaron que los mejores resultados de desove y eclosión de los reproductores de *Litopenaeus schmitti*, se obtuvieron con una dieta artificial que contenía 7% de aceite de hígado de bacalao.

León (1995) probó una serie de dietas en las que se variaron los niveles de inclusión de los lípidos totales (12.93%, 15.71% y 19.79%). Dichas dietas peletizadas aportaban el 5% del total de la ración total diaria y se combinaban con alimento fresco para completar la toma (5% pelet-95% alimento fresco, dicha combinación se integraba de calamar, ostión y el oligoqueto *Pontrodilus bermudensis*. Los mejores resultados en el número de desoves se obtuvieron con la dieta que contenía 12.93% de lípidos totales.

Por otra parte, se realizó una investigación en la que se empleó la combinación de alimentos frescos y dietas peletizadas, en esta se demostró que los ácidos grasos aportados por el alimento se reflejaron en la composición bioquímica de los huevos (Cahu *et al*; 1986). Los huevos de las hembras alimentadas con una dieta peletizadas fueron bajos sólo en C20:4(n-6), C20:5(n-3) y C22:6(n-3) y altos en C18:2(n-6) y con diferentes porcentajes de n-3/n-6 de ácidos grasos comparados con las dietas que contenían parte o completamente mejillón.

En el mismo sentido Middleditch *et al*; (1979), compararon el perfil de ácidos grasos en el ovario de *L. setiferus*, *L. stylirostris* y *L. vannamei*. En este mismo estudio se logró la inducción a la maduración y el desove de *L. setiferus* cuyas hembras fueron alimentadas con el anélido poliqueto *Glicera dibranchiata*. Dicho anélido es rico en ácidos grasos polinsaturados, por lo que estos autores concluyeron que los ácidos grasos polinsaturados juegan un importante papel en la maduración de las hembras de esta especie de camarón.

Para la última perspectiva referente a la sustitución total del alimento fresco por peletizado y la calidad de este, se tienen solamente algunos reportes, Nascimento *et al*; (1991), logró mejorar la tasa de desoves de las hembras de *L. schmitti*, con una dieta formulada con 65% de proteínas y 6% de lípidos.

La maduración de los camarones peneidos en el ambiente natural es un proceso cuya duración promedio es de hasta 4 meses (King, 1948), dicho proceso retardaría mucho la obtención de nauplios de manera constante, indispensables en la acuicultura. Por esto, en condiciones de laboratorio se ha practicado con éxito el manejo hormonal de este proceso mediante la oculoctomía de las hembras, de tal forma que usando este procedimiento se logra la madurez total de las mismas en periodos de tiempo de entre 7 a 10 días (Primavera, 1978; Ramos y Primavera, 1986; Saldaña, 1992; Orellana, 1993). Esto presenta consecuencias importantes en cuanto a la nutrición de los organismos, ya que el manejo hormonal de este proceso conlleva la aceleración de los mecanismos de digestión, absorción y transporte de los nutrientes hacia los huevos (Bray y Lawrence, 1992). Esto implica la necesidad de un conocimiento profundo sobre las necesidades nutricionales de las hembras, que garantice la producción de larvas sanas y bien nutridas.

Dada la importancia que tiene el tipo de alimento por sus aportes energéticos y los diferentes constituyentes, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos.

#### ***iv. Objetivo.***

##### **a. General.**

Determinar el efecto de cuatro alimentos artificiales complementarios (2 comerciales, Purina y Rangen y dos experimentales, Ggax con colesterol y Ggax con cabeza de camarón) los cuales contenían dentro de su formulación diferentes tipos y niveles de inclusión de ácidos grasos, en el balance energético de los camarones reproductores (hembras) de *Litopenaeus setiferus* (Linneo, 1767).

##### **b. Particulares.**

1. Determinar la tasa de ingestión para los diferentes tratamientos
2. Determinar la eficiencia de absorción por tratamiento
3. Determinar la tasa de respiración de rutina y el incremento del calor (IC) de ayuno y postalimentaria
4. Determinar la excreción nitrogenada (energía metabolizable) de rutina y la postalimentaria
5. Calcular la razón O:N
6. Calcular el balance energético por condición alimentaria
7. A partir de los parámetros del balance energético calcular la producción

#### ***v. Hipótesis de trabajo.***

Si la calidad nutrimental de los alimentos experimentales (Ggax con colesterol y Ggax con cabeza de camarón), es equivalente a la de los alimentos comerciales Purina y Rangen, entonces la energía canalizada a la producción de los reproductores de *Litopenaeus setiferus* no presentara diferencias significativas

## ***vi. Material y Método.***

### ***a. Captura y transporte de los reproductores.***

Los reproductores de *L. setiferus* utilizados para este trabajo, fueron capturados frente a la Isla del Carmen, en la Laguna de Términos, Campeche durante los meses de abril y junio de 1995. La captura se realizó con redes agalleras de microfilamento con abertura de malla de 1 ¾" a una profundidad promedio de entre 8-15 m.

La Laguna de Términos se localiza en la porción sur de la sonda de Campeche, dentro del litoral del Golfo de México, entre los meridianos 91°15' y 92° 00' de longitud oeste y los paralelos 18° 25' y 19° 00' de latitud norte en el estado de Campeche (Ponce-Velez y Botello, 1991).

Los camarones fueron transportados al laboratorio experimental del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) Lerma-Campeche, el traslado se hizo en bolsas de plástico negro de 40 l de capacidad, las cuales contenían agua del medio y un ambiente saturado de oxígeno, con una densidad de 15 animales por bolsa. Durante el transporte se utilizó hielo para disminuir la temperatura a 20°C y reducir las alteraciones producidas por la captura y el manejo (estrés).

### ***b. Mantenimiento de los organismos.***

Una vez en el laboratorio los camarones se ambientaron durante un día sin alimentar, posteriormente fueron sometidos al proceso de ablación parcial unilateral de los pedúnculos oculares según la técnica de Primavera (1978) para *P. monodon* y de Ramos y González (1983) para *P. notalis*. Dicha técnica consiste en anudar alrededor de la base de los pedúnculos oculares fuertemente con hilo delgado y resistente (hilo dental), después se realizó una incisión transversal a lo largo del globo ocular, posteriormente con la yema de los dedos se presionó el globo hasta extraer el contenido acuoso. Una vez hecho esto, los camarones fueron marcados con anillos de diferentes colores colocados en la base del pedúnculo ocular. Estos anillos se elaboraron con una

mezcla de silicón y pigmentos vegetales, el color de los anillos dependía de su condición experimental.

Después, los animales se aclimataron durante 30 días en estanques ovales negros contruidos de fibra de vidrio con fondo blanco, los cuales tenían una capacidad de 3.8 m<sup>3</sup>, un flujo constante de recambio de agua igual al 165 % diario y una aireación constante con 2 difusores de aire distribuidos de manera homogénea dentro del tanque, con una columna de agua de 45 cm. Condiciones de laboratorio constantes y un fotoperiodo de luz de 14 hrs. luz y 10 hrs. oscuridad en ambos bioensayos.

El agua que se utilizó en los tanques fue traída directamente del mar y tratada con un filtro de floculación localizado a 30 m de la toma principal, posteriormente se almacenó en una cisterna de sedimentación de 16 m<sup>3</sup>, para posteriormente pasarla por un filtro de arena de 20µm, filtros de cartucho de 5µm y finalmente una lámpara de luz ultravioleta hasta llegar al estanque que contenía los organismos.

Durante el periodo de aclimatación, los organismos fueron alimentados con el siguiente régimen: calamar fresco congelado (*Loligo sp*) y oligoqueto (*Pontodrilus bermudensis*) a razón del 20 % del total de la biomasa promedio repartida en dos tomas al día (08:00 y 14:00 hrs respectivamente, cada toma con 10 % del valor de la biomasa) y alimento formulado (Pelet) a razón del 2 % de la biomasa promedio total repartida en dos tomas diarias (20:00 y 02:00 respectivamente, cada toma con 1 % del valor de la biomasa). Este alimento fue formulado y elaborado por el personal de la actual Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) de la Facultad de Ciencias (UNAM) con sede en el puerto de abrigo s/n en Sisal, Yucatán.

Los organismos fueron mantenidos en tanques que tenían una rutina de mantenimiento la cual incluía un apartado de limpieza, los estanques se limpiaron y aspiraron 3 o 4 veces al día, previo a cada toma de alimento, el lugar en donde se localizaban los estanques se limpio constantemente con cloro comercial disuelto en agua dulce.

**vii. Diseño experimental Bifactorial (DEB) de 2x2 (dos para el factor tratamiento y dos para al factor sexo).**

Para lograr los objetivos de este trabajo se diseñaron dos bioensayos, los cuales son descritos en el cuadro 3. En cada uno de ellos se evaluó un alimento comercial y uno experimental. En dichos bioensayos los factores fisicoquímicos del agua, así como los esquemas de alimentación y el tipo de alimentos fueron constantes variando solamente el alimento formulado y balanceado según su condición experimental de lo cual resultan cuatro tratamientos; i) Purina (comercial), ii) Ggax con colesterol(experimental), iii) Rangen (comercial) y iv) Ggax con cabeza de camarón (experimental) nombre que recibieron cada uno para poder diferenciarlos. Es importante mencionar que los cuatro alimentos son específicos para apoyar el proceso de maduración gonádica ya que dentro de su composición contienen una fuente rica en ácidos grasos polinsaturados la cual está disponible para que los camarones la obtengan fácilmente.

Cuadro 3. Diseño experimental para la evaluación de dos alimentos comerciales (Purina y Rangen) y los experimentales (Ggax con Colesterol y Ggax con cabeza de camarón).

Bioensayo	Variables	Tratamiento	Parámetros	Duración	
1	<i>Tratamiento i</i> <b>Purina</b>	Calamar			
		+	$\frac{0}{100}$		
	8 hembras (repeticiones)	Balance Energético	Oligoqueto	T°C	30 Días Aclimatación
	8 machos (repeticiones)	VO <sub>2</sub>	Pelet Purina		
		Excreción Nitrogenada	Calamar	OD	3 Días Balance
	<i>Tratamiento ii</i> <b>Ggax con colesterol</b>	Incremento de Calor	+	Energético	
	8 hembras (repeticiones)	O:N	Oligoqueto	pH	
	6 machos (repeticiones)	Producción	+		3 Días Respirometría
			Pelet Ggax c/Colesterol	[NH <sub>4</sub> ]	
	2	<i>Tratamiento iii</i> <b>Rangen</b>	Calamar		
		+	$\frac{0}{100}$		
6 hembras (repeticiones)		Balance Energético	Oligoqueto	T°C	30 Días Aclimatación
12 machos (repeticiones)		VO <sub>2</sub>	Pelet Rangen		
		Excreción Nitrogenada	Calamar	OD	3 Días Balance
<i>Tratamiento iv</i> <b>Ggax c/cabeza de camarón</b>		Incremento de Calor	+	Energético	
7 hembras (repeticiones)		O:N	Oligoqueto	pH	
11 machos (repeticiones)		Producción	+		3 Días Respirometría
			Pelet Ggax c/cabeza de camarón	[NH <sub>4</sub> ]	

En ambos bioensayos y condiciones experimentales, la variable principal era el esquema de alimentación que consistió de cuatro tomas de alimento, a lo largo del día, dos de elaboradas con



alimento fresco congelado (calamar *Loligo sp*, y oligoqueto, *Pontodrilus bermudensis*) y las restantes hechas con alimento balanceado y peletizado según su condición experimental, en ambos bioensayos se evaluaron los mismos indicadores de forma directa (Balance Energético (BE), Consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), Excreción nitrogenada [NH<sub>4</sub>]) y de manera indirecta se calculó el Incremento de Calor producto del alimento (IC), Excreción Nitrogenada producto del alimento (EN), la razón O:N y la producción (P).

Los parámetros físico-químicos evaluados fueron la salinidad (‰), la temperatura (T °C), oxígeno disuelto (mg/l), potencial de Hidrógeno (pH) y concentración de amonio disuelto [NH<sub>4</sub>] los cuales se mantuvieron constantes durante los bioensayos.

#### ***a. Descripción de los bioensayos.***

Para el caso del bioensayo 1 se utilizaron en total 30 camarones adultos de los previamente aclimatados al esquema de alimentación con las siguiente proporción de sexos: 16 hembras, con un peso promedio de 46 g. y 14 machos con peso promedio igual a 38 g, 8 hembras y 8 machos fueron evaluados bajo la condición experimental del alimento balanceado y peletizado de marca comercial Purina. Otras 8 hembras y 6 machos se evaluaron utilizando el alimento balanceado y peletizado Ggax c/colesterol, elaborado por el personal de la actual Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) de la facultad de ciencias de la UNAM con sede en sisal, Yucatán.

Para realizar el segundo bioensayo se utilizaron 36 camarones adultos previamente aclimatadas al esquema de alimentación con un peso promedio de 45.6 grs para las hembras y 34.6 grs para los machos. Bajo la condición experimental del alimento balanceado y peletizado de Rangen, se evaluaron 6 hembras y 12 machos y bajo la condición experimental Ggax c/cabeza de camarón, se evaluaron 7 hembras y 11 machos.

Los alimentos balanceados peletizados (comerciales y experimentales) que se utilizaron en ambos bioensayos contenían diferentes niveles de inclusión, tanto de lípidos como de proteínas y carbohidratos y es justo en estas variaciones en las que se fundamenta el presente estudio ya que

se asume que principalmente la energía contenida en los ácidos grasos favorece el proceso de la maduración gonádica y si en un alimento formulado la concentración es alta de dichos ácidos no habrá ninguna limitante para que el proceso suceda. Los alimentos se tipificaron según su origen o marca en Ggax con colesterol, Purina (marca comercial de la casa del mismo nombre del alimento), Ggax con cabeza de camarón y Rangen (marca comercial de la casa del mismo nombre del alimento), sin embargo la composición de los alimentos comerciales, por sus restricciones de patentes, nunca se conoció siendo la información publicitaria existente la base de la comparación, pues en la publicidad ambos alimentos comerciales dicen promover la maduración gonádica del camarón, de hecho el alimento comercialmente así se vende “alimento para maduración”. Dicha información fue la única que sirvió de base para poder comparar los diferentes tipos de alimentos. Por otra parte, los alimentos experimentales fueron elaborados con una formulación que apoyaba el proceso de maduración por contener dentro de su composición ácidos grasos polinsaturados los cuales promueven la maduración gonádica por lo que pueden ser un competidor directo de los alimentos comerciales a costos mucho más bajos pues se elaboran con materia prima de fácil acceso y de uso común en la industria de los alimentos. Los análisis químicos proximales de los diferentes tipos de alimento utilizados en este bioensayo se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis químico proximal de los alimentos peletizados utilizados en ambos bioensayos.

<b>Parámetro evaluado</b>	<b>Ggax c/cabeza de camarón</b>	<b>Ggax colesterol</b>	<b>Purina</b>	<b>Rangen</b>
<b>Proteína cruda (%)</b>	57.27	49.63	52.30	53.96
<b>Extracto Etéreo (%)</b>	6.81	3.96	9.40	8.55
<b>Cenizas (%)</b>	13.23	18.13	10.64	17.72
<b>Fibra cruda (%)</b>	1.27	3.56	1.68	4.75
<b>Extracto libre de N (%)</b>	21.43	24.72	25.98	15.02
<b>T.N.D (%)</b>	76.66	69.28	82.49	73.67
<b>E.D Kcal/kg. (Aprox.)</b>	3379.89	3054.37	3636.80	3248.33
<b>E.M. Kcal/kg. (Aprox.)</b>	2771	2504.32	2981.86	2663.35
<b>Materia seca (%)</b>	100	100	100	100
<b>Humedad (%)</b>	00.00	00.00	00.00	00.00

Los bioensayos fueron considerados como independientes y totalmente aleatorizados por lo cual las replicas son los animales del mismo tratamiento. Las respuestas fisiológicas evaluadas directamente durante todo el bioensayo fueron, la Energía ingerida o de ingestión (IE), la Energía Fecal (FE), la Energía Branquial (UE+ZE), el Incremento de calor (IC) o energía de calor (HE), y

de manera indirecta a través de completar el modelo por simple despeje de variables fue la Energía de crecimiento (RE) en biomasa y la producción total gonádica (P), todas ellas consideradas en el modelo de balance energético propuesto por Bureau *et al*, 2000 el cual se muestra en la figura 2.

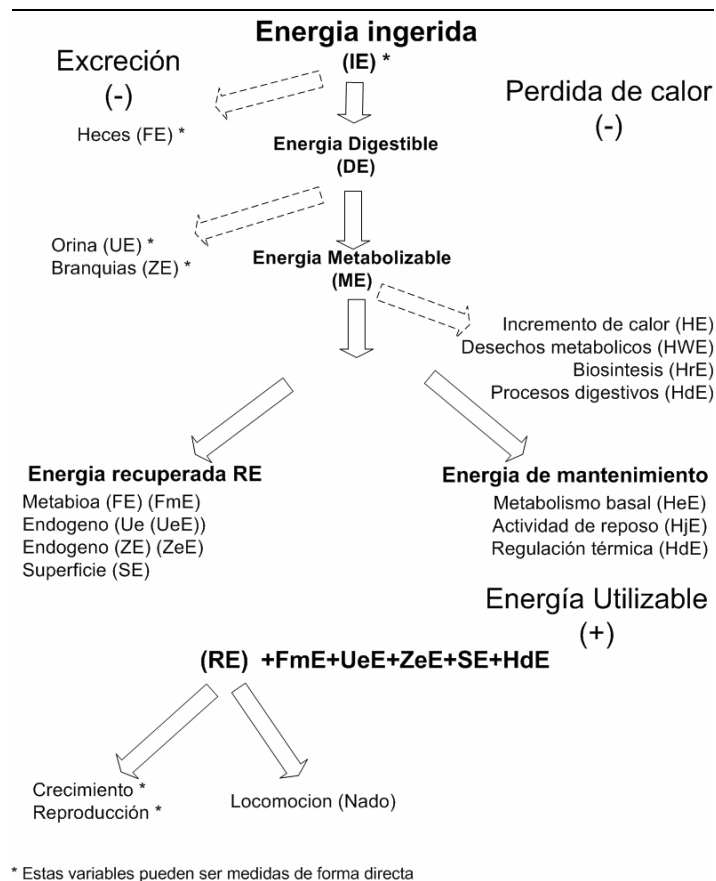


Figura 2. Modelo conceptual de Balance Energético propuesto por Bureau *et al*, 2000.

En Ambos bioensayos los camarones tuvieron un periodo de aclimatación previo a cualquier valoración, de 30 días, la toma de las muestras correspondientes a las diferentes variables que se utilizaron para construir el modelo de balance energético se realizó durante 3 días y la respirometría de los dos bioensayos se realizó también durante 3 días.

Los bioensayos se mantuvieron de tal forma que se redujera la mortalidad por estrés y manipulación (se tuvo un excesivo control de acceso a los estanques experimentales, así como un estricto control de variables externas como el ruido, el polvo y condiciones de higiene). Sin

embargo los animales que por alguna razón ajena a las antes mencionadas morían durante alguna prueba fueron sustituidos por un organismo del mismo sexo y con la misma condición experimental, lo anterior nos obligo a mantener estanques alternos con corridas experimentales idénticas para poder garantizar el suministro de organismos durante la duración en cada uno de los bioensayos.

### ***b. Descripción del modelo de Balance Energético y toma de muestras.***

Al terminar el periodo de 30 días de aclimatación, los camarones se colocaron individualmente, en contenedores plásticos de color blanco de 30 l de capacidad, con una tasa constante de recambio diario de agua de mar filtrada (filtro de 5  $\mu\text{m}$ ) igual al 200%, posteriormente los organismos fueron dejados en ayuno una noche antes de la toma de muestras garantizando que el ayuno fuera de por lo menos 12 hrs.

### ***c. Rutina de trabajo experimental para el cálculo del balance energético.***

#### **A. Tasa de ingestión y recolección de heces fecales.**

Los camarones sometidos a esta prueba se alimentaron de la siguiente manera. Dos tomas de alimento fresco y dos tomas de alimento experimental peletizado según la siguiente rutina. A las 8:00 h se alimentó con calamar (a razón del 10% de la biomasa individual), a las 14:00 h se alimentó con oligoqueto (a razón del 10% de la biomasa individual), a las 20:00 y 02:00 h se les dio alimento peletizado según su condición experimental (a razón del 1% de la biomasa individual en cada toma).

El alimento fresco no ingerido (remanente) se colectó una hora después de haberse suministrado, se pesó en fresco (PH) y se marcó, posteriormente se secó en una estufa Blum M a 60 °C durante 12 hrs. hasta tener peso constante (PS) El alimento peletizado remanente fue colectado y puesto a secar directamente en la estufa a 60 °C.

Las heces producidas por el alimento se colectaron cada hora, lavadas con agua dulce y etiquetadas, posteriormente se secaron a 60° hasta peso constante. Los parámetros fisicoquímicos del sistema (oxígeno disuelto, pH, salinidad y temperatura), fueron registrados cada vez que se alimentaba durante las 72 hrs. que duró el bioensayo. Una vez terminada la prueba, los organismos fueron sacrificados, etiquetados, y pesados en fresco (PH), después se obtuvo el peso seco constante (PS), las muestras secas de los camarones así como de alimento y heces se quemaron en una mufla marca Sybron modelo Thermolyne a una temperatura de 500 °C durante 6 h obteniendo así el peso seco libre de cenizas (PSLC).

En ambos bioensayos la tasa de ingestión fue considerada como la suma de las cuatro tomas en el día (cóctel), mientras que las heces fecales, por su cantidad fueron colectadas durante todo el tratamiento, para ambas muestras se obtuvo el peso constante (PS) peso seco libre de cenizas (PSLC) con los procedimientos previamente descritos.

### **B. Consumo de oxígeno**

Para determinar el consumo de oxígeno, los camarones fueron colocados en cámaras plásticas transparentes de 1 litro de capacidad 12 h antes de realizar las mediciones, y se mantuvieron sin alimentarse, reduciendo de esta forma las alteraciones producidas por el manejo. El sistema respirométrico utilizado mostrado en la figura 3, es de flujo abierto como el descrito por Díaz *et al*, 1989.

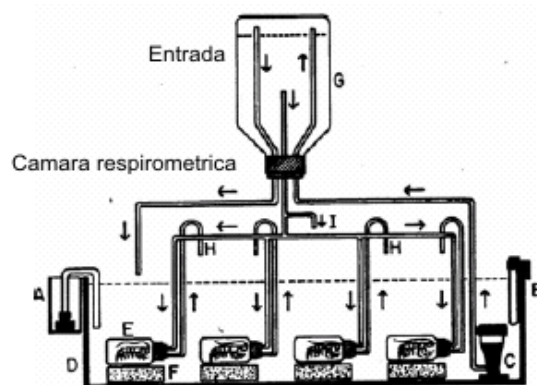


Figura 3. Diseño esquemático del respirometro utilizado en este trabajo. A. Toma de muestras, B. control de temperatura, C. filtro, D. contenedor, E. cámara experimental, F. base de la cámara, G. reservorio de agua, H. retorno de la cámara, I. respiración del reservorio

Para la evaluación de esta variable el total de organismos de cada bioensayo, fue repartido en corridas experimentales de 10 animales por evento, hasta tener el total de los animales 30 y 34 respectivamente. En cada corrida experimental se colocaron 9 organismos reproductores, uno por cámara y una cámara sin animal, la cual se utilizó como control. La concentración de oxígeno disuelto en las cámaras fue monitoreada mediante un muestreo cada hora, durante un periodo de 8 h. Las muestras de agua se colectaron en recipientes plásticos de 30 ml con rosca y la concentración de la muestra fue determinada directamente utilizando un oxímetro YSI modelo 50B  $\pm$  0.01 mg conectado a un electrodo polarográfico con membrana semipermeable selectiva para oxígeno.

El consumo de oxígeno por animal fue obtenido de forma indirecta utilizando la resta de las concentraciones del agua de mar que entraba (en la cámara usada como control) menos la concentración del agua que salía de la cámara respirométrica que contenía al animal multiplicada por el flujo, eso se realizó para todas las cámaras obteniendo así el valor específico para cada organismo. El consumo de oxígeno se calculo considerando la siguiente formula.

$$VO_2 = ([O_2]_{\text{control}} - [O_2]_{\text{cámara}}) * F$$

Donde:

[O<sub>2</sub>] control = Concentración de oxígeno en la cámara respirométrica vacía

[O<sub>2</sub>] cámara = Concentración de oxígeno en la cámara respirométrica con camarón

F= Flujo 100ml/seg.

Durante la duración del bioensayo se mantuvo el mecanismo de sustitución de los organismos que morían los cuales eran sustituidos por animales aclimatados al mismo tratamiento experimental dietético.

### ***C. Excreción nitrogenada (UE+ZE).***

La toma de muestras para las mediciones de la excreción nitrogenada contenida en el agua se realizó simultáneamente a las de oxígeno, en el mismo evento se tomaban dos muestras de agua del sistema una muestra para la concentración de oxígeno y una segunda para el amonio. La cuantificación de la concentración de amonio se realizó tomando 10 ml de la muestra de agua la

cual se mezcló con 0.5 ml de NaOH al 10%, posteriormente fue leído con un multianalizador de iones marca Orion conectado a un electrodo con membrana selectiva para amonio, el resultado en obtenido en milivolts directamente del instrumento, fue transformado a miligramos mediante una ecuación de calibración previa ( $y = e^x + b$ ) obteniendo directamente los miligramos de la muestra.

La excreción nitrogenada por animal se calculó tomando como referencia la concentración de amonio contenida en el aguan al momento de entrar a la cámara que contenía el organismo menos la concentración de la muestra de agua en la salida del sistema, multiplicada por el flujo en minutos para obtener los valores de excreción por unidad de tiempo según la siguiente ecuación.

$$N-NH_3 = (N-NH_{3m} - N-NH_{3e}) * F$$

Donde:

$N-NH_{3m}$  = concentración de amonio en el agua en la entrada del sistema.

$N-NH_{3e}$  = concentración de amonio en el agua en la salida del sistema.

F = Flujo 100ml/seg.

Al terminar el evento experimental de 8 hrs. los animales fueron sacrificados, pesados e identificados para posteriormente obtener el peso húmedo (pH), después fueron colocados en una estufa Blum M a 60°C hasta peso constante para obtener el peso seco (PS) y calcular, tanto el consumo de oxígeno como la excreción nitrogenada por hora por gramos de muestra.

Una vez obtenidas las dos primeras muestras de consumo de oxígeno que corresponden al ayuno, a los camarones se les suministro alimento peletizado según su condición experimental, para pesar el alimento se utilizó una balanza analítica OHAUS 0.001mg<sup>-1</sup>. A partir de la 3<sup>er</sup> hora se considero como consumo de oxígeno de camarones alimentados.

***D. Incremento de calor producto del alimento (HE) ó Acción Dinámica Especifica (ADE o SDA por sus siglas en ingles) ó Incremento de Calor Aparente (ICA) ó Efecto Calorigénico del Alimento (ECA)***

El valor de HE producto del alimento se obtuvo tomando el valor de consumo de oxígeno después de la tercera hora de iniciado el bioensayo de los organismos, menos el valor de consumo en condición de ayuno, el evento IC fue considerado en el momento en que los valores de consumo se incrementan hasta alcanzar un máximo y hasta que este valor decrece respecto al tiempo.

#### ***E. Excreción Nitrogenada producto del alimento (ME)***

La ENPA fue calculada de la misma manera, tomando el valor máximo de excreción nitrogenada de animales alimentados menos el valor de excreción nitrogenada de ayuno, el evento ENPA fue considerado desde que los valores de excreción se incrementaron después de la ingestión del alimento y durante el tiempo en que los valores se mantienen altos, hasta que se presenta un decremento en los valor de la excreción.

#### ***F. Relación O:N.***

La razón O:N se calculó para dos momentos precisos, condición de 1) ayuno y 2) alimentados. Para determinar el sustrato metabólico que los organismos están utilizando durante la fase experimental se determinó la razón O:N derivada de los valores máximos de consumo de oxígeno y de excreción nitrogenada durante todo el periodo experimental. Estos valores fueron transformados en valores atómicos utilizando un factor de conversión para el oxígeno de 62.5 (resultado de  $1000/16$ , siendo 1000 un valor de conversión de mg a ug y 16 el peso atómico del oxígeno), y para el caso del nitrógeno un factor de 58.9 (el contenido de nitrógeno en la molécula de  $\text{NH}_3$  es de 82.4%, y el peso atómico del nitrógeno es de 14, el resultado de esta razón fue multiplicado por 1000, para convertir de mg a ug).

La razón O:N de ayuno fue calculada tomando los valores de la tercer hora de consumo de oxígeno menos los más bajos dentro de las dos primeras horas del bioensayo ya que en ese tiempo los animales no fueron alimentados. La razón O:N de alimentados se calculo considerando los valores de la tercer hora de consumo de oxígeno menos los valores mínimos de



consumo después de la tercera hora, lo cual garantiza que los valores corresponden a una condición de alimentados.

Los resultados obtenidos por mediciones directas e indirectas para cada variable fueron transformados a energía utilizando el factor de conversión de 14.5 Joules por miligramo de oxígeno y 20.5 Joules por miligramo de Amoniaco.

### ***viii. Procesamiento de datos.***

Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba estadísticas de análisis de varianza (ANOVA) bifactorial (con  $P < 0.05$ ) utilizando el programa estadístico STATISTICA 6.1 para evidenciar las diferencias significativas producto de las variables tratamiento y sexo y/o la interacción de las mismas.

Como primer supuesto se realizaron pruebas de homogeneidad de varianza (con  $P < 0.05$ ) para validar que los grupos de datos cumplieran con él. Los datos que tenían una probabilidad mayor al  $P > 0.05$  se les hizo un Análisis de Varianza Bifactorial. Posteriormente se realizó la prueba de ponderación de Bonferroni para la comparación múltiple de medias con número de casos desiguales.

Cuando no se presentó la homogeneidad de varianza, los valores de esas variables se transformaron utilizando métodos de conversión tradicionales como los descritos por Zar, 1984 (raíz cuadrada, Log y  $1/n$ ), si aún con esas transformaciones las pruebas de homogeneidad continuaban dando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) se aplicaron métodos no paramétricos equivalentes tales como la prueba de ANOVA de FRIEDMAN.

## ***ix. Resultados.***

### ***Parámetros fisicoquímicos del agua.***

En el cuadro 5 se muestran los valores promedio de las variables medidas, así tenemos una temperatura de  $28.45 \pm 0.37^\circ \text{C}$ , salinidad de  $37.74 \pm 0.32 \text{ }^\circ\text{‰}$ ,  $[\text{NH}_4]$   $0.40 \pm 0.18 \text{ mg/l}$ , oxígeno disuelto  $5.98 \pm 0.01 \text{ mg/l}$  y pH  $7.59 \pm 0.05$  para el bioensayo 1 y temperatura de 28.95, salinidad  $38.06 \pm 0.01 \text{ }^\circ\text{‰}$ ,  $[\text{NH}_4]$   $0.06 \pm 0.03 \text{ mg/l}$ , oxígeno disuelto  $4.9 \pm 0.17 \text{ mg/l}$  y pH  $7.94 \pm 0.36$  para el bioensayo 2.

Cuadro 5. Parámetros fisicoquímicos para el bioensayo 1 y el bioensayo2. (Promedio  $\pm$  desviación estándar)

<b>BIOENSAYO/PARAMETRO</b>	<b>TEMP °C</b>	<b>[O<sub>2</sub>] mg/l</b>	<b>pH</b>	<b>‰</b>	<b>[NH<sub>4</sub>]</b>
Bioensayo 1	$28.42 \pm 0.37$	$5.98 \pm 0.01$	$7.59 \pm 0.05$	$37.74 \pm 0.32$	$0.40 \pm 0.18$
Bioensayo 2	$28.95 \pm 0.006$	$4.90 \pm 0.17$	$7.94 \pm 0.36$	$38.06 \pm 0.01$	$0.06 \pm 0.03$

### ***Presentación de los valores por variable medida.***

#### ***1. Consumo de Oxígeno de ayuno***

En la figura 4 se muestra el consumo de oxígeno en ayuno (Joules/animal/día) que presentaron las hembras y los machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos alimentos balanceados diferentes (Ggax con colesteroly Purina). Para el Bioensayo 1, el ANOVA bifactorial demostró que existen diferencias significativas para la variable sexo ( $p < 0.05$ ), mientras que en la variable tratamiento no mostró estadísticamente influencia alguna ( $p > 0.05$ ).

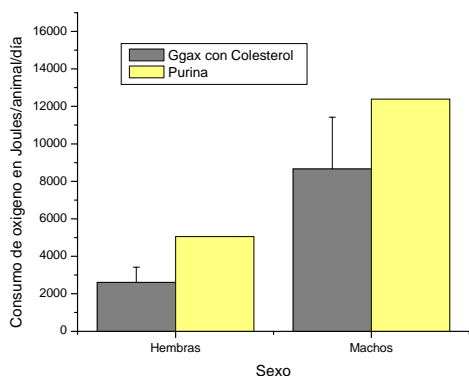


Figura 4. Consumo de oxígeno de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

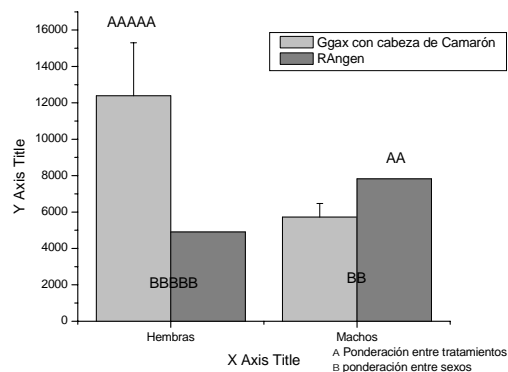


Figura 5. Consumo de oxígeno de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rängen)

Una vez realizada la prueba de ponderación se demostró que los animales del tratamiento Purina tienen un consumo de oxígeno mayor respecto de los animales del tratamiento de Ggax con Colesterol. Para Purina se tiene que el consumo de oxígeno fue de 5 051 Joules/animal/día para las hembras y para los machos 12 385 Joules/animal/día, mientras que para Ggax con colesterol los valores fueron de 2 610 Joules/animal/día para las hembras y de 8 666 Joules/animal/día en el caso de los machos.

La figura 5 muestra los valores de consumo de oxígeno obtenidos para el bioensayo 2. El ANOVA bifactorial muestra que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para las variables tratamiento y sexo. La ponderación para la variable tratamiento muestra que los machos del tratamiento Rängen consumen más oxígeno (6093.2 Joules/animal/día/) con respecto de los del tratamiento Ggax con colesterol(5209.2 Joules/animal/día).

En el cuadro 6 se muestran los valores promedio de consumo de oxígeno en Joules/animal/día para los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Colesterol y Purina respectivamente como complementos del alimento fresco.

Cuadro 6. Consumo de oxígeno en Joules/animal /día para las hembras y los machos del bioensayo 1

	Ggax con colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	2 610.3	8 666.0	5 051.2	12 385.4
<b>Error</b>	809.1	2 756.1	1 763.3	2 915.5

El Cuadro 7 muestra los valores promedio del consumo de oxígeno de los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con cabeza de camarón y con Rangen respectivamente como complementos de la dieta diaria.

Cuadro 7. Consumo de oxígeno de en Joules/animal /día para las hembras y los machos del bioensayo 2

	Ggax con cabeza de camarón		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	12 385.4	5 724.2	4 908.6	7 822.2
<b>Error</b>	2 915.5	743.2	427.3	416.8

En la variable sexo la prueba de ponderación utilizada da como resultado que las hembras en general consumen más oxígeno (6692.6 Joules/animal/día) con respecto de los machos (5068.7 Joules/animal/día). No se presentó sin embargo ninguna interacción significativa entre las variables evaluadas.

## 2. *Excreción nitrogenada de ayuno*

Los resultados del cálculo de la excreción nitrogenada de ayuno para el bioensayo 1 se muestran en la figura 6. El ANOVA bifactorial realizado, no muestra diferencias significativas para ninguna de las variables (tratamiento y sexo respectivamente) ni interacción significativa entre ellas ( $p > 0.05$ ) por lo que se consideran no diferentes.

En el cuadro 8 se muestran los valores promedio de la Excreción Nitrogenada de ayuno para los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Colesterol Purina respectivamente.

Cuadro 8. Excreción Nitrogenada de ayuno en Joules/animal/día para las hembras machos del bioensayo1 Purina

	Ggax con colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	101.69	69.75	201.31	99.79
<b>Error</b>	25.67	33.05	74.71	22.61

La figura 7 muestra los datos referentes a la Excreción Nitrogenada de ayuno del bioensayo 2. El ANOVA bifactorial aplicado demuestra que las variables tratamiento y sexo no presentan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) sin embargo la interacción entre las variables tratamiento VS sexo si muestra diferencia significativa con ( $P < 0.05$ ), sin embargo al aplicar la prueba de ponderación para la interacción de las variables no hay diferencias estadísticamente significativas entre las variables, aunque si se cruzan.

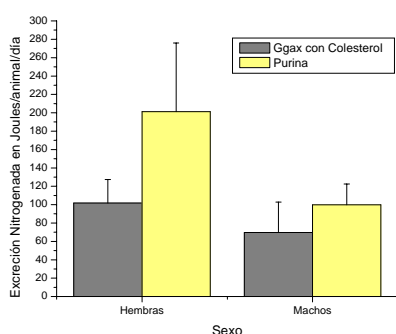


Figura 6. Excreción Nitrogenada de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

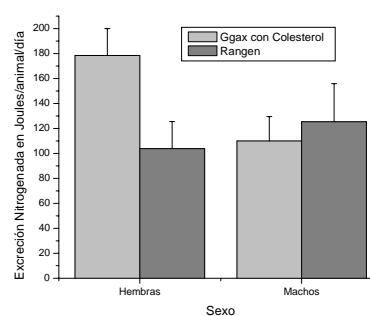


Figura 7. Excreción Nitrogenada de ayuno (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

En el cuadro 9 se muestran los valores promedio de la Excreción Nitrogenada de ayuno de los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con cabeza de camarón y Rangen respectivamente.

Cuadro 9. Excreción Nitrogenada de ayuno en Joules/animal/día para las hembras machos del bioensayo 2.

	Ggax con cabeza de camarón		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	178.4	109.9	103.7	125.3
<b>Error</b>	21.5	19.4	21.7	30.5

### 3. Incremento de Calor

En la figura 8 se muestra el Incremento de Calor respectivo para las hembras y los machos del bioensayo 1. La prueba de ANOVA bifactorial muestra que para la variable tratamiento no existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ). Sin embargo para la variable sexo si existen diferencias significativas ( $p<0.05$ ). La prueba de ponderación muestra que los machos difieren con respecto de las hembras.

Los datos del incremento de calor correspondientes al bioensayo 2 se muestran en la figura 9. El análisis estadístico realizado no mostró diferencias significativas para ninguna de las variables ( $P>0.05$ ). Los datos promedio se anexan a continuación.

En el Cuadro 10 se presentan los valores de correspondientes al incremento de calor producto del alimento de los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Colesteroly Purina respectivamente.

Cuadro 10. Incremento de Calor producto del alimento en Joules/animal/día para las hembras machos del bioensayo 1

	Ggax con colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	1 254.2	6 574.8	2 016.2	10 392.9
<b>Error</b>	744.5	2 688.7	897.6	2 453.9

Los valores promedio del incremento de calor producto del alimento para los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con gas con Cabeza de Camarón y Rangen respectivamente se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Incremento de Calor en Joules/animal/día para las hembras machos del bioensayo 2

	Ggax con cabeza de camarón		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	2 215.9	2 086.3	2 693.3	1 786.9
<b>Error</b>	698.6	312.07	722.76	745.5

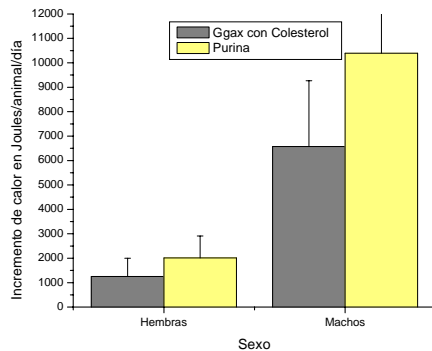


Figura 8. Incremento de Calor (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

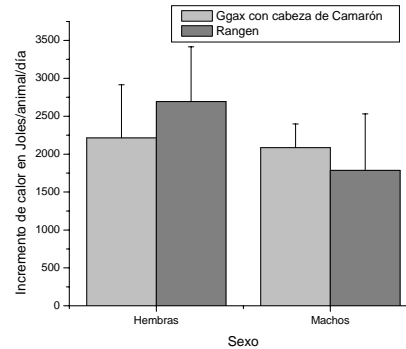


Figura 9. Incremento de Calor (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

#### 4. Excreción nitrogenada producto del alimento.

La Excreción Nitrogenada producto del alimento para los animales del bioensayo 1 (Ggax con ColesterolVs Purina) se muestra en la figura 10. El ANOVA bifactorial al que se sometieron los datos demuestra que las variables de tratamiento y sexo así como la interacción entre ellas no presenta diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

El cuadro 12 contiene los valores promedio de la Excreción nitrogenada producto del alimento de los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Colesterol y purina respectivamente.

Cuadro 12. Excreción Nitrogenada producto del alimento en Joules/animal/día para las hembras machos del bioensayo 1

	Ggax con Colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	106.7	123.8	118.5	92.1
<b>Error</b>	28.5	47.1	57.3	24.5

En el Cuadro 13 se muestran los valores promedio de la excreción nitrogenada producto del alimento de los animales correspondientes al bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con cabeza de Camarón y Rangen respectivamente.

Cuadro 13. Excreción Nitrogenada producto del alimento en Joules/animal/día para las hembras machos del bioensayo 2

	Ggax con cabeza de camarón		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	170.2	100.6	54.4	77.7
<b>Error</b>	31.4	23.8	16.5	24.3

La figura 10 muestra que los valores de Excreción Nitrogenada para el tratamiento de Ggax con colesterol son mayores como tratamiento ( $P < 0.05$ ) con respecto de los de Purina, sin embargo no hay diferencias significativas entre los sexos.

En la figura 11 se muestran los resultados de la Excreción Nitrogenada del bioensayo 2. Las variables de sexo e interacción no muestran diferencias significativas según el ANOVA realizado ( $P > 0.05$ ), la variable tratamiento presenta una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), al hacer la prueba de ponderación se observa que los valores para Ggax con cabeza de camarón son mayores con respecto de los mostrados por el tratamiento de Rangen lo anterior apoyado por la prueba estadística de ponderación de Bonferroni.

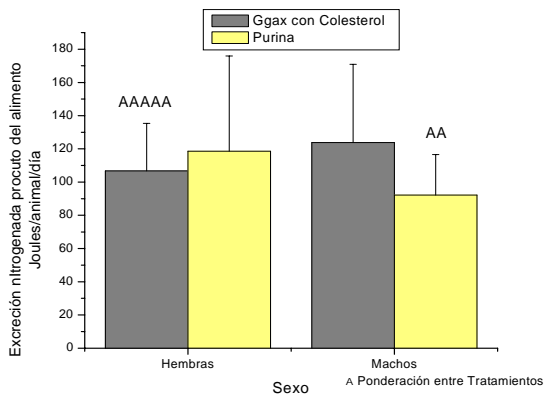


Figura 10. Excreción Nitrogenada producto del alimento (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

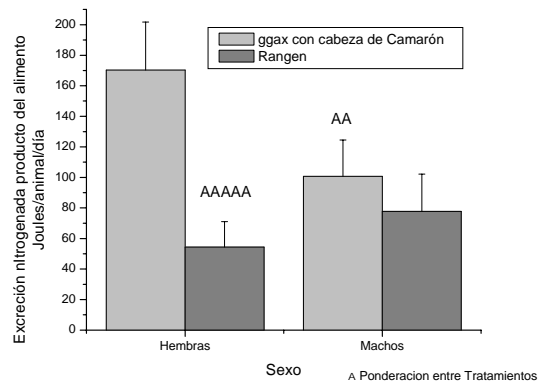


Figura 11. Excreción Nitrogenada producto del alimento (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

### 5. Tasa de Ingestión del cóctel de alimento completo (fresco+ Pelet)

La figura 12 muestra la Tasa de Ingestión para hembras y machos obtenida en el bioensayo 1 utilizando los dos tratamientos. El ANOVA bifactorial realizado a los datos de la tasa de



ingestión evidencia que las variables tratamiento, sexo y la interacción entre ellas no muestran diferencias significativas ( $P>0.05$ ) para este tratamiento.

En el Cuadro 14 muestra los valores promedio de las tasa de ingestión (energía que entra al animal por el alimento menos energía que se desecha) de los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Colesterol y Purina respectivamente.

Cuadro 14. Tasa de Ingestión para hembras y machos correspondientes al bioensayo 1

	<b>Ggax con Colesterol</b>		<b>Purina</b>	
	<b>Hembras</b>	<b>machos</b>	<b>Hembras</b>	<b>machos</b>
<b>Promedio</b>	11 876.3	12 661.2	13 672.1	14 891.4
<b>Error</b>	2 038.2	1 868.7	1 186.1	900.7

El cuadro 15 contiene los datos promedio de la tasa de ingestión de los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con cabeza de Camarón y Rangen respectivamente.

Cuadro 15. Tasa de Ingestión para hembras y machos correspondientes al bioensayo 2

	<b>Ggax con cabeza de camarón</b>		<b>Rangen</b>	
	<b>Hembras</b>	<b>machos</b>	<b>Hembras</b>	<b>machos</b>
<b>Promedio</b>	5 327.4	4 388.2	7 584.8	8 057.5
<b>Error</b>	106.4	217.8	402.8	1 802.2

Los datos contenidos en la Figura 13 corresponden a los obtenidos experimentalmente para la Tasa de Ingestión de las hembras y machos del bioensayo 2, la prueba de ANOVA bifactorial demuestra que la variable sexo y la interacción entre las variables tratamiento vs sexo no presenta efectos significativos ( $P<0.05$ ).

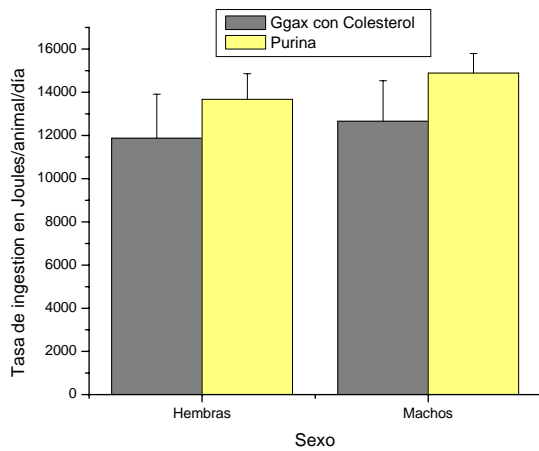


Figura 12. Tasa de Ingestión (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

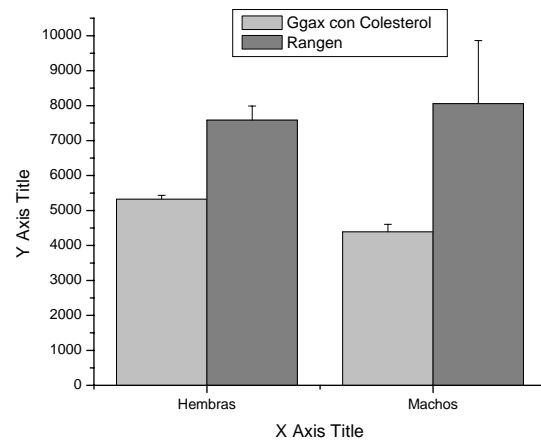


Figura 13. Tasa de Ingestión (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

La variable de tratamiento según el ANOVA bifactorial mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), la ponderación de Bonferroni demostró que el tratamiento Rangen es significativamente mayor con respecto de Ggax con cabeza de camarón .

## 6. Absorción

En la figura 14 se muestran los valores de absorción para hembras y machos correspondientes al bioensayo 1. La prueba no paramétrica de FRIEDMAN demuestra que no hay diferencias significativas ni entre los sexos ni con los tratamientos ( $P > 0.05$ ). A continuación se muestran los datos promedio.

El Cuadro 16 muestra los valores promedio de absorción de los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Colesterol y Purina respectivamente.

Cuadro 16. Absorción de las hembras los machos correspondientes al bioensayo 1.

	Ggax con Colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	11 455.9	12 286.5	13 187.8	14 525.8
<b>Error</b>	1 950.8	1 819.2	1 086.5	881.1

La absorción de las hembras y los machos correspondientes al bioensayo 2 se muestra en la figura 15. El análisis estadístico de FRIEDMAN aplicado al bioensayo 2 no evidenció diferencias significativas ( $P>0.05$ ).

En el cuadro 17 se muestran los valores promedio de absorción de los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Cabeza de camarón y Rangen respectivamente.

Cuadro 17. Absorción de las hembras los machos correspondientes al bioensayo 2.

	Ggax con Cabeza de Camarón.		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	3 347.2	2 876.3	4 534.3	4 956.8
<b>Error</b>	64.5	155.2	329.1	369.8

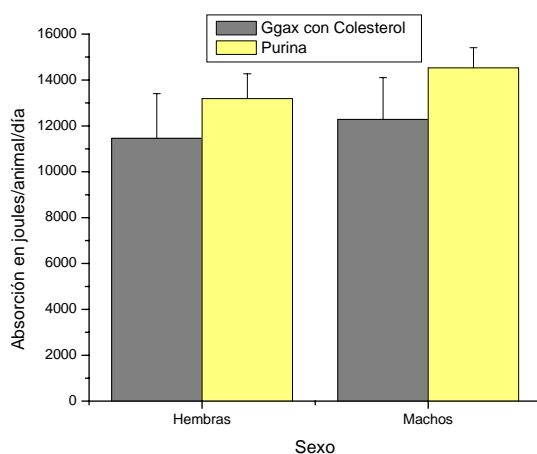


Figura 14. Absorción (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

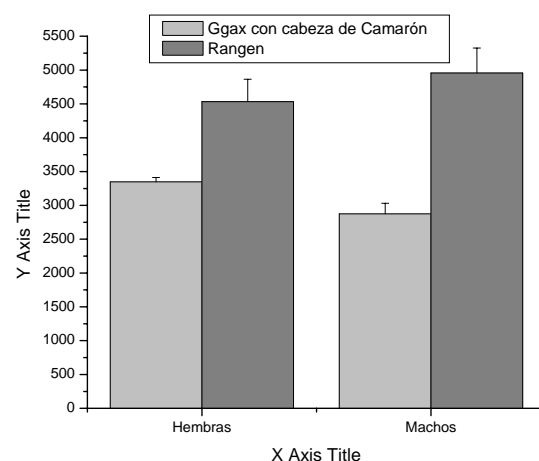


Figura 15. Absorción (Joules/animal/día) de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

## 7. O:N Ayuno

En la figura 16 se muestran los datos de la razón O:N de ayuno de las hembras y los machos correspondientes al bioensayo 1. El análisis no paramétrico de FRIEDMAN muestra que no existen diferencias significativas entre las variables ( $P>0.05$ ).

Los valores promedio de la razón atómica O:N para la condición de ayuno de los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con colesterol y Purina respectivamente se muestran en Cuadro 18.

Cuadro 18. Valores promedio de la razón O:N de ayuno correspondiente a las hembras los machos del bioensayo 1

	Ggax con Colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	292.5	185.1	104.4	14.0

La figura 17 muestra los valores de la Razón O:N en ayuno de las hembras y los machos del bioensayo 2. El análisis estadístico de los valores se realizó usando la prueba no paramétrica de FRIEDMAN en la cual no se observaron diferencias significativas de las variables ( $P > 0.05$ ).

El cuadro 19 contiene los valores promedio de la razón O:N en ayuno de los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con cabeza de Camarón y Rangen respectivamente.

Cuadro 19. Valores promedio de la razón O:N de ayuno correspondiente a las hembras los machos del bioensayo 2

	Ggax con cabeza de camarón		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	144.6	202.6	181.6	210.6

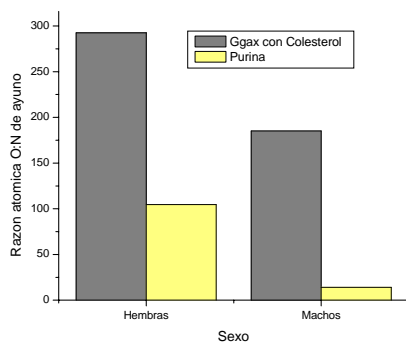


Figura 16. Razón O:N de ayuno de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

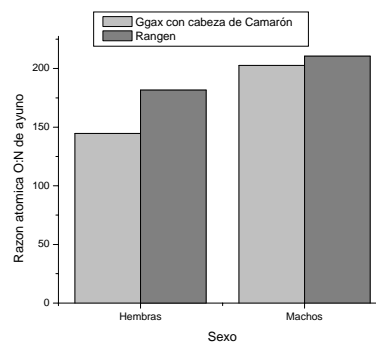


Figura 17. Razón O:N de ayuno de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

## 8. O:N alimentados

La figura 18 muestra los datos correspondientes a la razón atómica O:N en la condición de alimentados para las hembras y los machos del bioensayo 1. El análisis de ANOVA no paramétrica de FRIEDMAN mostró que no existen diferencias significativas entre las variables tratamiento y sexo ( $P>0.05$ ).

En el Cuadro 20 se muestran los valores promedio de las razón atómica O:N para la condición de alimentados en los animales del bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con colesterol y Purina respectivamente.

Cuadro 20. Valores promedio de la razón O:N alimentados correspondiente a las hembras los machos del bioensayo 1.

	Ggax con Colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>promedio</b>	181.6	1220.3	51.7	414.6

Los datos correspondientes a la razón atómica O:N de la condición de alimentados de las hembras y los machos del bioensayo 2 se muestran en la figura 19. Los datos fueron sometidos a la prueba de ANOVA de FRIEDMAN en la cual no se observaron diferencias significativas entre las variables tratamiento y sexo ( $P>0.05$ ).

El Cuadro 21 contiene los valores promedio de la razón atómica O:N de la condición de alimentados de los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con cabeza de Camarón y Rangen respectivamente.

Cuadro 21. Valores promedio de la razón O:N alimentados correspondiente a las hembras los machos del bioensayo 2

	Ggax con cabeza de camarón		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	48.8	88.4	135.8	96.0

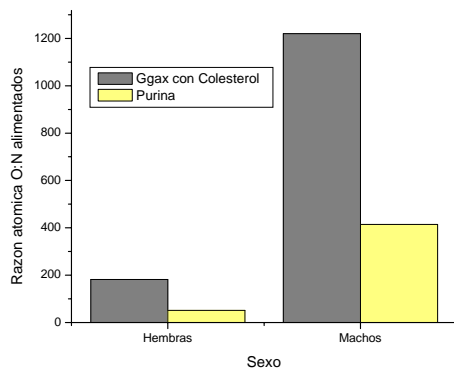


Figura 18. Razón O:N alimentados de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

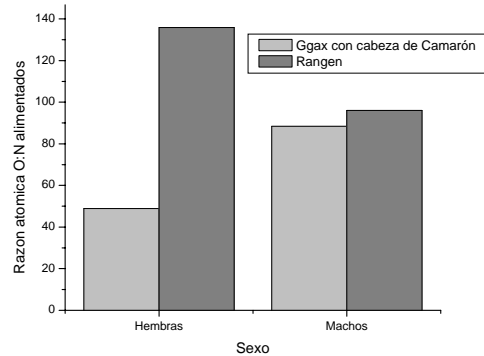


Figura 19. Razón O:N alimentados de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

### 9. Eficiencia de Absorción corregida.

En la figura 20 se muestran los resultados de la Eficiencia de absorción corregida para las hembras y los machos correspondientes al bioensayo 1. El ANOVA no paramétrica de FRIEDMAN aplicada a los datos, no mostró diferencias para las variables de tratamiento y sexo ( $P > 0.05$ ).

En el Cuadro 22 se muestran los promedios de la eficiencia de Absorción corregida para el bioensayo 1 (hembras y machos) alimentados con Ggax con Colesterol y Purina respectivamente.

Cuadro 22. Valores promedio de la Eficiencia de Absorción corregida del bioensayo 1

	Ggax con Colesterol		Purina	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	96.45	97.02	96.53	97.54
<b>Error</b>	1.02	0.14	0.43	0.11

Los datos del bioensayo 2 correspondientes a la Eficiencia de Absorción corregida se muestran en la figura 21. La prueba de ANOVA no paramétrica de FRIEDMAN aplicada en esta variable mostró que no existen diferencias significativas para las variables tratamiento y sexo.

El Cuadro 23 muestra los valores promedio de la eficiencia de Absorción corregida de los animales del bioensayo 2 (hembras y machos) alimentados con Ggax con cabeza de Camarón y Rangen respectivamente.

Cuadro 23. Valores promedio de la Eficiencia de Absorción corregida del bioensayo 2

	Ggax con cabeza de Camarón.		Rangen	
	Hembras	machos	Hembras	machos
<b>Promedio</b>	62.83	65.47	59.87	61.44
<b>Error</b>	0.28	0.56	3.57	0.97

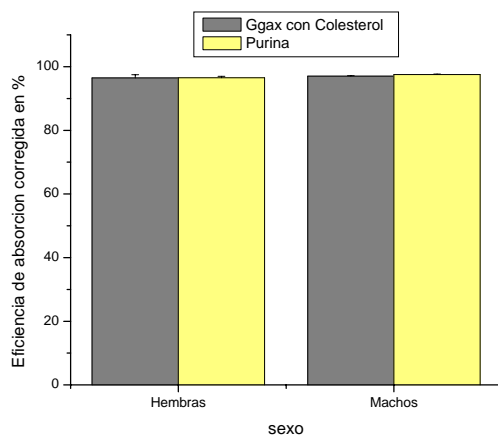


Figura 20. Eficiencia de Absorción corregida de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con Colesterol y Purina)

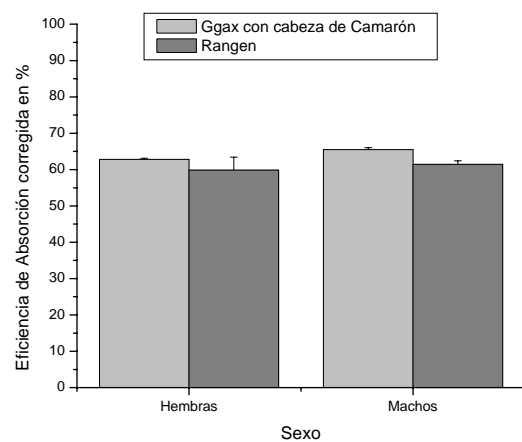


Figura 21. Eficiencia de Absorción corregida de las hembras y machos de *Litopenaeus setiferus* alimentados con dos dietas artificiales diferentes (Ggax con cabeza de camarón y Rangen)

## ***Modelos de Balance Energético por condición experimental.***

### ***I. Ggax con colesterol.***

#### ***a. Hembras***

En el cuadro 24 se muestran los valores promedio y error estándar de las diferentes variables que componen el modelo de Balance Energético para la hembras del bioensayo 1 correspondiente a los animales alimentados con Ggax con colesterol.

Cuadro 24. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con Colesteroldel bioensayo 1. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	[NH <sup>4</sup> ]	IC	EN	TAIN	EFAB corr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	2 610.3	101.6	1 254.2	106.7	11 876.3	96.4	11 455.9	7 382.8	4 073.0
<b>Error</b>	809.1	25.6	744.5	28.5	2 038.2	1.0	1 950.8	N/D	N/D

**b. Machos.**

El cuadro 25 muestra los valores promedio y de error estándar de las variables que componen el modelo de Balance Energético de los machos Ggax con colesterol del bioensayo 1.

Cuadro 25. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con Colesterol del bioensayo 1. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	[NH <sub>4</sub> ]	IC	EN	TAIN	EFAB corr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	8 666.0	69.7	6 574.8	123.8	12 661.2	97.0	12 286.5	-3 147.9	15 434.4
<b>Error</b>	2 756.1	33.0	2 688.7	47.1	1 868.7	0.1	1 819.2	N/D	N/D

**II. Purina.**

**a. Hembras.**

En el cuadro 26 se muestran los valores correspondientes a las variables medidas para el modelo de Balance Energético de las hembras Purina del bioensayo 1.

Cuadro 26. Modelo de Balance Energético para las hembras Purina del bioensayo 1. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	NH <sub>4</sub>	IC	ENPA	TAIN	EFABcorr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	5 051.2	201.3	2 016.2	118.5	13 672.1	96.5	13 187.8	5 800.4	7 387.3
<b>Error</b>	2 915.5	22.6	2 453.9	24.5	900.7	0.1	881.1	N/D	N/D

**b. Machos.**

En el cuadro 27 se muestran los valores de las diferentes variables medidas del modelo de Balance Energético de los machos Purina del bioensayo 1.



Cuadro 27. Modelo de Balance Energético para los machos Purina del bioensayo 1. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	NH4	IC	ENPA	TAIN	EFABcorr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	12 385.4	99.7	10 392.9	92.1	14 891.4	97.5	14 525.8	-8 444.4	22 970.3
<b>Error</b>	2 915.5	22.6	2453.9	24.5	900.7	0.1	881.1	N/D	N/D

### III. *Ggax con cabeza de camarón.*

#### a. *Hembras.*

En el cuadro 28 se muestran los datos correspondientes a las variables que componen el balance energético de las hembras del bioensayo 2 alimentadas con el alimento Ggax el cual contenía harina de cabeza de camarón.

Cuadro 28. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	NH4	IC	ENPA	TAIN	EFABcorr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	5 724.2	178.4	2 215.9	170.2	5 327.4	62.8	3 347.2	-4 941.6	8 288.9
<b>Error</b>	743.2	21.5	698.6	31.4	106.4	0.2	64.5	N/D	N/D

#### b. *Machos.*

El cuadro 29 muestra los valores correspondientes a las variables que componen el modelo de Balance Energético de los machos del bioensayo 2 alimentados con alimento Ggax que contenía cabeza de camarón.

Cuadro 29. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	NH4	IC	ENPA	TAIN	EFABcorr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	4 908.6	109.9	2 086.3	100.6	4 388.2	65.4	2 876.3	-4 329.2	7 205.6
<b>Error</b>	427.3	19.4	312.0	23.8	217.8	0.5	155.2	N/D	N/D

### IV. *Rangen.*

#### a. *Hembras.*

En el cuadro 30 se muestran los valores de las diferentes variables que componen el modelo de Balance energético de las hembras del bioensayo 2 que fueron alimentadas con el alimento artificial y comercial de Rangen.

Cuadro 30. Modelo de Balance Energético para las hembras Rangen del bioensayo 2. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	NH4	IC	ENPA	TAIN	EFABcorr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	7 822.2	103.7	2 693.3	54.4	7 584.8	59.8	4 534.3	-6 139.4	10 673.8
<b>Error</b>	416.89	21.7	722.7	16.5	402.8	3.5	329.1	N/D	N/D

b. *Machos*.

El cuadro 31 contiene los datos correspondientes a los valores de cada una de las variables que componen el modelo de Balance Energético de los machos del bioensayo 2 alimentados con el alimento Rangen.

Cuadro 31. Modelo de Balance Energético para los machos Rangen del bioensayo 2. Los valores están expresados en Joules/animal/día

	VO2	NH4	IC	ENPA	TAIN	EFABcorr	Absorción	Producción	Gasto
<b>Promedio</b>	5.228,64	125,39	1.786,90	77,77	8.057,54	61,44	4.956,82	-2.261,88	7.218,70
<b>Error</b>	819,60	30,56	745,58	24,38	1.802,26	0,97	369,82		

*x. Discusión.*

Los trabajos experimentales realizados para cubrir el objetivo planteado, fueron hechos bajo condiciones fisicoquímicas y de calidad de agua que se mantuvieron constantes durante los dos bioensayos, y nunca por debajo de los requerimientos necesarios mínimos sugeridos para los camarones peneidos y en particular para *L. setiferus*, lo cual garantiza que las respuestas fisiológicas obtenidas son producto de su condición experimental y no de un estrés fisiológico de supervivencia. Bray y Lawrence en 1992 reportaron los intervalos óptimos para la maduración de camarones peneidos (28-36‰ de salinidad, 27-29 °C de temperatura, 8-8.2 de pH, 5 ppm de Oxígeno disuelto, 0.02-0.04 mg/l de amonio, entre 100 y 400 % de recambio de agua). Y Alfonso *et al* en 1993 menciona que 14-10 hrs luz/oscuridad de fotoperiodo es el rango óptimo para esta especie.

Los estudios que se han realizado en todo el mundo, sobre el balance energético de las especies de alto valor comercial, la tendencia y la inquietud de conocer detalladamente los procesos de asimilación y flujos energéticos productos de alimento en condiciones controladas apoyan el

trabajo y el objetivo que se planteó al principio de este trabajo. Por otra parte los indicadores seleccionados para evaluar si un alimento es mejor o no que otro en términos de su calidad en el proceso de maduración gonádica son los siguientes; Consumo de Oxígeno, Incremento de calor y Productividad sin embargo el análisis se enriqueció apoyándose en el conjunto de mediciones que se proponen en el modelo de Balance Energético de Bureau *et al* del 2000.

El consumo de Oxígeno se consideró como una forma indirecta de conocer la capacidad de captar, manipular y en su caso preferir un alimento con respecto de otros una vez cubiertos los requerimientos metabólicos básicos del organismo además del gasto energético para asimilarlo. en los tratamientos Ggax con colesterol y Purina, los valores de consumo de oxígeno son de 22.8% y 38.3% respectivamente, mientras que los otros tratamientos Ggax con cabeza de camarón y Rangen para el caso de las hembras y en los cuatro condiciones en el caso de los machos son superiores (entre 55% y 73% ). En el caso de los tratamientos que presentan los valores de consumo de oxígeno muy altos con respecto de los bajos es probable que los alimentos no hayan sido demasiado atractivos para el camarón, y por lo tanto los animales derivaban su atención en cosas que les demandara demasiado consumo de oxígeno como moverse aleatoriamente de forma brusca, motivo del estrés al que estuvieron sometidos los animales o a que los dispositivos respirométricos utilizados no tenían las características adecuadas en su capacidad para realizar las evaluaciones de manera eficiente o que estuvieran descalibrados.

Cabe mencionar que las hembras del bioensayo 1 tenían un peso promedio de 42 grs y los machos de 35 grs mientras que en el bioensayo 2 las hembras tenían un peso promedio de 44.1grs y los machos de 30.8grs. En el bioensayo 1 a simple vista las cámaras respirométricas evidenciaban una limitante de tamaño ya que en bioensayo 1 parecía que las hembras estaban cómodas y sin estrés mientras que los machos mostraban una conducta poco común que consistía en que de manera permanente se movían manifestando una insuficiencia de espacio, arqueando el cuerpo para golpear las paredes de la cámara o de frente para golpear la tapa lo cual en algunos casos deforma el rostro.

Esta conducta se manifestó durante toda la corrida experimental, mientras que en bioensayo 2 sucedió lo contrario los machos parecían estar tranquilos y las hembras con problemas de espacio. Parte de estas conductas permite manifestar que los casos de las hembras de Ggax con colesterol y Purina el estrés no interfirió de manera directa en la conducta y por lo tanto en las mediciones del consumo de oxígeno. Los 6 tratamientos restantes, machos de Ggax con colesterol y machos de Purina y hembras y machos de Ggax con cabeza de camarón y Rangen enmascaran la respuesta real de la acción del alimento derivado del estrés, del manejo y manipulación y cansancio directo de los animales.

En el bioensayo 1 las mediciones de consumo de oxígeno producto del alimento y excreción nitrogenada muestran diferencia en los valores con respecto de los demás condiciones (sexo) y tratamiento, evidenciando de manera satisfactoria sólo para las hembras en las dos condiciones (Ggax con colesterol y Purina) existe un valor de productividad positiva, las cuales corresponden de manera visual con la comodidad de los organismos a las cámaras, ya que en ambos casos las hembras son de menor tamaño con respecto a las del bioensayo 2, lo cual infiere que las lecturas de carácter desordenada y las magnitudes tan grandes son producto del estrés de los animales por el dispositivo tanto del consumo como de la excreción nitrogenada.

Por otro lado, los valores de incremento de calor (IC) para todas las condiciones experimentales presentan el mismo comportamiento, el IC se encuentran entre el 10.9% y el 15.3% para las condiciones Ggax con colesterol y Purina, por otro lado las magnitudes grandes son producto del estrés al que estuvieron sometidos los animales, siendo los tratamientos de Ggax con colesterol y Purina los que presentan menor cantidad (11% y 15% respectivamente) lo cual nos permite evidenciar que los tratamientos Ggax con colesterol y Purina fueron los únicos que respondieron de manera directa a la condición experimental, no así los machos de Purina ni las hembras y machos del bioensayo 2, los cuales tenían valores que van desde 24.8% y hasta 45.2%. Dichos valores son relacionados directamente con el estrés producto del manejo del cautiverio y de los dispositivos experimentales, que a la condición del alimento.

El cuadro 32 resume los modelos de balance energético para todas las condiciones experimentales. El se observa que los valores de RE de todas las condiciones experimentales son negativas, solamente los hembras alimentadas con Ggax con colesterol y las hembras alimentadas con Purina fueron las que presentaron valores positivos, lo cual indica que la energía ofrecida en el alimento fue suficiente para cubrir las necesidades metabólicas básicas y además aportar energía para ser utilizada en la Producción.

Cuadro 32. Resumen de los modelos de Balance Energético incluyendo los dos bioensayos en Kj/animal/día

	Rangen		Purina		Ggax			
	machos	hembras	machos	hembras	con		sin	
colesterol.					con	sin	con	sin
I								
DE	5	5	14	13	12	3	11	3
UE+ZE	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2
HiE	2	3	11	2	7	2	1	3
HeE	5	8	12	5	8	5	3	6
RE	-2	-6	-8	<b>6*</b>	-3	-4	<b>7**</b>	-5

Es significativo con respecto de los demás \*

El cuadro 33 es un comparativo del metabolismo respiratorio La tasa de respiración, como medida indirecta de aceptación de un alimento, involucra procesos como la manipulación y absorción del alimento en forma general, sin embargo lo valores que se presentan en este trabajo para todas las condiciones experimentales excepto en los presentan las hembras de Ggax con colesterol y Purina respectivamente resultan estar muy afuera de los parámetros reportados en otros estudios similares, (Cuzon, *et al* 2004b), lo cual permite decir que los alimentos no fueron lo suficientemente buenos para permitir que el estrés no modificara los valores o aún más este trabajo permite detectar que para trabajo posteriores muchas variables debieran ser consideradas por ejemplo, la muda, el nivel de maduración, el estrés, etc.. Los valores reportados por Cuzon, *et al* en 2004b muestran que para los camarones peneidos la energía de recuperación o RE nunca es mayor a 30 % y solo para el caso de *P. californiensis* se reporta que el valor es del 40%.

Cuadro 33. Comparación de los valores de metabolismo respiratorio entre *L. vannamei* y otros crustáceos en KJoules/animal/hora. Donde HiE corresponde a la respiración en ayuno y HiE<sup>(1)</sup> es el incremento de calor, N-NH<sub>4</sub> es la excreción nitrogenada y RE corresponde al metabolismo respiratorio.

<b>Especie</b>	<b>HiE</b>	<b>HiE<sup>(1)</sup></b>	<b>N-NH<sub>4</sub></b>	<b>RE%</b>
<i>L.vannamei</i> Culiacan hcbh	8.3	11	2.1	20
<i>L.vannamei</i> Culiacan lcbh	6.25	10	2.5	20
<i>L.vannamei</i> Sisal hcbh	9.16	11	2.0	10-15
<i>L.vannamei</i> Sisal lcbh	8.3	10	2.5	
<i>L.vannamei</i> Tahiti hcbh	5	11	2.1	10-15
<i>L.vannamei</i> Tahiti lcbh	4.16	10	2.5	
<i>P. californiensis</i>	0.7			40
<i>L. stylirostris</i> 16°				10-20
<i>L. stylirostris</i> 20°				10-20
<i>L. stylirostris</i> 28°				10-20
<i>P. japonicus</i>		5		
<i>Procambarus clarkii</i>	1.7			
<i>Cherax terrimanus</i> crayfish	8.3	9	0.4	29
<i>C. maenas</i>	20.8		0.15	30

Sin embargo, los valores obtenidos en todas las mediciones excepto para el caso de las hembras de Ggax con colesterol y Purina las cuales obtuvieron valores porcentuales entre 20 y 40 %, nos permite diferenciar dos grupos de alimento, el grupo de los que están dentro de los parámetros que se conocen de otras especies, tal es el caso de las hembras alimentadas con Ggax con colesterol y Purina y un segundo grupo en donde los valores siempre están entre 50% y 70% del total de energía disponible, este comportamiento puede ser atribuido a que los animales están en un constante estrés. No existe mucha información en este rubro con la que se puedan comparar estos valores ya que el presente es uno de los pocos trabajos hechos con animales adultos (reproductores) de esta especie bajo estas condiciones por lo tanto los valores no son suficientes para poder realizar dicha comparación.

Hasta el momento resulta poca la información que se tiene para *L. setiferus* en estas condiciones experimentales por lo que se sugiere reforzar las mediciones con otros bioensayos y de esta forma confirmar los supuestos de estrés o simplemente confirmar que para esta especie los valores son significativamente diferentes con respecto de los ya reportados.

Lo que si se puede decir es que las hembras alimentadas con Ggax con colesterol y Purina fueron las únicas dos condiciones capaces de sostener la producción el crecimiento en estas condiciones experimentales. Duerr en 1999 encontró que el camarón que presenta un aumento substancial del peso necesitaría más colesterol que camarón con un aumento reducido de peso. Por otra parte, según el nivel de la maduración de las hembras, la necesidad del colesterol aumentaría tan pronto como llegue la proximidad del desarrollo del ovario por lo que no podemos asegurar que las hembras que si usaron eficientemente el colesterol en la dieta es por que son mejores si no que tal vez las que no lo comieron o tuvieron producción negativa es por que o no estaban en proceso de maduración o dicho proceso estaba bloqueado por algún mecanismo producto del cautiverio o simplemente no pudieron usarlo.

Es importante hacer más bioensayos relacionados con la disponibilidad del alimento ya que en este momento no se puede asegurar que el hecho de poner algún componente en la dieta este disponible para que sea incorporado de manera inmediata al metabolismo y con esto se llegue a reflejar de manera directa en los indicadores

El colesterol no es sintetizado por el camarón (Zandee, 1966). Por lo tanto el colesterol necesario estar presente en cantidad dada en la dieta en las varias fases del ciclo vital (Teshima et al., 1983). A nivel de la absorción existe una variación según las diferentes fuentes por ejemplo para el fitosterol es de entre 60-90% y para el colesterol el 83% con *P. japonicus* (Teshima et al., 1974).

Los resultados obtenidos en este bioensayo permiten decir que del total de la energía solo el 90% como máximo es empleado en incluir el colesterol en procesos de maduración gonádica, sería importante realizar trabajos para evaluar los diferentes tipos de colesterol o similares para determinar cuál es el mejor para ofrecerlo en futuras dietas y aproximarnos a tener un 100% de eficiencia. Teshima *et al.* (1975) iniciaron los trabajos sobre este alimento que era considerado casi a nivel de una vitamina. Su esencialidad se ha probado en gran parte, y las razones están metabólicamente claras.

La estimación directa del indicador de Producción (P) que se obtuvo de resolver la ecuación del modelo de Balance Energético es una forma indirecta de saber con qué facilidad un organismo asimila los ácidos grasos polinsaturados ofrecidos en la dieta en forma de colesterol y los incorpora en su metabolismo, para favorecer el proceso de madurez gonádica en periodo relativamente cortos de tiempo, el que un tratamiento presente un valor alto de Producción, superior a los demás significa que el alimento ofertado tiene una buena calidad debido a sus componentes y a la disponibilidad de ellos para el animal. Este es el caso de los alimentos Ggax con colesterol y Purina los valores de producción

Los lípidos son considerados como los componentes más importantes en el proceso de maduración de los camarones peneidos, ya que desde el punto de vista bioquímico juegan un papel importante a nivel estructural de las membranas celulares y son precursores de las sustancias de reserva, las cuales forman parte del vitelo de los huevos del cual se nutren las larvas en sus primeras fases de su vida, desde el embrión hasta el nauplio (Mourente y Rodríguez, 1991).

Con base en lo anterior se puede decir que los niveles de lípidos ofrecidos en los diferentes alimentos no fueron suficientes o no tenían la calidad para promover el proceso de maduración ya que solo en dos casos Ggax con colesterol y Purina los valores de Producción fueron 64% y 44% respectivamente. Esto no se puede asegurar de manera imperativa en el presente trabajo hay un fuerte componente de estrés al que los animales fueron sometidos por ablación, aclimatación, desoves inducidos y en general un gran manejo y manipulación, que enmascaran los resultados de las diferentes condiciones experimentales. Es sólo en el caso del bioensayo 1, en el cual se tienen cuantificados valores positivos y la correlación que existe entre consumo de oxígeno, incremento de calor y excreción nitrogenada son lógicamente correctas.

La cantidad de nutrientes incluidos en el alimento es de suma importancia (Primavera, 1984; Tacon, 1990; Bray y Lawrence, 1992) y es el principal factor que propicia la maduración gonádica de las hembras.



Los aportes nutricionales por cóctel de los diferentes alimentos utilizados en los dos bioensayos se resumen en el cuadro 34.

Cuadro 34. Aporte nutricional de cada uno de los tratamientos experimentales incluye alimento fresco y alimento peletizado

<b>Bioensayo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Proteína</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Carbohidratos</b>
1	Ggax con colesterol*	53.19	6.02	16.66
	Purina *	52.78	6.26	17.13
2	Ggax con cabeza de camarón *	52.9	5.97	16.42
	Rangen *	52.55	6.1	16.05

\* El cóctel diario incluía alimento fresco a razón del 90% del total y el pelet de la condición experimental a razón del 10% del total

La excreción nitrogenada, como energía metabolizable, funcionó como un buen indicador de la eficiencia de un alimento ya que en todo los casos excepto en el las hembras del bioensayo 1 (Ggax con colesterol y Purina) los valores de excreción amoniacal son de 64% y 44% respectivamente mientras que los valores de los demás tratamientos toman dimensiones ridículas que fluctúan entre 0% y 2 % lo que demuestra que el alimento no fue ingerido y/o no fue absorbido ya sea por su calidad o por el componente de estrés antes mencionado. Cabe mencionar que la excreción nitrogenada postabsortiva, producto del alimento, no varía en ningún caso incluyendo en el bioensayo 1 (entre el 0% y el 2%) lo cual nos hace pensar que si el alimento fue ingerido poco fue excretado, y si no fue ingerido el valor es producto de su metabolismo basal. Dicho indicador no nos da muchas más información que permite referir con más claridad la calidad del alimento pero si refleja lo que ocurrió en el desarrollo del bioensayo que fue la falta de atracción de los diferentes tipos de alimento específicamente en el bioensayo 2.

La necesidad de medir los niveles de amonio y urea en relación a las pérdidas totales fecal y no fecal, es cuestionable para la evaluación de dietas comerciales. Se ha determinado que, en general, el amonio representa al menos el 85% de los desechos de nitrógeno mientras la urea representa menos del 15% (Kaushik y Cowey, 1991). Lo que nos lleva a pensar que midiendo los valores de los desechos nitrogenados como el amonio, tenemos el porcentaje más alto de la composición por qué los datos obtenidos en el laboratorio muestran que los valores de excreción de amonio están dentro de los parámetros estimados, lo que nos permite afirmar que los animales

que ingirieron el alimento independientemente de su condición lo asimilaron y por lo tanto excretaron los desechos. La excreción nitrogenada a través de los procesos de excreción amoniacal y de urea puede alcanzar según la cantidad de alimento introducido o la naturaleza de la fuente proteica de 5 al 22% del presupuesto energético medido en cautiverio a metabolismo (Teshima, 1995).

Los alimentos, tanto experimentales como comerciales, deberán tener una cierta concentración de Lípidos que favorecen la madurez gonádica y por lo tanto la producción de huevos, Bray *et al*, desde 1990 concluye que los alimentos artificiales que contienen mas del 10% de inclusión de lípidos totales, produce buenos resultados en cuanto al número de desoves/hembra/día y la cantidad de huevos/desove. Sin embargo, no es suficiente que estos aportes estén presentes el alimento si no que estén disponibles para que el animal los pueda utilizar. El tratamiento experimental Ggax con colesterol contenía una fuente rica de colesterol crudo y además pareciera estar mas disponible para el animal y no así el alimento experimental Ggax con cabeza de camarón, que aunque contenía ácidos grasos polinsaturados al parecer no estuvieron disponibles para que el animal los asimilara ya que en su medición de Producción no presenta un valor positivo.

El indicador de la Eficiencia de Absorción corregida (EFABcorr) nos dice con que eficiencia el alimento es asimilado por el animal, así tenemos que entre mayor sea el valor del indicador el alimento será más asimilado, garantizando que los nutrientes esenciales contenidos en el sean capturados por el animal y con esto mantener su metabolismo y en su caso apoyar el proceso de maduración gonádica o incrementar la biomasa según sea el caso. En este trabajo tenemos que el bioensayo 1 presenta valores de EFABcorr entre 96.4% y 97.5% y para el Bioensayo 2 los valores están entre 59.8% y 65.4% lo cual indica que los alimentos Ggax con cabeza de camarón y Rangen para ambos sexos fueron menos absorbidos. Lo anterior reflejo que el alimento no era lo suficientemente atractivo para el animal o simplemente el estrés del manejo y de los dispositivos experimentales no le permitieron centrar su atención en el alimento, a pesar de estar en ayuno de por lo menos 12 hrs.

En términos generales, con las mismas raciones de alimento equivalentes a un porcentaje de su masa corporal, la eficiencia de absorción es mayor en el bioensayo 1 con respecto del bioensayo 2 con lo que se confirma que los dos alimentos utilizados en el bioensayo 1 tienen un mayor contenido energético con respecto que los del bioensayo 2, independientemente de su composición, la relación entre un alimento que aporte energía favorece al proceso de la Producción, ya que de manera sobrada dicho alimento cubre los requerimientos metabólicos obligatorios o basales

La energía destinada a la maduración y los valores de Producción de Ggax con colesterol fueron igual al 64% del valor total de energía, esto hace referencia a que los organismos además de satisfacer su metabolismo basal y de rutina encontraron una fuente energética disponible para utilizar los ácidos grasos polinsaturados disponibles en el alimento y tener producción positiva, además aporta energía para favorecer la inclusión de los lípidos responsables de la maduración gonádica y la producción de huevos. En el caso de las hembras alimentadas con Purina sucedió lo mismo sólo que un orden de magnitud menor pues ya que los valores son menores llegando a ser cercanos al 44% de la energía alimentaría canalizada al crecimiento gonádico. Es poco probable que se pueda establecer un comparación más profunda entre los dos alimentos pues Purina es un alimento comercial formulado y patentado, por lo cual es difícil acceder a su fórmula por lo que no se conocen los niveles de inclusión de ácidos grasos ni la disponibilidad de dichos compuestos para los organismos

Es en estas dos condiciones experimentales, en las cuales existe una producción positiva, siendo Ggax con colesterol la mejor en términos numéricos, lo cual confirma que el indicador de productividad experimental obtenido del modelo de Balance Energético es una buena manera de evidenciar la calidad de un alimento en el proceso de maduración gonádica. Es importante decir en términos generales que los dos alimentos (Ggax con colesterol y Purina) se localizan al mismo nivel de calidad para favorecer la maduración.

La Producción es un parámetro que puede ser difícil de determinar especialmente con los camarones reproductores porque existe un hábito de alimentar a libre demanda, lo cual dificulta la medición de la cantidad exacta de energía en el alimento suministrado, sin embargo en este

estudio la cantidad de alimentación con alimento fresco fue fijada con respecto de la biomasa que era igual al 10%. Dicho porcentaje representa una contribución importante comparada a la alimentación seca. Sin embargo, una imprecisión existe referente a la cantidad exacta de alimentación (fresca y en un grado inferior seco) que realmente sea ingerida por el camarón. Generalmente, la alimentación fresca estaría en los términos de la energía absorbida, alrededor dos veces más que el nivel de la energía derivado de la alimentación seca.

El sustrato metabólico que se empleó en todos los casos fueron los lípidos ya que los valores de O:N de ayuno siempre permanecieron por arriba de 60 unidades, que es el límite superior para sustratos metabólicos mezclados excepto el caso de los machos de Purina los cuales presentaron un valor de 14 indicando que el sustrato metabólico eran las proteínas (según Mayzaud y Conover, 1988) en condición de ayuno.

En el caso de la condición alimentados, las hembras Purina muestran valores de 51.7 unidades y las hembras de Ggax con cabeza de camarón muestran un valor de 48.8 unidades lo que marca en ambas condiciones una mezcla de sustratos metabólicos de proteínas y lípidos lo cual demuestra que los sustratos metabólicos ofrecidos en el alimento son fuentes de inmediata incorporación y que se encuentran como formas más accesibles de obtener energía.

Independientemente de que los resultados de productividad no se obtienen más que en el bioensayo 1, la maduración y remaduración gonádica de las hembras de todos los tratamientos se da de manera diferencial pero constante ya que los organismos se encuentran ablacionados y en condiciones experimentales óptimas y constantes, se observó que existe una tendencia en la maduración por el número de desoves por animal y por el número de huevos por desove.

Rendón en 1997 reportó que el número de huevos/desove para el caso de Ggax con colesterol de 118, 826 y para Purina de 87, 952 y adicionalmente a esto los valores de producción que son mejores para Ggax con colesterol que para Purina se obtiene que existen 3 calidades de alimentos, el alimento Ggax con colesterol el que tiene mejor productividad 64.4% de la energía digerible (DE) es canalizada a la maduración gonádica y por lo tanto ofrece mejores

desoves, lo cual lo coloca en el primer nivel de eficiencia para la maduración, Rendón en 1997 reportó que los mejores resultados de la eficiencia reproductiva se presentaban en las hembras alimentadas con alimento experimental Ggax y con comercial Purina, lo cual coincide completamente con los resultados obtenidos en este trabajo.

En segundo lugar está el alimento Purina el cual presentó un indicador del 44% de Producción según el modelo de balance y que además presenta mayor numero de remaduraciones según Rendón, 1997.

Y por último, un tercer grupo de alimentos en donde se colocan los dos restantes Ggax con cabeza de camarón y Rangen en el mismo nivel ya que las valoraciones experimentales no permiten ponderar de manera satisfactoria cual es mejor ya que presentaron valores de Producción negativas, errores atribuidos al estrés y manejo.

## ***xi. Conclusiones.***

1. Se encontraron dos grupos de alimentos, el grupo 1 que si presentó Producción y el grupo 2 que no presentó.
2. El grupo uno está formado por Ggax con colesterol y Purina
3. El alimento experimental Ggax con colesteroles mejor que el alimento comercial Purina por que presentó mayor Productividad.
4. Los alimentos balanceados tanto experimentales como comerciales son efectivos para promover la maduración, si se ofrecen en una mezcla de alimento fresco y complementario.
5. Por calidad del alimento para la maduración le siguen en orden decreciente Purina y después en el mismo lugar los alimentos del grupos 2 Ggax con cabeza de camarón y Rangen
6. La harina de cabeza de camarón no es un sustituto de colesterol, ni es una fuente alterna de lípidos que pueda incorporarse a una dieta específica orientada a la maduración gonádica.
7. Los valores de la variable respiración obtenidos de manera experimental coinciden con los reportados en la bibliografía para los casos de las hembras de Ggax con colesterol y de Purina.
8. El aporte de ácidos grasos como fuente de energía asociada a la maduración esta en dependencia de que el compuesto se encuentre disponible o de la forma en que los animales pueden asimilarla.
9. Los modelos de Balance Energético son una forma directa de estimar los flujos de energía utilizados por un organismo, aso como predecir la cantidad de energía destinada a la producción (crecimiento y/o reproducción).
10. Es importante continuar esta línea experimental ya que para el caso de *L. setiferus* existen pocos trabajos que se especialicen en reproductores.

## ***xii. Recomendaciones.***

1. En diseño experimental es necesario considerar el diseño (volumen, forma) de las cámaras respirométricas por lo que se recomienda que estas deban ser por lo menos de 1.5 veces más grandes en dimensiones (largo y ancho) que el animal a evaluar.
2. Se recomienda el uso de herramientas teóricas como los modelos y las simulaciones para la obtención de datos o calibrar los ya existentes ya que los bioensayos son muy largos, tardados complejos y hay que controlar muchas variables.

## ***xiii. Bibliografía.***

1. Akiyama, D. A., W Dominy and A. Lawrence. (1992). Penaeid shrimp nutrition: 535-568. In: Arlo, W. and J. Lester (eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*, Elsevier Science Publisher B.V.
2. Alfonso, E., L. Ramos, E. Díaz, T. García y C. Rosas. (1993): Manual del 11 curso internacional de postlarvas de camarones peneidos del Atlántico de América. Universidad Nacional Autónoma de México, 132 pp.
3. Balazs, G., E. Ross and C. Brooks. (1973). *Preliminary studies on the preparation and feeding of crustacean diets*. *Aquaculture*. 2: 369-377.
4. Beamish, F. W. H. and E. A. Trippel. (1990). Heat Increment: A static or dynamic dimension in bioenergetic models. *Trans. of the Amer. Fish Soc.* 119:649-666.
5. Beamish, F.W.H., AJ. Miimi. and P.F.K.P. Leet. (1975). Bioenergetic of teleost fishes: Environmental influence. En L.H.P. Bolis Madreel y K. Schmidt-Nielsen (eds). *Comparative Functional Aspects of Structural Materials*. Nosth Holland Publications Company, Amsterdam: 600 pp.

## ***xii. Recomendaciones.***

1. En diseño experimental es necesario considerar el diseño (volumen, forma) de las cámaras respirométricas por lo que se recomienda que estas deban ser por lo menos de 1.5 veces más grandes en dimensiones (largo y ancho) que el animal a evaluar.
2. Se recomienda el uso de herramientas teóricas como los modelos y las simulaciones para la obtención de datos o calibrar los ya existentes ya que los bioensayos son muy largos, tardados complejos y hay que controlar muchas variables.

## ***xiii. Bibliografía.***

1. Akiyama, D. A., W Dominy and A. Lawrence. (1992). Penaeid shrimp nutrition: 535-568. In: Arlo, W. and J. Lester (eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*, Elsevier Science Publisher B.V.
2. Alfonso, E., L. Ramos, E. Díaz, T. García y C. Rosas. (1993): Manual del 11 curso internacional de postlarvas de camarones peneidos del Atlántico de América. Universidad Nacional Autónoma de México, 132 pp.
3. Balazs, G., E. Ross and C. Brooks. (1973). *Preliminary studies on the preparation and feeding of crustacean diets*. *Aquaculture*. 2: 369-377.
4. Beamish, F. W. H. and E. A. Trippel. (1990). Heat Increment: A static or dynamic dimension in bioenergetic models. *Trans. of the Amer. Fish Soc.* 119:649-666.
5. Beamish, F.W.H., AJ. Miimi. and P.F.K.P. Leet. (1975). Bioenergetic of teleost fishes: Environmental influence. En L.H.P. Bolis Madreel y K. Schmidt-Nielsen (eds). *Comparative Functional Aspects of Structural Materials*. Nosth Holland Publications Company, Amsterdam: 600 pp.



6. Bray, W.A., A. L. Lawrence and J.R. Leung-Trujillo. (1988). Successful reproduction of *Penaeus monodon* after culture under hypersaline conditions (Abstract) Jour. WorldAquacult. Soc.16: 250-257.
7. Bray, W. A. and A. L. Lawrence. (1990). Reproduction of eyestalk ablated *Litopenaeus stylirostris* fed various levels of total dietary lipid. *Jour. of the World Aquacult Soc.* 21(1): 41-52.
8. Bray, W., and A. Lawrence. (1992). Reproduction of *Litopenaeus* species in captivity. 93-170. In Arlo W, and J. Lester (eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*, Elsevier Science Publisher B. V.
9. Bray, W.A and Lawrence AL. (1992) Reproduction of *Litopenaeus* species in captivity. *Development in Aquaculture and Fisheries Science, Vol23 in: Bry, W.A and Lawrence A.L. (Eds) 1992. Marine Shrimp Culture: Principles and practices. Arlo W. Fast and L. James Lester editors.*
10. Browdy, C. L. and T. M. Samocha. (1985). The effect of eyestalk ablation on spawning, molting and mating of *Litopenaeus semisculatus* de Haan. *Aquaculture* 49, 19-29.
11. Browdy, C., L. A. Hadani, T. Samocha, T. and Y. Loya. (1989). An evaluation of frozen *Artemia* as a dietary supplement for the stimulation of reproduction in Penaeid shrimp: 617-623. In: N. DePauw, E. Jaspers., H. Ackefors and N. Wilkens (eds.), *European Aquaculture Soc., Bredene, Belgium.*
12. Brown, Jr. A., J. Me Vey, Middleditch, B. S. and A. L. Lawrence. (1979). Maturation of white shrimp (*Litopenaeus setiferus*) in captivity. *Proc. World. Maricult. Soc.,IO:435-444.*
13. Bureau D, P. A. Azevedo, M. Tapia-Salazar, Cuzon, G., (2000). Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications.

- In: Cruz -Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. A. Olvera-Novoa, y R. Civera-Cerecedo, (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, (2000). Mérida, Yucatán, México. 111-140.
14. Cahu, C., C. Fauvel and AQUACOP. (1986): Effect of food fatty acid composition of *Litopenaeus vannamei* broodstock on egg quality. ICES Maricul. Comm. C.M.1986F: 9-29 pp.
  15. Cahu, C., J. Guillaume, G. Stéphan and L. Chim. (1994): Influence of phospholipids and highly unsaturated fatty acids on spawning rate and eggs and tissue composition in *Litopenaeus vannamei* fed semi-purified diets. Aquaculture 126: 159-170.
  16. Capuzzo, H. C. and B. S. Lancaster, B.S. (1979). The effects of dietary carbohydrates levels on protein utilization in the American lobsters *Homarus americanus*. *Proc. World. Maricult. Soc.* 10: 689-700. 50
  17. Chamberlain, G.W and A. L. Lawrence. (1981a). Effect of light intensity and male and female eyestalk ablation on reproduction. *Proc. World. Maricult. Soc.* 4: 135-136.
  18. Chamberlain, G.W and A. L. Lawrence. (1981b). Maturation, reproduction and growth of *Litopenaeus vannamei* and *P. stylirostris* fed natural diets. *Proc. World Maricult. Soc.* 12, 209-224.
  19. Chamberlain, G.W y N. F. Gervais. (1984). Comparison of unilateral eyestalk ablation with environmental control for ovarian maturation of *Litopenaeus stylirostris*. *World. Maricult. Soc.*, 15:29-30.
  20. Cho, C. Y. (1992). Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. Aquaculture 100, 107-123.

21. Clifford, R. C. and R., W. Brick. (1983) Nutritional physiology of the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) 1. Substrate metabolism in fasting juvenile shrimp. *Comp.Biochem. Phisiol.*,: 561-568.
22. CONAPESCA, (2003). Anuario estadístico de Pesca. SAGARPA. Capitulo 6 disponible para su consulta en su versión electrónica desde el sitio en Internet [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona\\_anuario\\_estadistico\\_de\\_pesca](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca).
23. Conover, R. J. (1966). Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* 11: 338-345.
24. Conover, R. J. and E. D. S. Comer. (1968). Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles. *Jour. Mar. Biol. Ass. UK* 48: 49-75.
25. Coordinación de Servicios Editoriales de la Facultad de Ciencias. (1993). Apuntes del II Curso Internacional de Producción de Postlarvas de camarones Peneidos del Atlántico de América. Campeche, Campeche, México. UNAM, México: 132pp.
26. Cuzon, G., Gaxiola, G., Rosas, C., Aquacop, 2004b. Can shrimp tolerate high dietary lipid levels? *Aquac. Nutr.* (in press).
27. Dall, W. and D. M. Smith. (1986). Oxygen consumption and ammonia excretion in fed and starved tiger prawn *Litopenaeus esculentus* Haswell. *Aquaculture* 55: 23-33.
28. Díaz, E., S. Espina., C. Rosas., A. Sánchez y C. Vanegas. (1989). Ritmo respiratorio y amplitud metabólica del camarón café *Litopenaeus aztecus* (Tamiagua, México) con ablación de los pedúnculos oculares. *Rev. Inv. Mar. Univ. Hab. Cuba. Vol X* 1: 27-40.
29. Duerr, E., 1995. Cholesterol requirement in indoors and outdoors tanks in Hawaii (unpublished research).
30. Emerson, W. (1980). Induced maturation of prawn *Litopenaeus indicus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2: 121-131.

31. Emerson, W. (1983). Maturation and growth of ablated and unablated *Penaeus monodon* Fabricus. *Aquaculture*. 32: 235-241.
32. Emerson, W. D., Hayes, D. P. and M. Ngonyame. (1983) Growth and maturation of *Litopenaeus indicus* under blue and green light. *S. Africa. 1. Zool. 18*: 71-75. .
33. Galgani, M. and AQUACOP. (1989a). Influence du régime alimentaire sur la reproduction en captivité de *Litopenaeus vannamei* et *P. stylirostris*. *Aquaculture* 80: 97-109.
34. Galgani, M., G. Cuzon, F. Galgani, and J. Goguenheim. (1989b). Influence du régime alimentaire sur la reproduction en captivité de *Litopenaeus indicus*. *Aquaculture* 81: 337-350.
35. Goguenheim, J., J. Barret, J. Patrois, J. Cahu, C. Fauvel and AQUACOP. (1987). *Litopenaeus vannamei*: Broodstock constitution, maturation and artificial insemination. World Aquaculture Society Annual Conference, January 18-23, Guayaquil, Ecuador. (Abstract).
36. Harrison, K., E. (1997). Broodstock Nutrition and Maturation Diets. In *Advances in World Aquaculture, Volumen 6 Crustacean Nutrition*. World Aquaculture Society (WAS). 390-408.
37. Harrison. K. (1990). The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapods crustaceans: a review. *J. of Shellfish Research*. 9: 1-28.
38. Hatcher, A. (1991). The use of metabolic ratios for determination the catabolic substrates of a solitary ascidean. *Mar. Biol.* 108:433-440.
39. Iwama, G. K., and A. F. Tautz. (1981). A simple growth model for salmonids in hatcheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 649- 656.

40. Kawahigashi, D., K. (1992). A survey of commercial maturation technology in the western hemisphere. 25-54 in Wyban, editor. Proceedings of the special sessions on shrimp farming. World Aquaculture Society, Orlando Florida, World Aquaculture Society (WAS), Barton Rouge, Louisiana, USA.
41. King, J. (1948). A study of the reproductive organs of the common marine shrimp *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus). Biol. Bull. 94: 244-262.
42. Lawrence A. L., F. L. Castille Ir., L. M. Sturmery and D.M. Akiyama. (1986). Nutritional response of marine shrimp to different levels of soybean in feeds. D.M. Akiyama (ed.) *American Soybean Association*. Texas.
43. Lawrence A. L., Y. Akamine., Y. Middleditch, B. S., G. Chamberlain and D. Hutchins. (1980). Maturation and reproduction of *Litopenaeus setiferus* in captivity. *Proc. World. Soc.* 11: 481-487.
44. Lemos, D., Ezquerro, J. García-Carreño, f. 2000. Protein digestion in penaeid shrimp: digestive proteinases, proteinase inhibitors and feed digestibility. *Aquaculture* 89-105
45. León, T. (1995). Efecto de la luz y del alimento sobre la maduración sexual de hembras de camarón blanco *Litopenaeus setiferus* en condiciones controladas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 64 pp.
46. León, T., G. Gaxiola., C. Rosas, A. Sánchez., L. Ramos., L. A. Soto., C. Durruti., N. López y H. Ramírez. (1992). Efecto del color de la luz sobre la maduración de hembras de camarón blanco *Litopenaeus setiferus* y del camarón rosado *Litopenaeus duorarum* parcialmente oclectomizadas. *IX Congreso Nacional de Oceanografía*, Veracruz, Veracruz.
47. Makinouchi, S. and J. Primavera. (1987). Maturation and spawning of *Litopenaeus indicus* using different ablation methods. *Aquaculture*. 62: 73-86.

48. Martínez C. (1992). La nutrición y alimentación en la acuicultura de América latina y el Caribe. Trabajos presentados por Brasil, Colombia, Cuba, Chile, Ecuador, Jamaica, México, Panamá y Venezuela en el II Taller Regional sobre Nutrición y Alimentación en Acuicultura (Mazatlán, Sin., México, 8–11 de diciembre 1992)
49. Martínez, R. (1993). Camaronicultura: Bases técnicas y científicas para el cultivo de los camarones peneidos. Editorial AGT, México 233 pp.
50. Mayzaud, P. and R. J. Conover. (1988). O:N atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 45:289-302.
51. Middleditch, B. S., S. Missler and H. B. Hines.(1980) Metabolic Profiles of Penaeid shrimp: Dietary Lipids and ovarian maturation. *Jour. of Chrom.* 359-368 pp.
52. Middledich, B., S. Missler, D. Ward, J. Brown and A. Lawrence. (1979). Maturation of penaeid shrimp: dietary fatty acids. *Proc. World Maricul. Soc.* 10: 472-476.
53. Mourente, G. and A. Rodríguez. (1991). Variation in the lipid content of wildcaught females of the marine shrimp *Litopenaeus keratus* during sexual maturation. *Mar. Biol.* 110: 21-28.
54. Nascimiento, I. A., W. A. Bray., J. L. Leung y A. Lawrence. (1991). Reproduction of ablated and unablated *Litopenaeus schmitti* in captivity using diets consisting of fresh - frozen natural and dried formulated feeds.
55. Orellana, M. (1993). Efecto de la inclusión de adultos de *Artemia franciscana* sobre la composición bioquímica de hembras en maduración del camarón blanco *Litopenaeus setiferus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, 41 pp.

56. Ponce, V. G. y A. V. Botello. (1991). Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la Laguna de Términos, Campeche. *Hidrobiología* 1 (2): 1-10.
57. Primavera, J. H. (1978). Induced maturation and spawning in five month-old *Penaeus monodon* Fabricius by eyestalk ablation. *Aquaculture*. 13: 355-359.
58. Primavera, J. H. (1984). A review of maturation and reproduction in closed thelicum Penaeids. SEAFDEC Aquaculture Department. 47-63.
59. Primavera, J.H. and R. M. V. Caballero. (1992). Light color and ovarian maturation in unablated and ablated giant tiger prawn *Penaeus monodon* (Fabricus). *Aquaculture*, 108:247-256.
60. Ramos, L., y I. Fernández. (1981). Variaciones del metabolismo glucídico durante el ciclo reproductor en la especie *Litopenaeus notialis* Pérez Farfante, 1967. *Rev. Inv. Mar.* (2): 141-155.
61. Ramos, L., y A., G. Gonzales. (1983) Inducción artificial a la maduración gonadal en hembras de *Litopenaeus notialis* Pérez Farfante, 1967. *Rev. Invest. Mar.* IV (1):33-61.
62. Ramos, L., y I. Fernández. (1984): Variaciones cuantitativas de la proteína y lípidos totales ováricos durante la maduración gonadal del camarón, *Litopenaeus notialis* (Pérez Farfante, 1967). *Rev. Inv. Mar.* (5): 49-56.
63. Ramos, L., and J. H. Primavera. (1986): Induced maturation in ablated *Litopenaeus notialis* and *Litopenaeus schmitti*: 677- 700. In: J. McLean, L. Dizon and L. Hosillos (eds.). *The first Asian fisheries forum*. Asian. Fish. Soc. Manila Philippines.
64. Ramos, L. y. G. E. Torres. (1986). Relación entre la talla y la maduración ovárica inducida por ablación ocular en el camarón rosado *Litopenaeus notialis*. *Rev. Invest. Mar.* V(3): 91-92.

65. Ramos, L., (1990). Fecundación artificial del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*: Fecundidad y viabilidad de los desoves. *Rev. Invest. Mar.* X (2): 157-168
66. Ramos, L. y T. García. (1992). Maduración y reproducción de *Litopenaeus schmitti*, utilizando como complemento de la alimentación diferentes dietas peletizadas. *Rev. Inv. Mar.* 13 (2): 159-166.
67. Ramos, L., T. García y V. Bagur. (1987). Frecuencia de la alimentación y uso de la lombriz de tierra como complemento del calamar en la dieta de *Litopenaeus schmitti* con maduración inducida. *Mar Cuba 87 y 1<sup>er</sup> Congreso de Ciencias del Mar* 9-12 Junio. La Habana Cuba.
68. Regnault, M. (1981). Respiration and ammonia excretion of the shrimp *Crangon crangon* (L) during the molt cycle. *Jour. Comp. Biochem. Physiol.* 141: 549-555.
69. Regnault, M. (1987). Nitrogen excretion in marine and fresh water. Crustácea. *Biol. Rev.* 62: 1-24.
70. Rendón, M. (1997). Efecto de tres alimentos artificiales complementarios sobre la maduración de las hembras ablacionadas de camarón blanco del Golfo de México *Litopenaeus setiferus* (Linneo, 1767), en condiciones controladas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 41 pp.
71. Rosas, C., A. Sánchez, M. E. Chimal y R. Brito. (2002). Manual de métodos para la evaluación del balance energético en Crustáceos. Laboratorio de Ecología y Biología Marina Experimental, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 43 pp
72. Saldaña, F. G. (1992). Aspectos de la maduración y calidad reproductora de *Litopenaeus setiferus* en condiciones controladas en Tuxpan Veracruz. *Tesis de Maestría*. Facultad de Ciencias. U.N.A.M... 65 pp.



73. Sarac H. Gravel M. Saunders J. Tabrett S. (1993). Evaluation of Australian protein sources for diets of the black tiger prawn (*Penaeus monodon*) by proximate analysis and essential amino acid index. From discovery to commercialization., European Aquaculture Soc., Oostende (Belgium), p. 167, Special Publication, European Aquaculture Society, no 19.
74. Smith, D., Dall, W. Moore, L. (1992). The natural food of some Australian penaeids. In: Allan, G.L. Dall W (Eds) Proc. Aquaculture Nutrition Workshop NSW Fisheries, Salamander Bay Australia pp 95-96
75. Sudaryono, A., Hoxey M, Kailis S. Evas L. (1995). Investigation of alternative protein sources in practical diets for juvenile shrimps, *Penaeus monodon* diets: influence of lupin species and types of meals. Aquaculture 177, 121-133
76. Tacon, A. (1990). The nutrition and feeding of farmed fish and shrimps. A training manual. Argent Press, 100 pp.
77. Teshima, S., A. Kanazawa and H. Okamoto. (1974). Absorption of sterols and cholesterol esters in a prawn, *P. japonicus*. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 40: 1015-1019.
78. Teshima S., I. Ceccaldi, H. J. Patrois and A. Kanazawa. (1975). Bioconversion of desmosterol to cholesterol at various stages of molting cycle in *Palaemon serratus* Pennant, Crustacea Decapoda. Comp. Biochem. Physiol. B. 50(3) 485-489.
79. Teshima, S. and A. Kanazawa. (1980). Transport of dietary lipids and role of serum lipoproteins in the prawn. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 46(1) 51-55.
80. Teshima, S., A. Kanazawa and H. Sasada. (1983). Nutritional value of dietary cholesterol and other sterols to larval prawn, *P. japonicus* Bate. Aquaculture, 31: 159-167.

81. Teshima S. and A. Kanazawa. (1983). Variation in lipid composition during the ovarian maturation of the prawn. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49 (6): 957. 963.
82. Teshima S., A. Kanazawa, S. Koshio and K. Horinouch. (1988a). Lipid metabolism in destalked prawn *P. japonicus*: Induced maturation and accumulation of lipids in the ovaries. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Nippon Suisan Gakkaishi) 54: 1115-1122.
83. Teshima S., A. Kanazawa, K. Horinouch and S. Koshio. (1988b). Lipid metabolism in destalked prawn *P. japonicus*: Induced maturation and transfer of lipids reserves to the ovaries. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Nippon Suisan Gakkaishi) 54: 1123-1129.
84. Teshima S., A. Kanazawa., S. Koshio and K. Horinouchi. (1989). Lipid metabolism of the prawn *P. japonicus* during maturation: variation in lipid profiles in the ovary and hepatopancreas. *Comp. Biochem. Physiol.*, 92B: 45-49.
85. Teshima, S. (1995). Energy budget of *P. japonicus*. Symposium IWGCN Kagoshima, Japan. Fisheries reviews.
86. Warren, C. E., and Davis G. E. (1967). Laboratory studies on the feeding bioenergetics and growth of fish. En S.D gerking (de) *The Biological Basis of the Fresh waterfish production*. Blakwell,Oxford, Edimburgh : 175-214.
87. Yano, I. (1984). Induction of rapid spawning in Kuruma prawn, *P. japonicus* through unilateral eyestalk enucleation. *Aquaculture*.40: 265-268.
88. Zandee, D. I. (1966). Absence of cholesterol synthesis as contrasted with the presence of fatty acid synthesis in some arthropods. *Comp. Biochem. Physiol.*, 120: 811-822.

89. Zar, J. R. (1984). *Biostatistical Analysis*. 2a de. Prentice Hall, Englewood, Cliff, NewYersey 07632: 500 pp.

# Apéndice I.

## Modelos de Balance Energético bioensayo 1.

Figura 22. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con colesterol del bioensayo 1. Expresado en porcentaje (%).

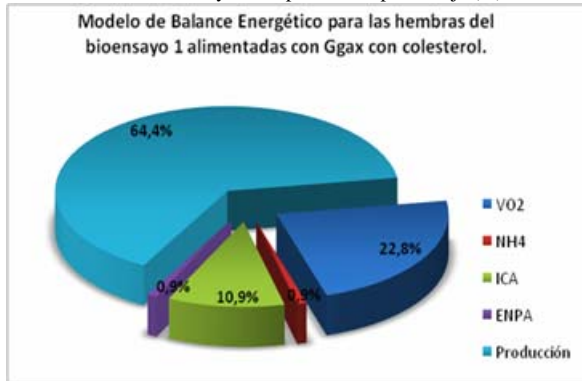


Figura 23. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con colesterol del bioensayo 1. Expresado en porcentaje (%).

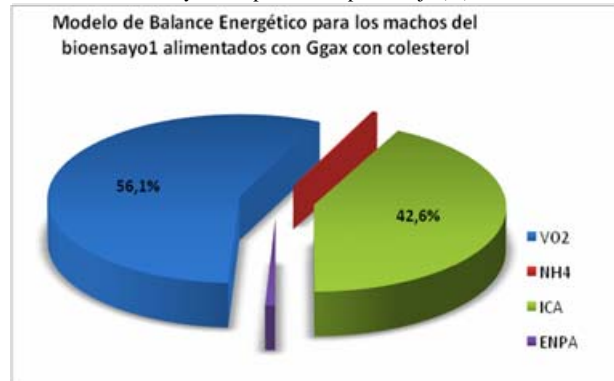


Figura 24. Modelo de Balance Energético para las hembras Purina del bioensayo 1. Expresado en porcentaje (%).

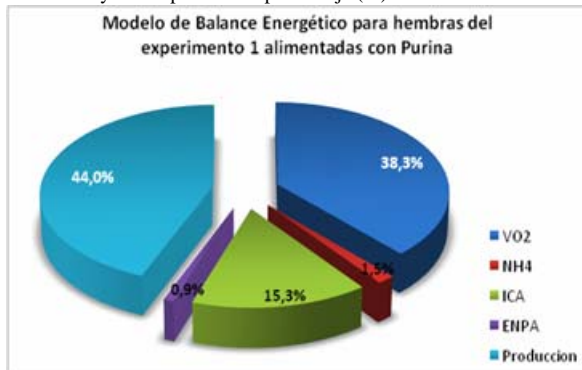
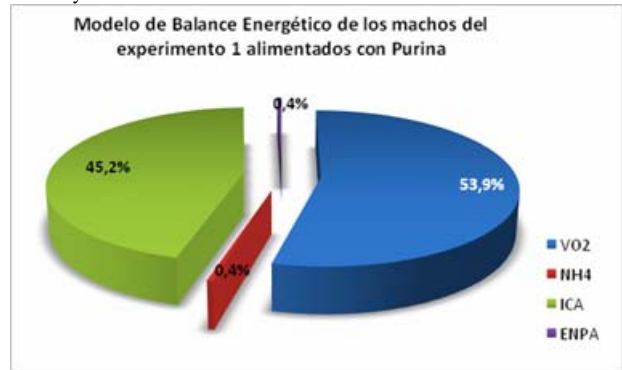


Figura 25. Modelo de Balance Energético para los machos Purina del bioensayo 1.



## Modelos de Balance Energético del bioensayo 2.

Figura 26. Modelo de Balance Energético para las hembras Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2. Expresado en porcentaje (%).

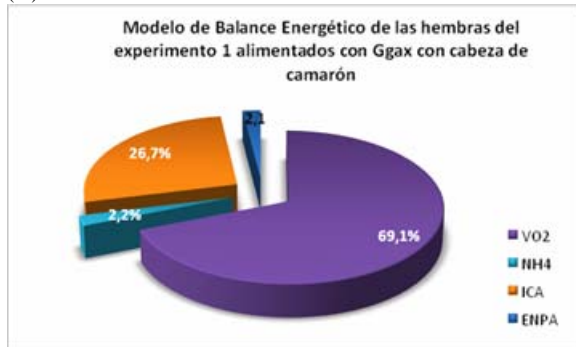


Figura 27. Modelo de Balance Energético para los machos Ggax con cabeza de camarón del bioensayo 2. Expresado en porcentaje (%).



Figura 28. Modelo de Balance Energético para las hembras Rangen del bioensayo 2.

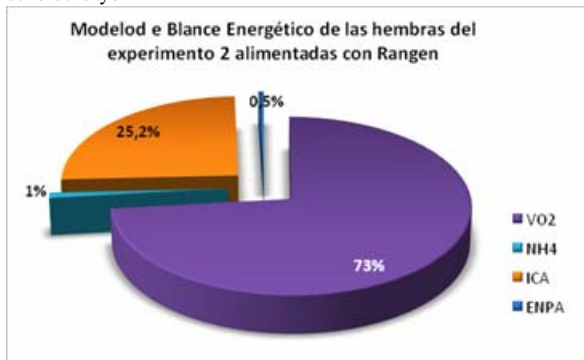


Figura 29. Modelo de Balance Energético para los machos Rangen del bioensayo 2. Expresado en porcentaje (%).

