



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
OCEANOLÓGICAS

“Producción intensiva de postlarvas de abulón (*Haliotis rufescens*) en cultivo estático utilizando raciones de alimento peso-específicas y distintas densidades postlarvales”.

Tesis

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en
Oceanografía Costera

Presenta

Rosario Jara Montañez

Ensenada, B.C.

Marzo del 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
OCEANOLÓGICAS



“Producción intensiva de postlarvas de abulón (*Haliotis rufescens*) en cultivo estático utilizando raciones de alimento peso-específicas y distintas densidades postlarvales”.

Tesis

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en
Oceanografía Costera

Presenta

Rosario Jara Montañez

Ensenada, B.C.

Marzo del 2012

**“Producción intensiva de postlarvas de abulón
(*Haliotis rufescens*) en cultivo estático utilizando
raciones de alimento peso-específicas y distintas
densidades postlarvales”.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

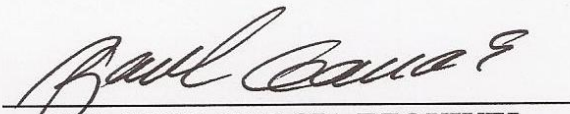
PRESENTA

ROSARIO JARA MONTAÑEZ

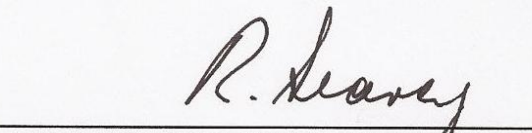
APROBADA POR



DR. ENRIQUE VALENZUELA ESPINOZA
DIRECTOR DE TESIS



DR. ZAUL GARCIA EZQUIVEL
SINODAL



DR. RICARDO SEARCY BERNAL
SINODAL

RESUMEN

Se llevaron a cabo dos experimentos con el propósito de evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Haliotis rufescens*, utilizando la ración peso-específica con distintas densidades de postlarvas. En el experimento 1, se usaron postlarvas de 15 días de edad y se evaluaron durante 4 semanas. Para este propósito, se utilizó un diseño factorial completo con tres raciones alimenticias (2, 4, y 6%) y dos densidades de postlarvas (2 y 4 cm⁻²), cada tratamiento experimental se realizó por triplicado. Las condiciones de temperatura y salinidad fueron de 18.5 ± 0.5 °C y 30 PSU. Diariamente se cosecharon y cuantificaron cultivos de *Navicula incerta* con 2 días de crecimiento para ser usadas como alimento para cada condición. La postlarva se enumeró, se midió y pesó cada semana para determinar supervivencia, longitud de la concha, peso húmedo, peso seco y tasa de crecimiento. En la primera semana, la supervivencia postlarval fue mayor al 93 % y no mostró diferencias significativas (P>0.05) entre tratamientos. De la segunda a la cuarta semana, la supervivencia en los tratamientos de baja densidad fue mayor que los de alta densidad de postlarvas. Al final del experimento, la mortalidad fue 91% con ración del 4% y 4 postlarvas cm⁻². De estos resultados, se concluye que no hubo cambios importantes en la supervivencia, longitud de la concha y peso (húmedo y seco) de las postlarvas. En el experimento 2, se replicó el diseño experimental arriba mencionado. En las primeras dos semanas, el alimento se suministró en base al 2%,4% y 6% del peso seco de los organismos. A partir de la tercera semana, se adicionó en base al 20%, 40% y 60% del peso seco de las postlarvas. Las condiciones de temperatura y salinidad fueron de 17.8 ± 0.2 °C y 30 PSU. Para la alimentación y biometría de las postlarvas se siguió el mismo procedimiento arriba indicado. Durante la primera semana, la supervivencia postlarval fue mayor al 92% y no mostró diferencias significativas (P>0.05) entre tratamientos. Sin embargo, a partir de la tercera semana la supervivencia en el tratamiento del 40% con 2 postlarvas cm⁻² mostró diferencias mayores al 37% respecto al tratamiento del 20% con 4 postlarvas cm⁻². La mayor longitud en concha y peso seco se obtuvo con la ración del 60% y 2 postlarvas cm⁻² y, la menor se presentó con ración del 20 % y 4 postlarvas cm⁻². Para la tercera y cuarta semana, la tasa de crecimiento fue de 2 a 5 veces mayor con ración alimenticia del 60% y 2 postlarvas cm⁻², con respecto a la ración del 20 y 40% y 4 postlarvas cm⁻². Al final de periodo de cultivo, la tasa de crecimiento disminuyó en un 45 %, en el tratamiento con ración alimenticia de 60% y 2 postlarvas cm⁻². Se observó que el crecimiento y supervivencia fue afectado tanto por ración alimenticia y densidad. Con base a los resultados de este estudio, se recomienda usar una ración peso- específica del 60% basada en el constituyente orgánico de *Navicula incerta*, como un método alterno para la alimentación de postlarvas de *Haliotis rufescens*.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Investigaciones Oceanológicas y a la Facultad de Ciencias Marinas por haberme permitido ser parte de este programa de posgrado y por todo el apoyo otorgado para la realización de este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haberme becado, ya que sin su apoyo no hubiera podido llevar a cabo mis estudios de posgrado.

Mil gracias al Dr. Enrique Valenzuela Espinoza por haberme permitido trabajar con él, por no haberme dejado desistir en mis estudios de posgrado, por apoyarme en la realización del proyecto experimental, por alentarme a terminar mi proyecto, por enseñarme tanta información que él conoce, por tenerme paciencia, por todas sus correcciones y contribuciones que ayudaron a terminar esta tesis y por ayudarme en mi formación como Maestra en Ciencias.

Muchísimas gracias a los miembros del comité de tesis: Dr. Zaul García Ezquivel y Dr. Ricardo Searcy Bernal quienes me estuvieron apoyando durante todo mi proyecto de tesis, tanto durante la etapa de experimentación como con la parte escrita al darme observaciones y contribuciones que ayudaron a mejorar este trabajo.

A la Dra. Casandra Anguiano Beltrán porque a pesar de no formar parte de mi comité de tesis siempre estuvo dispuesta en apoyarme en mi proyecto de tesis. Gracias por sus aportaciones y enseñanzas, fueron de gran ayuda en la elaboración de este trabajo.

Al Oc. Filiberto Núñez por apoyarme en distintas actividades dentro del laboratorio de microalgas.

Al Dr. Martín Hernández Ayón por todo su apoyo brindado.

A mis profesores de posgrado por compartir sus conocimientos y por contribuir en mi formación como Maestra en Ciencias.

A la empresa Abulones Cultivados ubicada en el Ejido Eréndira por haberme facilitado en varias ocasiones larva de abulón rojo para el desarrollo de este trabajo.

A mis amigas de la licenciatura y maestría, Biól. Luvia L. García Echauri, Biól. Bertha García Capitanachi, Biól. Ma. de los Ángeles Milanés Salinas, Biól. Mónica Franco y Biól. Nadya Leal por estar al pendiente de mi evolución durante mis estudios de posgrado y por ayudarme con los temas que se me dificultaron durante mis clases.

A todos mis compañeros de distintos semestres del posgrado que me apoyaron durante mis estudios de maestría y me ayudaron en los momentos difíciles, en especial a Norma, Karla, Massiel, Alex, Bertha, Ángeles.

A mis amigos ex salseros, Citlalli, Norma, Ely, Gonzálo, Tanya, Fabián, Susy y Hugo por su amistad y por estar al pendiente de mis avances del proyecto experimental.

A mis amigos de LIDEM por preocuparse por mi persona y por mis proyectos profesionales, por estar al pendiente de mis avances de la tesis y darme ánimos.

A mi amigo Nico porque constantemente estuvo al pendiente de mis avances de tesis, por levantarme el ánimo y hacerme sentir que todo iba a salir bien.

A todos los que contribuyeron de manera directa e indirecta para ayudarme a alcanzar mi meta.

Y sobre todo a mi mamá por haberme ayudado a superar todos los obstáculos que se me presentaron durante mis estudios de posgrado, por no haberme dejado rendir antes de cumplir mi meta, por apoyarme siempre en mis decisiones y por ayudarme a concluir mi maestría.

DEDICATORIA

A mi madre Ma. del Rosario Montañez Román por el gran apoyo que me ha brindado toda mi vida en todos los proyectos que me he propuesto y por ayudarme a cumplirlos y no rendirme. Por enseñarme a superar los obstáculos a los que me he enfrentado y por siempre apoyar mis decisiones.

A mi hermana Conie Jara Montañez por su amor, apoyo y preocupación en mis proyectos académicos y personales.

A Lalo por su atención y preocupación por mi persona y por mis ocupaciones.

A mis amigos y compañeros por su tiempo, apoyo y amistad.

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
3. HIPÓTESIS	11
4. OBJETIVO GENERAL	11
4.1. Objetivos específicos	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1. Cultivo de <i>Navicula incerta</i>	12
5.2. Peso seco total y peso orgánico total de <i>Navicula incerta</i>	13
5.3. Cuantificación celular del alimento	14
5.4. Origen de los organismos	15
5.5. Experimento I. Crecimiento y supervivencia de postlarvas de <i>Haliotis rufescens</i> de 14 días de edad	16
5.4.1. Desarrollo experimental	16
5.6. Experimento II. Crecimiento y supervivencia de postlarvas de <i>Haliotis rufescens</i> de 50 días de edad	19
5.6.1. Desarrollo experimental	19
5.7. Análisis estadístico	21
6. RESULTADOS	22
6.1. Experimento I	22
6.1.1. Peso orgánico total de <i>Navicula incerta</i>	22
6.1.2. Condiciones ambientales del cultivo postlarval	23

6.1.3. Supervivencia	23
6.1.4. Longitud	25
6.1.5. Tasa de crecimiento	27
6.1.6. Peso húmedo y seco de postlarvas de <i>Haliotis rufescens</i>	29
6.2. Experimento II	33
6.2.1. Peso orgánico total de <i>Navicula incerta</i>	33
6.2.2. Condiciones ambientales del cultivo postlarval	35
6.2.3. Supervivencia	35
6.2.4. Longitud	39
6.2.5. Tasa de crecimiento	42
6.2.6. Relación de las tasas de crecimiento con la densidad postlarval	44
6.1.2. Peso húmedo y seco de postlarvas de <i>Haliotis rufescens</i>	45
7. DISCUSIÓN	52
7.1. Peso seco total y peso orgánico total de <i>Navicula incerta</i>	52
7.2. Condiciones ambientales del cultivo postlarval	53
7.3. Supervivencia	55
7.4. Crecimiento	58
8. CONCLUSIONES	63
9. ANEXOS	64
10. LITERATURA CITADA	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño experimental 1. Los recipientes numerados del 1-3 corresponden al tratamiento 1, del 4-6 al tratamiento 2, del 7-9 al tratamiento 3, del 10-12 al tratamiento 4, del 13-15 al Tratamiento 5 y del 16-18 al tratamiento 6.	18
Figura 2. Diseño experimental 2. Los recipientes numerados del 1-3 corresponden al tratamiento 1, del 4-6 al tratamiento 2, del 7-9 al tratamiento 3, del 10-12 al tratamiento 4, del 13-15 al Tratamiento 5 y del 16-18 al tratamiento 6.	20
Figura 3. Supervivencia promedio de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días. La barra vertical indica el error estándar (n=3). .	24
Figura 4. Longitud promedio de la concha de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3).	26
Figura 5. Tasa de crecimiento específica promedio (μm) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3).	28
Figura 6. Peso húmedo promedio de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3).	30
Figura 7. Peso seco promedio de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3).	33
Figura 8. Número (a) y supervivencia promedio (b) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.	38

Figura 9. Longitud promedio de la concha de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.	41
Figura 10. Tasa de crecimiento específica promedio (μm) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.	43
Figura 11. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m d}^{-1}$) contra densidad postlarval (postlarvas cm^{-2}) durante 42 días de experimentación.	45
Figura 12. Peso húmedo promedio de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.	47
Figura 13. Peso seco promedio de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.	51
Figura 14. Longitud de la concha (μm) promedio contra peso seco de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3).	52

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Tratamientos experimentales.	17
Tabla II. Alimento a suministrar por semana utilizado para el cultivo de postlarvas de <i>H. rufescens</i> durante 28 días.	22
Tabla III. Supervivencia promedio (\pm E.S.) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	25
Tabla IV. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de supervivencia de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	25
Tabla V. Longitud promedio de la concha ($\mu\text{m} \pm$ E.S.) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	27
Tabla VI. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de longitud de la concha de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	27
Tabla VII. Tasa de crecimiento específica promedio ($\mu\text{m día}^{-1} \pm$ E.S.) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	29
Tabla VIII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de la tasa de crecimiento de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	29
Tabla IX. Peso húmedo promedio ($\text{g} \pm$ E.S.) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivada en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	34
Tabla X. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso húmedo de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	31

Tabla XI. Peso seco promedio ($g \pm E.S.$) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivada en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	32
Tabla XII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso seco de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 28 días.	32
Tabla XIII. Esquema de alimentación por semana utilizado durante el periodo experimental II del cultivo de postlarvas de <i>H. rufescens</i>	34
Tabla XIV. Supervivencia promedio ($\pm E.S.$) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	37
Tabla XV. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de supervivencia de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	37
Tabla XVI. Longitud promedio de la concha ($\mu m \pm E.S.$) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	40
Tabla XVII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de longitud promedio de la concha de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	41
Tabla XVIII. Comparaciones múltiples de Tukey entre las distintas raciones alimenticias para longitud promedio de la concha de las postlarvas.	42
Tabla XIX. Tasa de crecimiento específica promedio ($\mu m \text{ día}^{-1} \pm E.S.$) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.....	46
Tabla XX. Análisis de varianza de 2 vías ($\alpha=0.05$) para los datos obtenidos de tasa de crecimiento de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	44
Tabla XXI. Peso húmedo promedio ($g \pm E.S.$) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	47

Tabla XXII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso húmedo de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	48
Tabla XXIII. Comparaciones múltiples de Tukey entre las distintas raciones alimenticias para el peso húmedo promedio de las postlarvas.	48
Tabla XXIV. Peso seco promedio (g ± E.S.) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivada en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	50
Tabla XXV. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso seco promedio de postlarvas de <i>H. rufescens</i> cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de <i>N. incerta</i> durante 42 días.	50
Tabla XXVI. Comparaciones múltiples de Tukey entre las distintas raciones alimenticias para el peso seco promedio de las postlarvas.	51
Tabla XXVII. Comparación de tasas de crecimiento de postlarvas de <i>H. rufescens</i> de acuerdo a diversos autores. Experimento I.....	64
Tabla XXVIII. Comparación de tasas de crecimiento de postlarvas de <i>H. rufescens</i> de acuerdo a diversos autores. Experimento II.	65

1. INTRODUCCIÓN

El abulón *Haliotis spp.* es un molusco de importancia comercial (Kawamura et al., 1998; Viana, 2002) y económica mundial, principalmente para países como México, China, Taiwán, Australia, Japón, Nueva Zelanda, Sudáfrica. En estos países, la pesca ilegal, sobreexplotación y disminución en la pesca de este recurso, aunado a su lento crecimiento y destrucción de su hábitat natural, ha causado que se incremente el valor comercial de las diferentes especies (Viana, 2002; Troell et al., 2006; Cook y Gordon, 2010) y ha ubicado a esta pesquería en un recurso exótico (Viana, 2002). En la actualidad, el cultivo de abulón se ha convertido en una actividad atractiva desde el punto de vista de su economía, tanto para su engorda comercial como para satisfacer los programas de repoblamiento para la recuperación del recurso en su hábitat natural (Viana, 2002; Searcy-Bernal et al., 2010; Onitsuka, 2010). Hoy en día, cada país ha ido adaptando la tecnología de acuerdo a su situación geográfica así como características económicas y materiales disponibles en el área, dando por resultado diversos sistemas de cultivo. Sin embargo, la mayoría de estos sistemas implican el uso de alimentos naturales (Wen-Rong et al., 2010), los cuales no siempre cubren los requerimientos nutricionales de los organismos en cultivo o no se encuentran disponibles, y comúnmente uno de los problemas a resolver es la alimentación y nutrición de las diversas especies de abulón (Viana, 2002).

En Baja California, en la parte central de la península, más del 99% de la pesquería de abulón depende principalmente de las especies: *H. fulgens* y *H. corrugata*, mientras que en el Norte de la península *H. rufescens* es la

principal especie comercialmente cultivada (Searcy-Bernal et al., 2010). El abulón rojo (*Haliotis rufescens*) es la especie más grande en el mundo, llega a medir hasta 28 cm en longitud de la concha y representa el 95% del cultivo de abulón en California (USA) (Hahn, 1989; Leighton, 2000). En Baja California, México su cultivo en centros acuícolas comerciales es uno de los más importantes (McBride, 1998; Searcy-Bernal et al., 2010). Estudios recientes han sido dirigidos a conocer el efecto de densidad y el suministro de alimento en postlarvas de abulón (Day et al., 2004) con el fin de explicar porque altas densidades de postlarvas tienen tasas de crecimiento reducidas aún cuando el alimento es abundante. La alimentación en los estadios tempranos del cultivo de abulón, desde el asentamiento larval hasta organismos de 10 mm en longitud de la concha, se ha convertido en el mayor reto para la intensificación de este molusco (Dyck et al., 2011). En los centros acuícolas se cultiva y se produce abulón de cualquier talla dependiendo de su infraestructura y disponibilidad de alimento. Este último es una variable que afecta la tasa de crecimiento y supervivencia de los organismos lo cual determina las estrategias más efectivas para el rendimiento y minimizar los costos de producción en empresas que se dedican a esta actividad (Day et al., 2004).

La etapa crítica del cultivo de este molusco gasterópodo, se presenta durante los primeros dos meses del estadio postlarval, fase en la cual ocurre la mayor mortalidad (90%) de organismos, debido principalmente a la disponibilidad de alimento en los sistemas de cultivo (Searcy-Bernal et al., 1992). La calidad y cantidad de alimento tienen una fuerte influencia en la supervivencia y crecimiento de postlarvas de abulón (Kawamura et al., 1998;

Wen-Rong et al., 2010). También, el cultivo de abulón en sus etapas de vida tempranas depende del cultivo de microalgas marinas como fuente de alimento (Daume, 2006). Para resolver este problema de mortalidad y avanzar en esta área de producción, es necesario usar raciones de alimento de acuerdo al estado de desarrollo ontogénico del organismo para que este no llegue a ser limitante. Periódicamente, el alimento llega a ser escaso o limitante y en respuesta a esta condición, el metabolismo del organismo se reduce y utiliza reservas endógenas hasta que el alimento nuevamente está disponible. Por otra parte, la falta de alimento afecta las condiciones fisiológicas tales como la salud del organismo y la calidad del músculo como alimento (Durazo-Beltrán et al, 2004). Por esta razón, se sugiere en este estudio que es importante suministrar el alimento requerido por los organismos de acuerdo a su talla y peso para evitar un lento crecimiento y una alta mortalidad de organismos.

Hasta ahora, para el cultivo de postlarvas, el alimento se suministra en medio líquido cuya concentración celular es conocida. Sin embargo, este procedimiento de alimentación no asegura la cantidad de alimento requerido por postlarva durante su desarrollo ontogénico. Otro método de alimentación utilizado comúnmente en las granjas comerciales consiste en mantener una biopelícula de diatomea, a la cual se le va agregando nutrientes para su desarrollo y la intensidad de luz se manipula a través del uso de una malla sombra, sin tener un buen control sobre la densidad y composición de las especies de la biopelícula, con lo cual se obtienen resultados inconsistentes y pobres, ya que la cantidad y calidad del alimento no es la adecuada (Daume, 2006). Asimismo, en la mayoría de los casos las postlarvas son alimentadas

tomando solo en cuenta la concentración celular, sin embargo no se considera que el nutriente orgánico de la diatomea marina *Navícula incerta*, es de mayor importancia cuando se formulan programas de alimentación peso-específicas. Con base a lo antes expuesto, se destaca la importancia del constituyente orgánico que aporta *N. incerta* para la alimentación de postlarvas de abulón, ya que este suministra energía y nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de la postlarva. En cambio, la parte inorgánica (frústulas) comúnmente son desechadas en las heces durante el proceso alimenticio.

En este estudio, se consideró la parte orgánica de *N. incerta* para examinar el efecto de raciones de alimento peso-específicas en cultivos de postlarvas con distintas densidades con la finalidad de evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *H. rufescens*.

2. ANTECEDENTES

Las diatomeas bentónicas han sido utilizadas como fuente de alimento en cultivos de moluscos gasterópodos como el abulón (Daume et al., 2000; Rojo-Salazar, 2000; Day et al., 2004; Carbajal-Miranda et al., 2005; Rong-lian et al., 2008). Por lo general, durante las primeras etapas de desarrollo del abulón, la tasa de supervivencia es baja y variable (Searcy-Bernal et al., 1992; Gorrostieta-Hurtado y Searcy-Bernal, 2004; Capinpin, 2007). Cada especie de abulón tiene diferentes requerimientos alimenticios, algunas especies expresan mayor crecimiento con una especie de microalga que otras (Rong-lian et al., 2008). En consecuencia, el crecimiento y supervivencia de este molusco durante la etapa de postlarva depende de la especie de microalga bentónica

(Kawamura, 1996). La alimentación intensiva con la diatomea *Navicula incerta* podría mejorar considerablemente el crecimiento de postlarvas de abulón rojo registrado en granjas acuícolas durante los primeros tres meses de vida (Miranda-Saucedo, 2009).

A pesar de que cada organismo necesita un requerimiento alimenticio en particular, todavía no se ha establecido la ración alimenticia requerida por el abulón para un adecuado crecimiento a nivel comercial. En algunas especies de organismos marinos, se ha empleado un método de alimentación en el cual se basa el suministro de alimento en el peso del organismo. Esta ración es variable dependiendo de cada especie. Kreeger y Langdon (1993) evaluaron el crecimiento de mejillones en estadio juvenil de la especie *Mytilus trossulus* suministrando como alimento varias especies de microalgas en una ración diaria de 27.5 % de peso seco del organismo. Por otro lado, en el manual práctico para el cultivo de moluscos (Helm et al., 2004) se sugiere suministrar una ración del 4% del peso seco del organismo. Por su parte, Chapela et al. (2005) alimentó a organismos cefalópodos de la especie *Octopus vulgaris* con una ración del 5% del peso húmedo de los pulpos vivos. Bonaldo et al. (2005) suministró a almejas juveniles (*Tapes philippinarum*) una ración diaria de alimento del 1% de peso seco del organismo. En estudios realizados por García-Esquivel et al. (2007) se suministró como alimento una ración diaria del 4% de peso del organismo durante 3 meses y posteriormente una ración del 2% suministrada 2 veces por día a organismos juveniles de *Haliotis fulgens*.

En la última década, se han realizado diversos estudios para evaluar el crecimiento y supervivencia de diferentes especies de postlarvas de abulón. Sin

embargo, aún no se ha encontrado un procedimiento de alimentación que cumpla con los requerimientos nutricionales de las postlarvas. Kawamura et al. (1998) destaca la importancia del efecto que tiene el tamaño de la célula de las microalgas sobre el crecimiento de las postlarvas. Los organismos pequeños (<600-800 μm) se ven afectados de manera crítica por el tamaño de la célula de la diatomea cuando el acceso a los componentes de la biopelícula es limitado. Asimismo, la tasa de crecimiento disminuye en la semana 2-3 post-aseñamiento debido a la pérdida de energía suplementaria del saco vitelino y/o absorción de materia orgánica disuelta. En el caso de los organismos más grandes (>800 μm), el acceso al contenido de la célula se convierte en un factor importante, ya que cualquier efecto en la ingestibilidad puede afectar el crecimiento. También, en esta talla la tasa de crecimiento responde fuertemente a la dieta. Las postlarvas alimentadas con diatomeas digeribles crecen entre 40 y 60 $\mu\text{m}/\text{día}$, mientras que aquellas alimentadas con dietas pobres nutricionalmente crecen de 15 a 30 $\mu\text{m}/\text{día}$.

Algunos autores han realizado ensayos con diferentes densidades de postlarva. Los resultados obtenidos por Day et al. (2004), muestran que altas densidades de postlarvas (20 000 m^{-2}) afectan la supervivencia, probablemente debido a que el alimento disponible es el factor que limita el crecimiento de los organismos. Así mismo, Daume et al. (2000) evaluaron el crecimiento y supervivencia de postlarvas *H. rubra*, usando como alimento 2 especies de macroalgas y 4 especies de microalgas. De las especies usadas la mayor tasa de crecimiento y supervivencia se presentó con *Navícula sp.*

Por otro lado, Rojo-Salazar (2002) evaluó el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *H. rufescens*, para lo cual utilizó como alimento cultivos monoespecíficos de diatomeas bentónicas de las especies *Nitzschia commutata*, *Navícula incerta*, *Amphora ovalis* y cultivos de diatomeas captadas del ambiente natural y una mezcla de diatomeas. Reporta que la mayor tasa de crecimiento y supervivencia se da al usar como alimento cultivos monoespecíficos de *N. commutata* y *N. incerta*. Resultados similares han sido encontrados por Carbajal-Miranda et al. (2005), quienes evaluaron el crecimiento de postlarvas *H. rufescens* alimentadas con *N. incerta*, *Amphiprora paludosa* var. *hialina* y una mezcla de ambas especies. Encontraron mayor crecimiento tanto en talla como en peso al usar *N. incerta*.

Una práctica común en laboratorios que producen semilla de abulón es promover el cultivo de diatomeas en paredes y fondo de estanques circulares o introducir láminas acanaladas en los estanques, las cuales son colonizadas por diatomeas bentónicas formando una biopelícula. La composición química y nutricional de la biopelícula es de crucial importancia para la producción de abulón, ya que es un mediador de procesos biológicos importantes como el asentamiento larval y pastoreo postlarval (Che-Huang et al., 2011). La formación de una biopelícula, resulta ser una técnica apropiada que permite mantener células jóvenes de diatomeas bentónicas en las unidades experimentales, lo cual favorece el crecimiento de las postlarvas de abulón. Sin embargo, la mayoría de las veces esta biopelícula resulta insuficiente para sostener la alimentación de postlarvas en las etapas tempranas de su crecimiento (Kawamura, 1996; Wen-Rong, et al., 2010). En consecuencia, este

ha sido uno de los principales problemas que persiste en la actualidad en los laboratorios comerciales de cultivo de postlarvas de abulón, debido a que el suministro de alimento no es constante tanto en calidad como en cantidad y estos factores son críticos e influyen en el crecimiento y supervivencia de las postlarvas (Kawamura et al., 1998). Por este motivo, para que la producción de juveniles de abulón sea exitosa, es necesario conocer la ración de alimento requerida por organismo durante su desarrollo ontogénico para una adecuada nutrición de las postlarvas, así como también, incrementar la productividad de diatomeas bentónicas, las cuales suministran energía y nutrientes orgánicos esenciales para que los organismos reciban una adecuada composición nutricional de las diatomeas en términos de proteínas, lípidos y carbohidratos necesarios para el desarrollo y crecimiento de postlarvas de abulón (Kawamura et al. 1998; Roberts et al. 1999; Daume et al. 2000; Rojo-Salazar, 2002).

Otras investigaciones han destacado la importancia de conocer la tasa de pastoreo de postlarvas de diferentes edades alimentadas con diferentes densidades de *Navicula incerta* (Vélez-Espino, 1999) y en condiciones de luz-oscuridad (Searcy-Bernal et al. 2001; 2007). Asimismo, Searcy-Bernal et al. (2003) y Watson et al. (2004) destacan la importancia de conocer la variación en densidad celular de diferentes diatomeas al cultivarlas como alimento para *H. fulgens* y *H. laevigata* en distintas condiciones de luz. No obstante, sus resultados muestran que la intensidad de luz para el cultivo de diatomeas y producción de juveniles en laboratorios comerciales debe ser considerada cuidadosamente debido a que, el comportamiento en el pastoreo puede

también cambiar en respuesta a la intensidad de luz, la supervivencia postlarval puede colapsarse y el crecimiento disminuir en altas intensidades de luz.

El incremento en la tasa de pastoreo y crecimiento postlarval de *H. rufescens* en condiciones de oscuridad, son elementos que sugieren que los abulones pueden desarrollar hábitos nocturnos poco después de la metamorfosis, es decir, mucho antes de llegar a la etapa juvenil tardía como se ha considerado hasta ahora (Gorrostieta-Hurtado y Searcy-Bernal, 2004). Recientemente Gorrostieta-Hurtado et al. (2009) evaluaron el efecto de la oscuridad sobre el desarrollo postlarval inicial del abulón *H. corrugata*, alimentado con diferentes densidades de diatomeas. Sus resultados indican que en el tratamiento en la oscuridad se da un mayor crecimiento y supervivencia de los organismos.

Por otra parte, varios estudios han evaluado el crecimiento y supervivencia de postlarvas de abulón utilizando diferentes flujos de agua en el sistema de cultivo (Daume y Ryan, 2006, Badillo et al., 2007, Searcy-Bernal et al., 2003; 2007, Correa-Reyes et al., 2008, Miranda-Saucedo, 2009) y pocos autores (Rojo-Salazar, 2002, Uriarte et al., 2006) han utilizado sistemas de cultivos sin flujo de agua con recambios de agua diarios en las primeras etapas de desarrollo postlarval. Por su parte, Miranda-Saucedo (2009) empleó una rutina de alimentación modificada de Rojo-Salazar (2002), en la cual utilizó diferentes tratamientos con flujo y sin flujo de agua para evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas. Encontró mayor supervivencia (40.2-45.2%) en los tratamientos sin flujo y la menor (3.1-6.4%) en los tratamientos con flujo.

Aunque se han obtenidos logros importantes en el cultivo de postlarvas de abulón, la disponibilidad de alimento sigue siendo un factor limitante para la producción intensiva de postlarvas. La sincronización de densidad postlarval y ración alimenticia es una condición esencial para promover sistemas de cultivo intensivos, ya que la limitación de alimento y una alta densidad de organismos afectan significativamente el crecimiento y supervivencia de estos.

Por otro lado, la operación de las granjas de cultivo de abulón en la península de Baja California continúa en parte dependiendo de las diatomeas bentónicas captadas del ambiente natural para alimentar las postlarvas. Por esta razón, el cultivo de abulón bajo condiciones controladas de laboratorio requiere de técnicas específicas de cultivo de bajo costo que contribuyan a la solución de este problema y así garantizar un suministro constante de biomasa de diatomeas bentónicas tanto en cantidad como en calidad, para que reditúe en una mayor tasa de crecimiento y supervivencia de postlarvas de abulón en los laboratorios comerciales.

Los distintos estudios han evaluado el crecimiento y supervivencia de postlarvas de abulón *Haliotis rufescens* suministrando dietas monoespecíficas de diatomeas bentónicas, cultivos poliespecíficos de diatomeas, diatomeas captadas del ambiente natural y mezclas de diferentes especies de diatomeas. Sin embargo, varios autores coinciden en que la especie de microalga que proporciona la mejor composición nutricional, así como también las mayores tasas de crecimiento y supervivencia es *Navicula incerta* (Rojo-Salazar, 2002; Carbajal-Miranda et al., 2005; Viana et al., 2007; Miranda-Saucedo, 2009). No obstante, pocos toman en cuenta la densidad de postlarvas en el cultivo y

tampoco han considerado utilizar un método de alimentación que se base en el suministro diario de alimento en base a raciones peso-específicas tomando en cuenta solo el constituyente orgánico de las diatomeas bentónicas, que es el que va directamente a nutrir al organismo y la parte inorgánica (frústulas) es desechada por las heces durante el proceso alimenticio. Por lo tanto, al considerar como alimento solo la parte orgánica de las diatomeas, probablemente se presente una mayor tasa de crecimiento y supervivencia, ya que se estará nutriendo al organismo con la cantidad de alimento respecto a su desarrollo ontogénico.

3. HIPÓTESIS

Cambios en el uso de raciones peso-específicas de alimento, basadas en el constituyente orgánico de *Navicula incerta*, podrían resultar en un incremento del crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Haliotis rufescens* al ser cultivadas en dos densidades distintas.

4. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la factibilidad de utilizar raciones peso-específicas para alimentar postlarvas de abulón *Haliotis rufescens* con la diatomea *Navicula incerta*.

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.1.1. Evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas al ser alimentadas con tres raciones diferentes con respecto al peso de los organismos, al considerar solo el constituyente orgánico de *Navicula incerta* como alimento.

4.1.2. Evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas cultivadas en dos distintas densidades.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Cultivo de *Navicula incerta*

La microalga marina *Navicula incerta* se obtuvo del cepario del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O) de la Universidad Autónoma de Baja California. La microalga se mantuvo en el Laboratorio de Microalgas del I.I.O. a temperatura controlada de $19\pm 1^{\circ}\text{C}$ en medio f/2 de Guillard (1975).

Durante la etapa de experimentación, la microalga se mantuvo en 2 niveles de cultivo. El primer nivel de cultivo se llevó a cabo en matraces Erlenmeyer de 250 mL que contenían 150 mL de medio f/2. Éstos se esterilizaron en autoclave a 120°C con 1.05 Kg cm^{-2} de presión durante 15 minutos, se enfriaron a temperatura ambiente y posteriormente recibieron asépticamente 200 μL de vitaminas (B_{12} , tiamina y biotina) previamente esterilizadas y un inóculo de 10 mL de *N. incerta* con una concentración de 8×10^4 células mL^{-1} . Después de haber sido inoculados, se mantuvieron por 4 días a iluminación continua con 4 lámparas fluorescentes General Electric, luz de día de 75 W, las cuales suministraron en promedio $180\ \mu\text{mol quanta m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ medida con un irradiómetro escalar PAR modelo QSL 100, temperatura de $19\pm 1^{\circ}\text{C}$ y

salinidad de 30 PSU. Este primer nivel, se utilizó para sembrar el segundo nivel de cultivo, el cual se llevó a cabo en contenedores de polipropileno de 48.3 x 34 x 12.1 cm y de 10 L. Este segundo nivel, se preparó con agua de mar filtrada a través de 4 filtros tipo Cuno de 1 μm e irradiada con un sistema de luz ultravioleta modelo H-50. Previo al tratamiento del agua de mar, se preparó una solución de hipoclorito de sodio (416 mL de NaOCl al 6% aforado a 1 L con agua destilada) de la cual se utilizó 0.5 mL L⁻¹ de agua de mar y se dejó en reposo durante 24 horas; después de este tiempo se agregó 0.2 mL L⁻¹ de tiosulfato de sodio (248.1 g aforado a 1 L con agua destilada) para neutralizar el cloro, así mismo, se suministró aireación por 2 horas para completar la reacción (Pruder y Bolton, 1978). Posteriormente, se agregaron nutrientes y vitaminas a razón de 1 mL L⁻¹ de agua de mar y 300 mL de inóculo de *N. incerta* con una concentración de 12×10^5 células mL⁻¹ previamente homogenizado durante 3 minutos con un sonicador (Bransonic 12) a una frecuencia de 50-60 Hz. Diario se prepararon cultivos en este nivel, y se usaron para alimentar las postlarvas.

5.2. Peso seco total y orgánico total de *Navicula incerta*

Para obtener el peso seco total (PST) y peso orgánico total (POT) de *N. incerta*, se utilizó el método descrito por Sorokin (1975). Para esto, se cuantificó diario por 7 días cinco muestras independientes de 1 mL en un contador de partículas Multisizer 3. Previo al uso de los filtros estos fueron lavados con agua destilada, secados a 60 °C por 24 h en una estufa marca Shel lab Modelo 1370 FM, posterior a esto, se calcinaron en una mufla Modelo Furnace 1400 a 450 °C y después se pesaron en una balanza analítica digital marca Ohaus con una

sensibilidad de 0.00001 g. Después se tomó un volumen conocido (25 mL) del cultivo previamente cuantificado y se filtró a través de filtros Whatman de fibra de vidrio GF/C de 4.7 cm de diámetro, luego la muestra se enjuagó con formato de amonio 0.5 M (3%) para eliminar sales. La muestra filtrada se secó a 60 °C durante 24 horas, después se colocaron en un desecador, se aplicó vacío a 25 libras de presión con una bomba manual y se dejaron en esta condición por 20 minutos. Se pesaron y por diferencia de peso del filtro y del filtro con la muestra se obtuvo el peso seco total. Para determinar cenizas, se incineraron a 450 °C por 12 horas y se pesaron en una balanza analítica. Por último, se determinó el peso orgánico total por diferencia entre el peso seco total y las cenizas.

Con los datos promedios de densidad celular y peso orgánico total, se realizó una regresión lineal por mínimos cuadrados, la cual se utilizó para calcular el peso orgánico total de la microalga.

5.3. Cuantificación celular del alimento

Cultivos en volumen de 10 L de *Navicula incerta* con dos días de crecimiento, se cosecharon diariamente para cuantificar dos muestras independientes de 1 mL en un contador de partículas Multisizer 3. Con los datos promedios de densidad celular se calculó el peso orgánico total de cada muestra cuantificada, en base a una regresión lineal por mínimos cuadrados previamente realizada. De esta manera, se obtuvo el peso orgánico total de 1 célula de *N. incerta* y en base al peso seco de una postlarva, se calculó el alimento requerido por organismo para cada tratamiento.

5.4. Origen de los organismos

Se trasladaron reproductores de *Haliotis rufescens* (8 hembras y 4 machos de 4 y 3 años de edad respectivamente) de la empresa Abulones Cultivados, S. de R.L. de C.V. ubicada en el Ejido Erendira, B.C. al Laboratorio de Microalgas del I.I.O., Área de Biología, en donde se separaron los machos y las hembras, los cuales fueron lavados con agua de mar filtrada a $1\ \mu\text{m}$ e irradiada con luz UV. Para la inducción al desove se usó una solución de peróxido de hidrógeno al 30 % a razón de $1\ \text{mL L}^{-1}$ de agua de mar y 25 g de trometamina [Tris (hidroximetilaminometano)] por cada 15 L de agua de mar. Después se dejaron en reposo en la oscuridad durante 5 horas. Transcurrido este tiempo, los organismos comenzaron a desovar. Los óvulos fueron colectados en un tamiz de $100\ \mu\text{m}$ y se colocaron en una cubeta con 18 L de agua de mar limpia para después agregarles $200\ \text{espermias mL}^{-1}$. Al día siguiente, los huevos eclosionaron larvas trocóforas y éstas se transfirieron a recipientes de 12 y 18 L. Para controlar el crecimiento bacteriano se utilizó cloranfenicol a una concentración de $10\ \text{mg L}^{-1}$. Las larvas se mantuvieron por cinco días con recambios de agua de mar filtrada a $1\ \mu\text{m}$ y $19\pm 1^\circ\text{C}$ hasta su metamorfosis.

5.5. Experimento I. Crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Haliotis rufescens* de 14 días de edad

5.5.1. Desarrollo experimental

Previo a la inducción de la metamorfosis, se colocaron 2028 y 3996 larvas (2 y 4 postlarvas cm^{-2} respectivamente), lo cual corresponde a un 20 % más del número inicial de organismos por tratamiento, considerando una mortalidad del 20 % por efecto de la metamorfosis. Las larvas fueron colocadas en las unidades experimentales consistentes en recipientes de polipropileno de 26 x 31.5 x 13.5 cm (lo cual corresponde a 820 cm^2 de área del fondo que fue la utilizada para realizar los cálculos de densidad postlarval por unidad experimental) y con 5 L de agua de mar, 30 PSU y mantenidas en 18.5 °C. Una vez que las larvas estuvieron competentes para la metamorfosis, se indujo al asentamiento con ácido gamma-aminobutírico (GABA) a una concentración de 1.5 μM (Searcy-Bernal y Anguiano-Beltrán, 1998). Después de 24 horas, la postlarva se trató diario durante una semana con cloranfenicol (10 mg L^{-1}) para controlar el crecimiento bacteriano y se mantuvo en un sistema estático con cambios del 100% de agua diario. También, se llevaron a cabo registros diarios de temperatura con un termómetro Ertco con intervalos de medición de 1 °C y registros semanales de salinidad con un refractómetro modelo Reichert.

Previo a la evaluación experimental, la postlarva se acondicionó durante 14 días y recibió una alimentación diaria de 30 y 60 células mm^{-2} (2 y 4 postlarvas cm^{-2} respectivamente) de *N. incerta*. Posteriormente, se cuantificó el número total de organismos en cada unidad experimental para corroborar que se tuviera la densidad de 2 y 4 postlarvas cm^{-2} (1640 y 3280 postlarvas,

respectivamente). Del número total de postlarvas se consideraron 60 organismos más para cada tratamiento por efecto de muestreo. Por lo cual, la densidad postlarval al inicio del experimento fue de 1700 y 3340 postlarvas (2 y 4 postlarvas cm^{-2} respectivamente). En los casos donde no se tuvo esta densidad de organismos, se ajustó la densidad inicial. Cabe mencionar que estos organismos estuvieron sometidos a condiciones similares que los utilizados para el experimento. Después del acondicionamiento, las postlarvas se alimentaron durante 28 días con base al 2%,4% y 6% del peso seco de los organismos, y cada semana se ajustó el alimento en base al peso de las postlarvas.

Para estudiar el efecto de la alimentación peso-especifica se utilizó un diseño factorial completo, mediante el cual se evaluaron seis tratamientos durante 28 días (Tabla I). Las unidades experimentales fueron colocadas al azar y cada tratamiento experimental se realizó por triplicado (Fig.1).

Tabla I. Tratamientos experimentales.

Tratamiento	Ración* (%)	Densidad (postlarvas cm^{-2})
1	2	2
2	2	4
3	4	2
4	4	4
5	6	2
6	6	4

*Ración alimenticia en base al peso seco del organismo



Figura 1. Diseño experimental 1. Los recipientes numerados del 1-3 corresponden al tratamiento 1, del 4-6 al tratamiento 2, del 7-9 al tratamiento 3, del 10-12 al tratamiento 4, del 13-15 al tratamiento 5 y del 16-18 al tratamiento 6.

Cada semana se evaluó la supervivencia y crecimiento de los organismos. Para determinar la supervivencia se realizó un censo del número de postlarvas vivas en cada unidad experimental. De una muestra de 10 organismos tomados al azar, se determinó el peso húmedo y seco de los organismos una vez por semana por unidad experimental. Los organismos muestreados se lavaron con formato de amonio 0.5 M (3%) para eliminar sales y el peso húmedo de los organismos se registró en una balanza analítica digital marca Ohaus. Luego se colocaron en una estufa para vacío marca Curtin Matheson Scientific, Inc. a 54 °C durante 24 h para eliminar remanentes de formato de amonio. Después de este tiempo, las muestras se colocaron en un desecador y se aplicó vacío a 25 libras de presión con una bomba manual. Se dejaron en esta condición por 30 minutos. Transcurrido este tiempo, se registró el peso seco de los organismos. La talla se obtuvo mediante la medición de la

longitud máxima transversal de la concha, utilizando imágenes tomadas con una cámara de video (Sony SSC-C374) conectada a un microscopio invertido (Meiji Techno) y analizadas digitalmente en una computadora con el programa Image J (NIH).

5.6. Experimento II. Crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Haliotis rufescens* de 50 días de edad

5.6.1. Desarrollo experimental

En este experimento, se utilizaron postlarvas de 42 días de edad cultivadas bajo condiciones de laboratorio controladas. Durante este periodo, los organismos se alimentaron ad libitum con *N. incerta* y posteriormente se transfirieron a las unidades experimentales a una densidad de 2 y 4 postlarvas cm^{-2} (242 y 484 postlarvas, respectivamente). Del número total de organismos, se consideraron 50 organismos más para cada tratamiento por efecto de muestreo. Por lo cual, la densidad postlarval al inicio del experimento fue de 292 y 534 postlarvas (2 y 4 postlarvas cm^{-2} respectivamente). Las unidades experimentales utilizadas fueron recipientes de polipropileno de 11x11x5 cm, con un área de fondo de 121 cm^2 (área considerada para el cálculo de densidad de organismos por unidad experimental) con 500 mL de agua de mar, 30 PSU y 18.5°C.

Antes de la evaluación experimental, la postlarva se acondicionó durante una semana y se alimentó diariamente en base a una ración peso-específica del 4 %, la cual es comúnmente recomendada para bivalvos marinos (Helm et al., 2004). Después de la semana de acondicionamiento, las postlarvas se

alimentaron a partir de los 50 días de edad hasta los 63 días, en base al 2%, 4% y 6% de su peso seco. Debido a que la respuesta en el crecimiento fue prácticamente la misma, y tomando en cuenta estudios realizados por Miranda-Saucedo (2009) y Meza-Tabares (en preparación), a partir del día 64 se cambió la cantidad de alimento en base al 20%, 40% y 60% del peso seco de las postlarvas hasta el final del experimento (92 días de edad). Se realizaron ajustes en la cantidad de células de *N. incerta* que se suministró por semana de acuerdo al peso de las postlarvas.

En esta segunda evaluación se usó el mismo diseño (Fig. 2) y tratamientos (Tabla I) descritos en la sección 5.5.1, excepto de los 64 a los 92 días de edad en donde los tratamientos cambiaron del 2, 4 y 6% de alimento en base al peso seco de la postlarva a 20, 40 y 60%

La longitud, supervivencia, peso seco y húmedo de los organismos, se evaluó con el mismo método y frecuencia que en el experimento I.



Figura 2. Diseño experimental 2. Los recipientes numerados del 1-3 corresponden al tratamiento 1, del 4-6 al tratamiento 2, del 7-9 al tratamiento 3, del 10-12 al tratamiento 4, del 13-15 al tratamiento 5 y del 16-18 al tratamiento 6.

5.7. Análisis estadístico

En ambos experimentos (I y II), se llevó a cabo un análisis de varianza de dos vías. Previo a este análisis, se corroboró la homocedasticidad de los datos mediante la prueba de Levene.

Los datos de supervivencia expresados en porcentaje fueron transformados antes de los análisis mediante la relación:

$$y = \arcsen\sqrt{P/100}$$

Donde:

y =Valor del porcentaje de supervivencia transformado.

P = Porcentaje de supervivencia.

Debido a que los datos correspondientes a supervivencia, longitud y peso seco de las postlarvas presentaron homogeneidad de varianza, se procedió al análisis de varianza de dos vías para evaluar el efecto de la ración alimenticia, la densidad y la interacción entre estas sobre las postlarvas.

Después de los análisis de significancia se realizaron pruebas de Tukey. Cuando se encontró que la interacción era significativa se realizaron pruebas por separado para cada factor.

Las pruebas estadísticas se efectuaron con el paquete estadístico Statistica ver 10 con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

6. RESULTADOS

6.1. Experimento I

6.1.1. Peso orgánico total de *Navicula incerta*

Con base al valor de $(8.54 \pm 0.09) \times 10^{-10}$ g que corresponde al promedio del peso orgánico total de una célula de *N. incerta*, se cálculo de la cantidad de alimento a suministrar por unidad experimental (Tabla II). La cantidad de alimento vario en función del peso de los organismos. Debido a un error en el cálculo de alimento por postlarva, la cantidad de células suministradas por organismo tuvo un déficit de 20 veces respecto al alimento requerido (Tabla II).

Tabla II. Alimento suministrado por tratamiento experimental por semana utilizado para el cultivo de postlarvas de *H. rufescens* durante 28 días.

Edad (Días)	Tratamiento	Ración (%)	Densidad (postlarvas/cm)	Talla (μm)	Peso Seco ($\text{g} \times 10^{-5}$)	# Células suministradas /postlarva	# Células requeridas/postlarva
14-21	1	2	2	617 \pm 6	1.3 \pm 0.68	14.4	288
	2	2	4	607 \pm 35	0.9 \pm 0.35	10	200
	3	4	2	610 \pm 8	3.0 \pm 0.43	66.65	1333
	4	4	4	617 \pm 43	2.9 \pm 1.11	64.4	1288
	5	6	2	636 \pm 24	1.9 \pm 0.60	63.3	1266
	6	6	4	569 \pm 38	1.1 \pm 0.41	36.6	733
21-28	1	2	2	952 \pm 33	3.5 \pm 0.58	38.8	777
	2	2	4	800 \pm 9	3.5 \pm 0.56	38.8	777
	3	4	2	938 \pm 22	5.0 \pm 1.03	111.1	2222
	4	4	4	830 \pm 37	2.8 \pm 0.43	62.2	1244
	5	6	2	939 \pm 43	4.4 \pm 0.87	146.6	2933
	6	6	4	807 \pm 5	2.4 \pm 1.08	80	1600
28-35	1	2	2	1071 \pm 61	6.23 \pm 0.42	69.2	1384
	2	2	4	813 \pm 2	2.76 \pm 0.14	30.6	613
	3	4	2	970 \pm 7	4.86 \pm 0.68	108	2160
	4	4	4	844 \pm 24	3.10 \pm 0.75	68.85	1377
	5	6	2	1040 \pm 42	5.73 \pm 0.78	191	3820
	6	6	4	851 \pm 21	3.04 \pm 0.14	101.3	2026
35-42	1	2	2	1025 \pm 57	7.56 \pm 1.25	84	1680
	2	2	4	833 \pm 31	3.98 \pm 0.85	44.2	884
	3	4	2	964 \pm 19	6.06 \pm 0.75	134.65	2693
	4	4	4	857 \pm 15	4.20 \pm 0.37	93.3	1866
	5	6	2	1058 \pm 50	7.26 \pm 1.12	242	4840
	6	6	4	829 \pm 22	4.09 \pm 0.10	136.3	2726

6.1.2. Condiciones ambientales del cultivo postlarval

La temperatura es una de las variables que afecta el crecimiento de postlarvas de *Haliotis rufescens*. Durante el desarrollo experimental, esta promedió un valor de 18.5 ± 0.5 °C. Respecto a la salinidad, esta se mantuvo en 30 PSU durante los 28 días de experimentación.

6.1.3. Supervivencia.

La figura 3 y tabla III muestran los resultados de supervivencia promedio de postlarvas en dos densidades diferentes alimentadas con distintas raciones peso específicas de *Navicula incerta* durante el periodo experimental. En general, no se detectaron diferencias significativas respecto a los factores (ración y densidad) pero si en la interacción (Tabla IV). En la primera evaluación (día 21 post-asentamiento), la supervivencia promedio fue mayor al 93 % en todos los tratamientos. Sin embargo, se registró mayor supervivencia (98.02 ± 1.20 %) en el tratamiento del 2% de alimento con 2 postlarvas cm^{-2} . Durante esta semana, no se observaron cambios significativos ($P < 0.05$) en la supervivencia (Tabla IV). Para el día 28 post-asentamiento, se registró en general una supervivencia mayor al 70.99% en todos los tratamientos. A los 35 días de edad, la supervivencia disminuyó al 40.06 ± 21.35 %. Sin embargo, el tratamiento con ración alimenticia del 6% con 2 postlarvas cm^{-2} registró 93.14 ± 2.38 %. Para el día 42, la supervivencia disminuyó notablemente en todos los tratamientos (Fig.3; Tabla III). La mayor se registró en el tratamiento con ración alimenticia del 2 y 4% con 2 postlarvas cm^{-2} (39-41%) y la menor en el tratamiento con ración alimenticia de 4% con 4 postlarvas cm^{-2} (9.38 ± 5 %).

Del día 28 al 42, se observó un efecto significativo ($P < 0.05$) en la interacción de factores, debido a un patrón distinto entre tratamientos (Tabla IV). Para los 28 y 42 días de edad, el tratamiento con ración del 4%, presentó un patrón distinto respecto a los demás tratamientos, lo cual refleja el efecto interactivo de la ración y densidad postlarval. Mientras que a los 35 días de edad el tratamiento con ración del 6% fue el que mostró un patrón distinto (Tabla III).

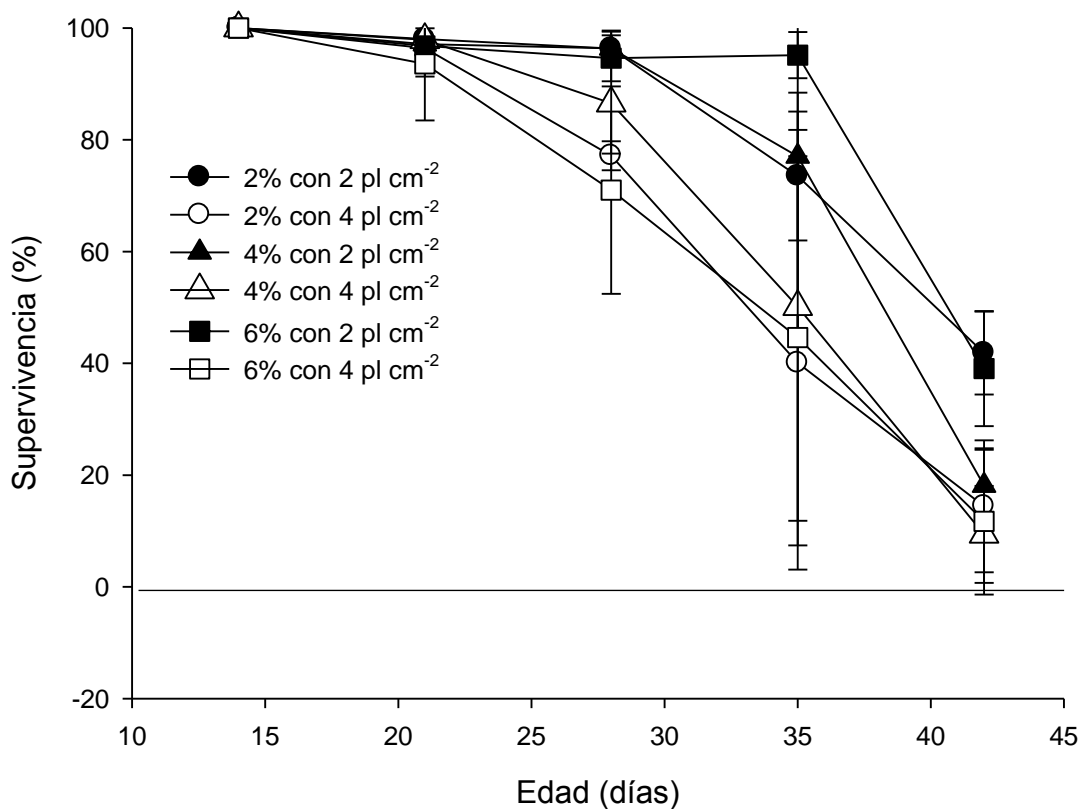


Figura 3. Supervivencia promedio de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días. La barra vertical indica el error estándar ($n=3$).

Tabla III. Supervivencia promedio (\pm E.S.) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Edad (Días)	Ración/Densidad					
	2%, 2pl cm ⁻²	2%, 4pl cm ⁻²	4%, 2pl cm ⁻²	4%, 4pl cm ⁻²	6%, 2pl cm ⁻²	6%, 4pl cm ⁻²
14	100	100	100	100	100	100
14-21	98.02 \pm 1.20	96.37 \pm 2.34	97.10 \pm 1.64	97.86 \pm 2.13	96.78 \pm 3.15	93.57 \pm 5.85
21-28	96.30 \pm 1.75	77.14 \pm 1.4	96.36 \pm 1.82	86.52 \pm 5.18	94.58 \pm 2.37	70.99 \pm 10.71
28-35	73.51 \pm 6.65	40.06 \pm 21.35	77.02 \pm 18.09	50.13 \pm 22.10	93.14 \pm 2.38	44.59 \pm 21.46
35-42	41.82 \pm 4.28	14.41 \pm 6.80	18.11 \pm 3.70	9.38 \pm 5.00	39.05 \pm 5.94	11.70 \pm 7.56

Supervivencia expresada en porcentaje.

Tabla IV. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de supervivencia de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Edad (Días)	g.l.error=12		Densidad		Interacción	
	Ración Valor F	Ración Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
14-21	0.204	0.818	0.014	0.906	0.128	0.880
21-28	0.943	0.416	2.770	0.121	10.88	0.002*
28-35	0.108	0.897	0.018	0.894	4.575	0.033*
35-42	1.554	0.250	1.023	0.331	9.071	0.003*

El asterisco * muestra diferencias significativas (P<0.05).

6.1.4. Longitud

La longitud promedio inicial varió entre 569.07 \pm 38.93 y 636.38 \pm 24.48 μ m y la final entre 898.74 \pm 92.58 y 1063.03 \pm 64.47 μ m (Fig. 4; Tabla V). En general, no se registró un aumento considerable en la longitud durante todo el desarrollo experimental. En la primera evaluación (21 días de edad), se registró un aumento de 200 a 300 μ m en la longitud de la concha en todos los tratamientos, presentando mayor crecimiento los organismos del tratamiento de 2% con 2 postlarvas cm⁻² y menor en el de una ración del 2% con 4 postlarvas

cm⁻². Asimismo, en este tiempo y en los días consecutivos hasta los 35 días de edad, se observó un efecto significativo ($P < 0.05$) entre la interacción de factores de ración alimenticia y densidad postlarval ($P < 0.05$; Tabla VI), y los organismos cultivados en los tratamientos con baja densidad (2 postlarvas cm⁻²), tuvieron mayor tamaño que aquellos cultivados en alta densidad (4 postlarvas cm⁻²). Al final del experimento (42 días de edad) no hubo cambios significativos ($P > 0.05$; Tabla VI). Por otro lado, el aumento observado en longitud de la concha a partir de los 21 días y hasta el final del experimento fue solo de 100 μm .

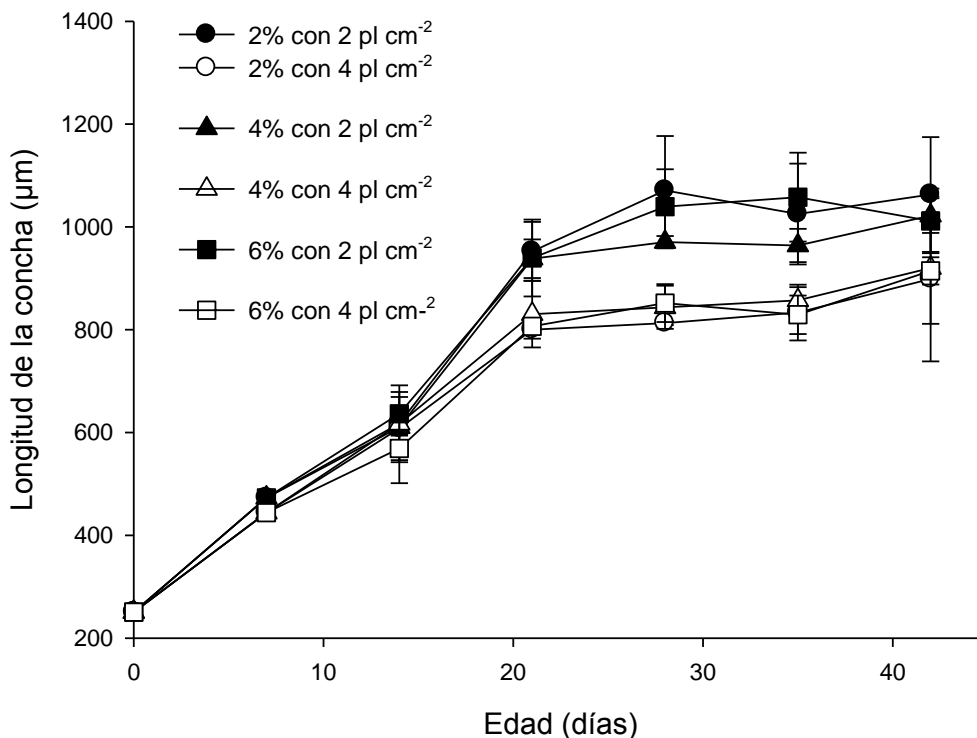


Figura 4. Longitud promedio de la concha de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3).

Tabla V. Longitud promedio de la concha ($\mu\text{m} \pm \text{E.S.}$) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%, 2pl cm^{-2}	2%, 4pl cm^{-2}	4%, 2pl cm^{-2}	4%, 4pl cm^{-2}	6%, 2pl cm^{-2}	6%, 4pl cm^{-2}
14	617.17 \pm 6.17	607.77 \pm 35.46	610.38 \pm 8.41	616.96 \pm 43.12	636.38 \pm 24.48	569.07 \pm 38.93
14-21	952.40 \pm 33.03	799.84 \pm 9.99	938.22 \pm 21.73	830.32 \pm 37.34	939.49 \pm 43.20	806.69 \pm 5.11
21-28	1071.04 \pm 61.03	812.96 \pm 2.35	970.37 \pm 6.87	843.61 \pm 24.22	1039.51 \pm 41.98	851.87 \pm 21.22
28-35	1025.04 \pm 56.62	833.31 \pm 31.30	963.88 \pm 18.62	856.91 \pm 14.89	1057.96 \pm 49.90	829.14 \pm 21.63
35-42	1063.03 \pm 64.47	898.74 \pm 92.58	1021.91 \pm 19.48	920.03 \pm 62.60	1011.65 \pm 36.22	914.34 \pm 15.25

n~10 organismos medidos por muestreo y tratamiento.

Tabla VI. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de longitud de la concha de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	g.l.error=12					
	Ración		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
14	0.681	0.524	0.031	0.862	0.693	0.518
14-21	0.338	0.719	2.622	0.131	14.35	0.0006*
21-28	1.012	0.392	2.167	0.166	25.6	0.00004*
28-35	1.144	0.350	0.793	0.390	18.44	0.0002*
35-42	0.219	0.806	1.020	0.332	3.106	0.08

Los asteriscos * muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

6.1.5. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento fue baja ($< 9 \mu\text{m día}^{-1}$) durante todo el periodo evaluado. A partir de los 21 días de edad, la mayor tasa de crecimiento ($6.1 \mu\text{m día}^{-1}$) se registró en los tratamientos con ración del 2 y 4% con 2 postlarvas cm^{-2} y la menor ($3.6 \mu\text{m día}^{-1}$) en el tratamiento con una ración del 2% con 4 postlarvas cm^{-2} . Para los 28 y 35 días, la tasa de crecimiento disminuyó notablemente (Fig. 5; Tabla VII). Para la última semana (42 días), la tasa de crecimiento registró un aumento ($5\text{-}12 \mu\text{m día}^{-1}$) en todos los tratamientos,

excepto en el tratamiento con ración del 6% con 2 postlarvas cm^{-2} ($-6.61 \pm 2.56 \mu\text{m día}^{-1}$) (Fig. 5; Tabla VII). Por otra parte, no hubo cambios significativos entre tratamientos ($P>0.05$; Tabla VIII), excepto a los 28 días de edad, en donde hubo efecto significativo ($P<0.05$) en la interacción de factores.

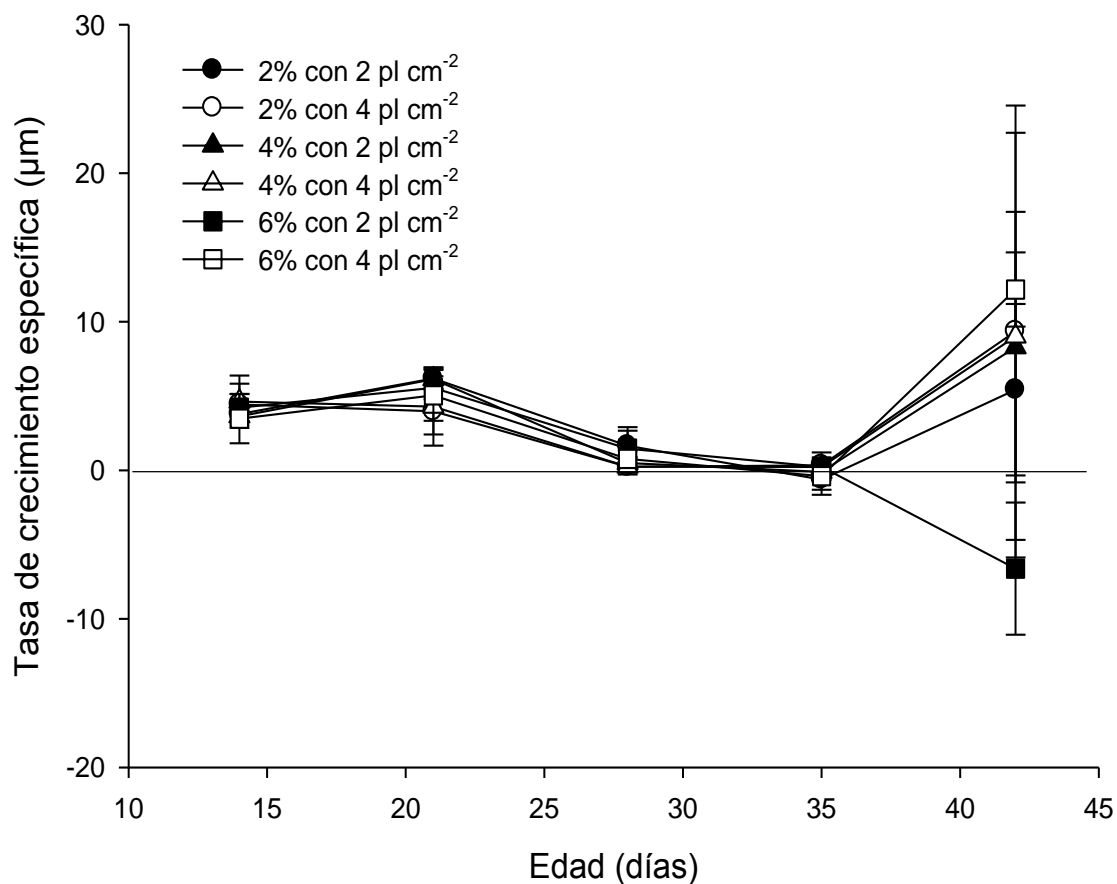


Figura 5. Tasa de crecimiento específica promedio (μm) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar ($n=3$).

Tabla VII. Tasa de crecimiento específica promedio ($\mu\text{m} \pm \text{E.S.}$) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%, 2pl cm ⁻²	2%, 4pl cm ⁻²	4%, 2pl cm ⁻²	4%, 4pl cm ⁻²	6%, 2pl cm ⁻²	6%, 4pl cm ⁻²
14-21	6.18±0.43	3.6±0.89	6.13±0.38	4.28±1.51	5.55±0.44	5.04±0.98
21-28	1.64±0.73	0.23±0.16	0.48±0.23	0.24±0.30	1.45±0.69	0.77±0.33
28-35	-0.62±0.39	0.33±0.50	-0.10±0.32	0.23±0.28	0.24±0.23	-0.38±0.72
35-42	5.42±3.33	9.34±8.78	8.29±5.25	9.01±7.90	-6.61±2.56	12.17±1.44

Tabla VIII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de la tasa de crecimiento de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	g.l.error=12					
	Ración		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
14-21	0.45	0.64	0.42	0.52	2.15	0.15
21-28	0.24	0.78	0.007	0.93	4.05	0.04*
28-35	0.88	0.43	0.19	0.66	0.95	0.41
35-42	1.30	0.30	0.38	0.54	2.07	0.16

El asterisco * muestra diferencias significativas ($P < 0.05$).

6.1.6. Peso húmedo y seco de postlarvas de *Haliotis rufescens*

Los resultados de peso húmedo promedio de postlarvas de abulón rojo se muestran en la Figura 6; Tabla IX. Durante todo el estudio, se registraron pesos húmedos bajos (1.67 a 11×10^{-5} g). En la primera semana de evaluación (21 días de edad), las postlarvas registraron un peso húmedo promedio de 2.4 a 5×10^{-5} g. Valores mayores ($5 \times 10^{-5} \pm 1$ g) fueron encontrados en el tratamiento con una ración del 4% con 2 postlarvas cm⁻² y el menor ($2.4 \times 10^{-5} \pm 1$ g) en el tratamiento con una ración del 6% con 4 postlarvas cm⁻². A los 28 días de edad, los organismos del tratamiento con ración del 2% con 2 postlarvas cm⁻² duplicaron el peso húmedo con respecto al tratamiento con ración del 2% con 4

postlarvas cm^{-2} (Tabla IX). También hubo cambios significativos ($P < 0.05$) en la interacción de factores (Tabla X). A los 35 días de edad, el peso húmedo fue 3 veces mayor (11.99 ± 2.24 g) en el tratamiento con ración del 2% con 2 postlarvas cm^{-2} respecto al tratamiento con ración del 4% con 4 postlarvas cm^{-2} (3.97 ± 0.33 g) (Tabla IX), con efectos significativos ($P > 0.05$) entre interacción de factores y además en el factor densidad. Las pruebas de Tukey, indican una significancia mayor en los tratamientos cultivados a baja densidad (8.6 ± 1.24 g) respecto a los de alta densidad (4.5 ± 0.5 g). Al final del experimento (42 días de edad), se observó un mayor peso húmedo en todos los tratamientos con baja densidad postlarval y menor en aquellos de alta densidad de organismos (Fig. 6; Tabla IX), sin embargo, no hubo cambios significativos ($P > 0.05$; Tabla X).

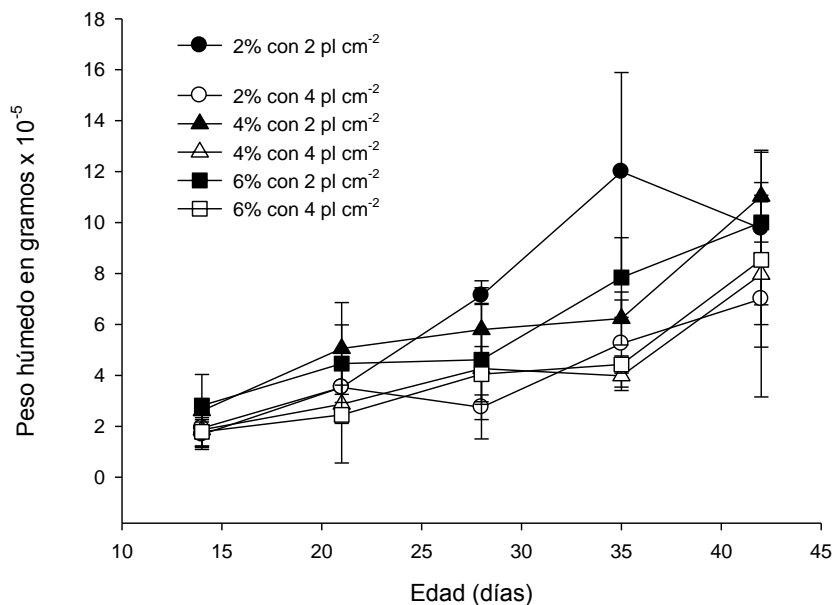


Figura 6. Peso húmedo promedio de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar ($n=3$).

Tabla IX. Peso húmedo promedio ($g \pm E.S.$) de postlarvas de *H. rufescens* cultivada en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%,2pl cm ⁻²	2%,4pl cm ⁻²	4%,2pl cm ⁻²	4%,4pl cm ⁻²	6%,2pl cm ⁻²	6%,4pl cm ⁻²
14	1.67±0.33	1.93±0.43	2.61±0.25	1.86±0.37	2.81±0.70	1.78±0.32
14-21	3.53±0.58	3.52±0.56	5.05±1.03	2.86±0.43	4.45±0.88	2.44±1.08
21-28	7.13±0.17	2.74±0.27	5.8±0.56	4.26±0.80	4.61±1.79	4.04±0.62
28-35	11.99±2.24	5.25±0.98	6.23±0.60	3.97±0.33	7.84±0.90	4.42±0.19
35-42	9.76±1.72	7±2.21	11.03±1.03	7.96±1.64	10±1.10	8.53±1.46

Peso húmedo promedio y $\pm E.S.$ expresado en $\times 10^{-5}$ g
n~10 organismos medidos por muestreo y tratamiento.

Tabla X. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso húmedo de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	g.l.error=12					
	Ración		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
14	0.98	0.40	0.06	0.80	1.96	0.18
14-21	0.51	0.61	1.40	0.25	2.42	0.31
21-28	2.66	0.11	1.62	0.22	3.91	0.04*
28-35	2.89	0.09	7.11	0.02	11.60	0.0015*
35-42	0.88	0.43	0.19	0.66	0.95	0.41

Los asteriscos * muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Los resultados de peso seco promedio de postlarvas de abulón rojo se muestran en la Figura 7; Tabla XI. Durante toda la evaluación, se registró un peso seco bajo (0.99 a 9.4×10^{-5} g). A los 14 días de edad, el tratamiento con ración alimenticia del 6% mostró un patrón distinto respecto a los demás tratamientos, presentando un efecto significativo ($P < 0.05$) en interacción de factores sobre el peso seco de las postlarvas (Tabla XII). Asimismo, a los 28 y 35 días de edad, el análisis de varianza mostró un efecto significativo ($P < 0.05$) en la interacción de factores (Tabla XII).

Tabla XI. Peso seco promedio ($g \pm E.S.$) de postlarvas de *H. rufescens* cultivada en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	Tratamiento 1 (T1)		Tratamiento 2 (T2)		Tratamiento 3 (T3)	
	2%,2pl cm ⁻²	2%,4pl cm ⁻²	4%,2pl cm ⁻²	4%,4pl cm ⁻²	6%,2pl cm ⁻²	6%,4pl cm ⁻²
14	1.34±0.68	0.99±0.35	3.04±0.43	2.94±1.11	1.96±0.60	1.18±0.41
14-21	3.53±0.58	3.53±0.56	5.06±1.03	2.86±0.43	4.43±0.87	2.44±1.08
21-28	6.23±0.42	2.76±0.14	4.86±0.68	3.10±0.75	5.73±0.78	3.04±0.14
28-35	7.56±1.25	3.98±0.85	6.06±0.75	4.20±0.37	7.26±1.12	4.09±0.10
35-42	9.16±1.46	6.86±1.55	8.03±0.17	6.96±0.98	9.40±2.10	6.13±0.70

Peso seco promedio y \pm E.S. expresado en $\times 10^{-5}$ g
n~10 organismos medidos por muestreo y tratamiento.

Tabla XII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso seco de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días.

Día	g.l.error=12					
	Ración		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
14	0.005	0.99	0.77	0.39	6.57	0.013*
14-21	0.50	0.61	1.46	0.24	2.39	0.31
21-28	0.81	0.46	2.10	0.17	16.43	0.0003*
28-35	0.46	0.63	0.99	0.33	8.55	0.004*
35-42	0.39	0.68	0.23	0.63	2.01	0.71

Los asteriscos * muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

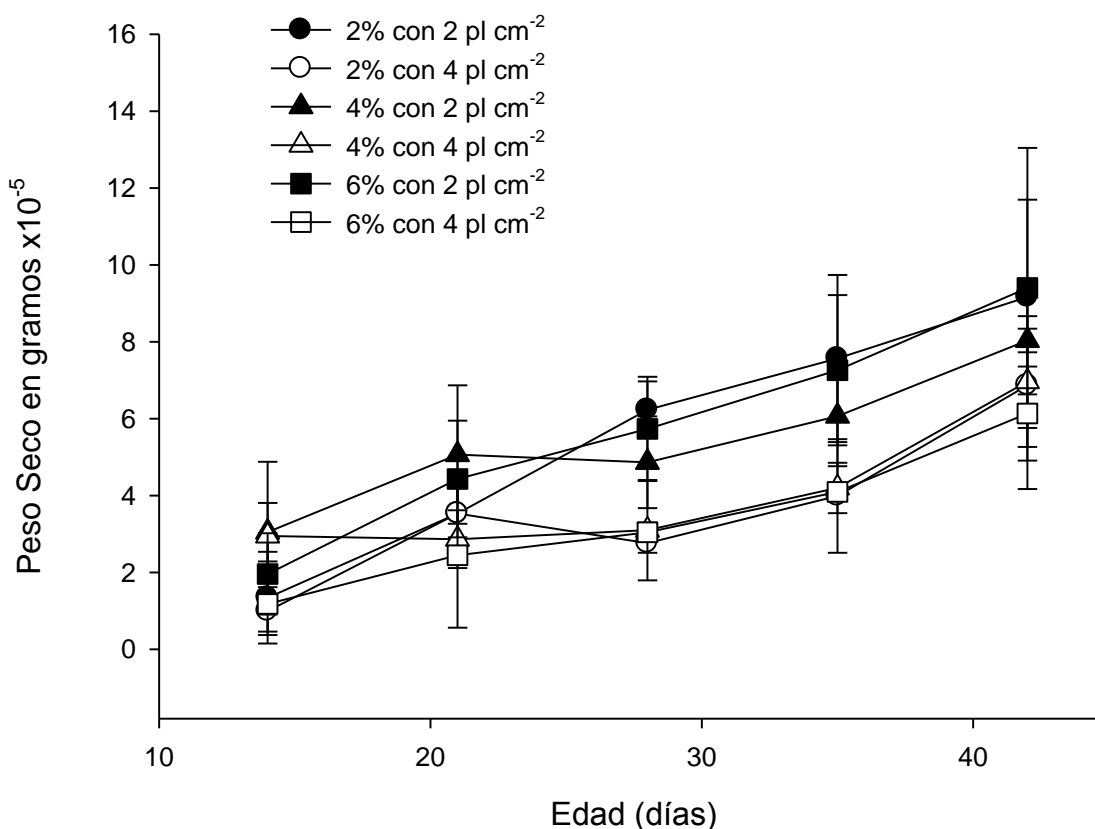


Figura 7. Peso seco promedio de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 28 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3).

6.2. Experimento II

6.2.1. Peso orgánico total de *Navicula incerta*

Al igual que para el experimento I, el peso orgánico total diario de una célula de *N. incerta*, para este segundo experimento fue de $(8.54 \pm 0.09) \times 10^{-10}$. Con base a este resultado, se calculó la cantidad de alimento a suministrar por unidad experimental, la cual varió dependiendo del peso de los organismos. La cantidad de alimento requerido por postlarva en base a su peso seco, así como

también la cantidad de células suministradas por organismo se muestran en la Tabla XIII.

Tabla XIII. Esquema de alimentación por semana utilizado durante el periodo experimental II del cultivo de postlarvas de *H. rufescens*.

Edad (Días)	Tratamiento	Ración (%)	Densidad (postlarvas /cm)	# Total de postlarvas	Talla (µm)	Peso Seco (g x 10 ⁻⁵)	Alimento requerido/postlarva (g x 10 ⁻⁶)	# Células/postlarva en base al POT*
50-57	1	2	2	292	889±14	5.6±0.13	1.12	1317
	2	2	4	534	866±16	5.2±0.38	1.04	1223
	3	4	2	292	861±26	5.5±0.69	2.2	2588
	4	4	4	534	901±32	6.6±1.11	2.64	3106
	5	6	2	292	854±39	6.0±1	3.6	4235
	6	6	4	534	922±36	7.7±0.73	4.62	5435
57-64	1	2	2	272±14	938±33	6.36±0.93	1.27	1494
	2	2	4	486±39	927±36	5.9±0.92	1.18	1388
	3	4	2	280±4	910±21	5.7±0.36	2.28	2682
	4	4	4	509±27	959±31	6.8±1.11	2.72	3200
	5	6	2	278±6	929±30	6.2±0.2	3.72	4376
	6	6	4	520±7	937±48	6.3±0.61	3.78	4447
64-71	1	20	2	243±35	926±89	7.6±1.35	15.2	19000
	2	20	4	396±91	901±19	4.6±0.61	9.2	10823
	3	40	2	262±17	942±22	6.6±0.39	26.4	31060
	4	40	4	482±20	965±31	7±0.49	28	32940
	5	60	2	258±4	911±24	5.96±0.21	35.7	42000
	6	60	4	472±41	951±16	6.5±0.99	39	45880
71-78	1	20	2	201±54	1092±25	12.1±1.21	24.2	28471
	2	20	4	261±78	1007±33	10.1±0.77	20.2	23765
	3	40	2	230±23	1090±42	11.9±1.21	47.6	56000
	4	40	4	398±46	1056±46	11.3±1.13	45.2	53176
	5	60	2	217±16	1116±28	12.9 ±0.53	77.4	91059
	6	60	4	369±99	1144±40	13.6±1.84	81.6	96000
78-85	1	20	2	182±53	1161±23	14.7±1.05	29.4	34588
	2	20	4	222±63	1080±2	11.4±0.07	22.8	26824
	3	40	2	217±30	1193±13	15.8±0.68	63.2	74353
	4	40	4	365±51	1196±58	16.5±1.58	66	77647
	5	60	2	193±11	1467±41	25.4±1.90	152.4	179294
	6	60	4	351±116	1348±48	20.7±1.54	124.2	146118
85-92	1	20	2	146±48	1266±100	20±3.53	40	47059
	2	20	4	176±60	1174±22	15.2±0.60	30.4	35765
	3	40	2	192±24	1498±38	28.2±2.34	112.8	132706
	4	40	4	335±53	1400±29	23.9±1.06	95.6	112471
	5	60	2	159±14	1761±37	41.5±3.30	249	292941
	6	60	4	311±118	1695±31	37.6±3.05	225.6	265412

*POT= Peso orgánico total de *N. incerta*.

6.2.2. Condiciones ambientales del cultivo postlarval.

La temperatura es una de las variables que afecta el crecimiento de postlarvas de *Haliotis rufescens*. Al inicio de este estudio, registró un valor de 18.5 °C y durante el desarrollo del ensayo experimental la temperatura promedio fue de 17.8 ± 0.2 °C. En cuanto a la salinidad, esta se mantuvo en 30 PSU durante las 6 semanas de experimentación.

6.2.3. Supervivencia.

La figura 8 a, b; Tabla XIV muestran los resultados del número y supervivencia promedio de postlarvas en dos densidades diferentes, alimentadas con distintas raciones peso específicas de *N. incerta* durante el periodo experimental. En general, la mayor supervivencia se observó en el tratamiento con ración del 4% con 2 postlarvas cm^{-2} y la menor en el tratamiento con ración del 2% con 4 postlarvas cm^{-2} . Al observar los resultados en la figura 8 b, es importante señalar que al presentarse grandes diferencias entre las medias muestreadas, pero grandes errores estándar, dan como resultado que la media poblacional podría ser la misma (Tabla XIV).

Al inicio del experimento, los organismos tenían 50 días de edad, al término de una semana (57 días) se realizó la primera evaluación, encontrándose una supervivencia mayor al 92 % en todos los tratamientos. Mientras que, en el tratamiento con ración del 4% y 6% con 2 y 4 postlarvas cm^{-2} respectivamente, se obtuvo una supervivencia promedio mayor al 99.17% (Fig. 10 b; Tabla XIV). En la segunda semana (64 días) de evaluación, no se observaron cambios significativos en la supervivencia promedio ($P > 0.05$) entre

tratamientos (Tabla XV). Sin embargo, el tratamiento con ración del 2% con 4 postlarvas cm^{-2} mostró una menor supervivencia al día 57 y 64 ($92.68 \pm 7.50\%$; $76.97 \pm 17.65\%$ respectivamente), a diferencia de los demás tratamientos donde la supervivencia promedio fue mayor al 96.57 ± 5.04 a los 57 días y $89.33 \pm 12.89\%$ a los 64 días (Fig. 8 b; Tabla XIV).

La supervivencia promedio en el tratamiento con ración del 2% con 4 postlarvas cm^{-2} a los 71 días de edad ($51.78 \pm 15.52\%$) y 78 ($44.93 \pm 12.83\%$), fue menor respecto a los demás tratamientos (Fig. 8 b; Tabla XIV). Para el mismo tiempo, el tratamiento con ración del 4% con 2 postlarvas cm^{-2} presentó mayor supervivencia promedio ($87.65 \pm 8.82\%$ y $86.24 \pm 11.94\%$ respectivamente) con respecto a los demás tratamientos. En cambio, el tratamiento con ración del 2% con 2 postlarvas cm^{-2} y los tratamientos con ración de 4% y 6% con 4 postlarvas cm^{-2} registraron supervivencias similares (Fig. 8 b; Tabla XIV). Por otro lado, a los 71 días de edad el tratamiento con ración del 20%, mostró un patrón distinto respecto a los demás tratamientos y se presentó un efecto por interacción de factores, mientras que a los 78 días no hubo cambios significativos ($P > 0.05$; Tabla XV). A los 85 y 92 días de edad, se observó que el tratamiento con ración del 4% con 4 postlarvas cm^{-2} y el tratamiento con ración del 6% con 2 y 4 postlarvas cm^{-2} registraron valores de supervivencia similares y no significativos ($P > 0.05$; Tabla XIV, XV).

Tabla XIV. Supervivencia promedio (\pm E.S.) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%, 2pl cm ⁻²	2%, 4pl cm ⁻²	4%, 2pl cm ⁻²	4%, 4pl cm ⁻²	6%, 2pl cm ⁻²	6%, 4pl cm ⁻²
50	100	100	100	100	100	100
50-57	96.57 \pm 5.04	92.68 \pm 7.50	99.17 \pm 1.43	97.07 \pm 5.06	98.69 \pm 1.95	99.23 \pm 1.32
57-64	89.33 \pm 12.89	76.97 \pm 17.65	96.44 \pm 6.15	93.83 \pm 3.93	94.73 \pm 1.53	91.76 \pm 7.90
	20%, 2pl cm ⁻²	20%, 4pl cm ⁻²	40%, 2pl cm ⁻²	40%, 4pl cm ⁻²	60%, 2pl cm ⁻²	60%, 4pl cm ⁻²
64-71	76.59 \pm 20.43	51.78 \pm 15.52	87.65 \pm 8.82	78.90 \pm 9.18	82.82 \pm 6.05	73.21 \pm 19.59
71-78	72.22 \pm 20.90	44.93 \pm 12.83	86.24 \pm 11.94	73.81 \pm 10.30	76.45 \pm 4.38	70.98 \pm 23.49
78-85	60.19 \pm 19.83	36.43 \pm 12.38	79.20 \pm 9.76	69.28 \pm 10.97	65.70 \pm 5.85	64.25 \pm 24.40
85-92	54.31 \pm 22.40	29.46 \pm 14.58	71.26 \pm 16.58	66.31 \pm 12.61	62.21 \pm 9.20	62.72 \pm 23.78

Supervivencia expresada en porcentaje.

Tabla XV. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de supervivencia de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	g.l.error=12					
	Ración		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
50-57	1.195	0.336	1.273	0.281	0.861	0.447
57-64	1.334	0.299	0.263	0.617	1.920	0.189
64-71	1.310	0.305	0.448	0.515	3.836	0.051*
71-78	2.051	0.171	0.302	0.592	3.552	0.061
78-85	2.821	0.099	0.981	0.341	3.166	0.078
85-92	2.406	0.132	2.046	0.178	2.132	0.161

El asterisco * muestra diferencias significativas (P<0.05)

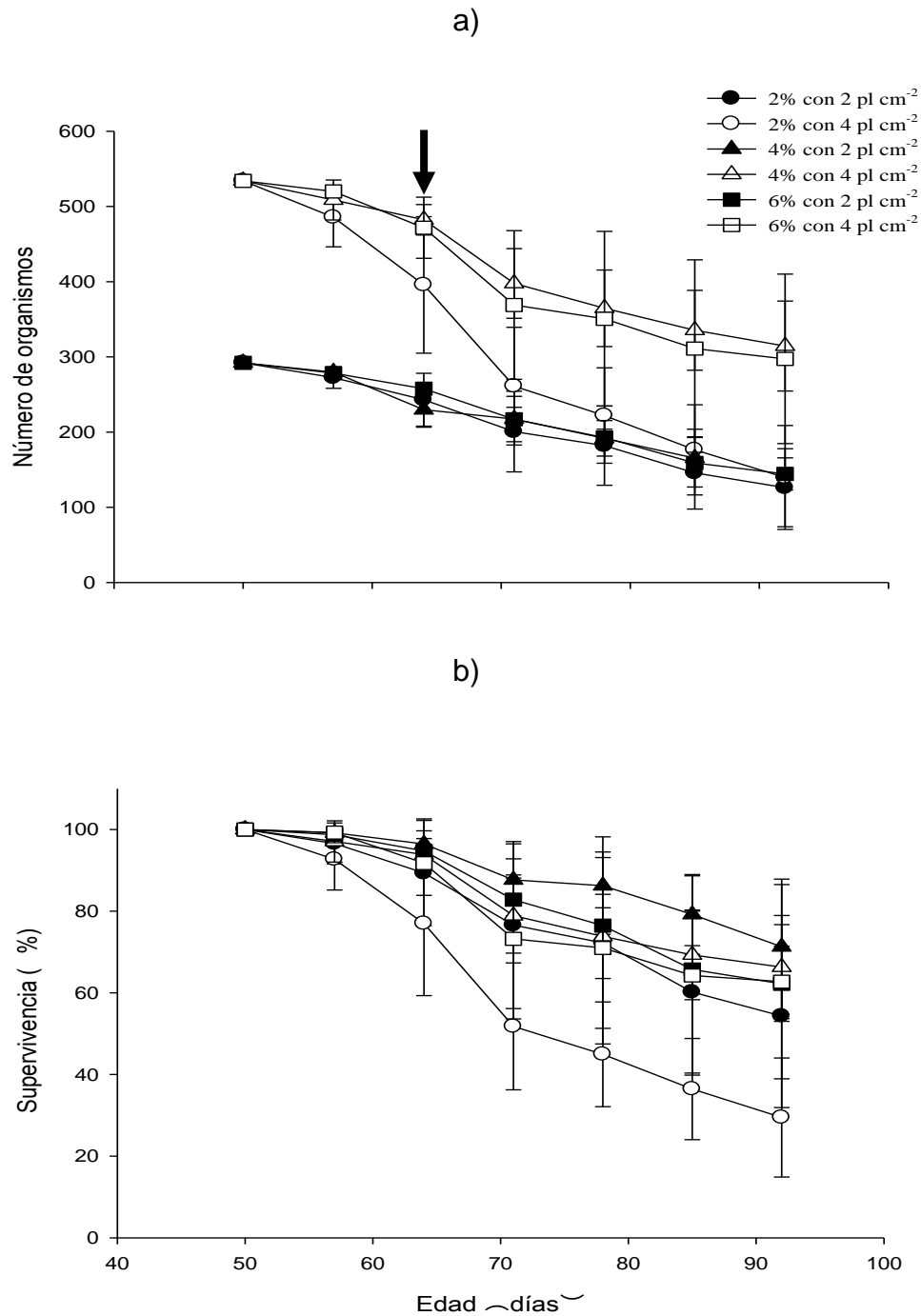


Figura 8. Número (a) y supervivencia promedio (b) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.

6.2.4. Longitud.

La longitud promedio inicial de la postlarvas fue $882 \pm 17.9 \mu\text{m}$ y después de 6 semanas, los organismos registraron un valor promedio mínimo de $1309.5 \pm 50.64 \mu\text{m}$, que correspondió al tratamiento con ración del 2% con 4 postlarvas cm^{-2} , mientras que, en el tratamiento con ración del 6% con 2 postlarvas cm^{-2} se presentó un valor promedio máximo de $1895.6 \pm 37 \mu\text{m}$ (Fig. 7; Tabla XVI). A los 57 y 64 días de edad, no se observó un cambio significativo ($P > 0.05$) en la longitud promedio de la concha (Tabla XVII). En este intervalo de tiempo el aumento en longitud de las postlarvas fue mínimo, con valores promedio de longitud comprendidos entre $901.50 \pm 19.50 \mu\text{m}$ y $965.18 \pm 31.45 \mu\text{m}$ en todos los tratamientos experimentales (Tabla XVI).

A partir los 64 días de edad, se ajustó la ración peso-específica del alimento (Tabla XIII), y se observaron cambios notables en la longitud promedio de los organismos (Fig. 9; Tabla XVI), con diferencias no significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos (Tabla XVII). No obstante, el tratamiento con ración del 20% con 4 postlarvas cm^{-2} presentó la menor longitud ($1007.50 \pm 33.83 \mu\text{m}$) y el tratamiento con ración del 60% con 4 postlarvas cm^{-2} registró la mayor longitud ($1144.27 \pm 40.66 \mu\text{m}$) (Figura 11; Tabla XVI).

A partir de los 78 días de edad, hubo cambios significativos ($P < 0.05$) en la longitud de la concha tanto por la ración como la densidad (Tabla XVII). La prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla XVIII) mostró mayores diferencias significativas ($P < 0.05$) en el tratamiento con ración del 60% ($1408.107 \mu\text{m}$), en comparación con el tratamiento con ración del 40% ($1194.915 \mu\text{m}$) y 20% ($1121.107 \mu\text{m}$) (Tabla XVIII). También se detectaron

diferencias entre densidades de postlarvas, presentando mayor longitud aquellas cultivadas a baja densidad (1274 μm) respecto a la densidad alta (1208 μm).

A los 85 y 92 días de edad, se presentaron efectos significativos en la longitud promedio por factor ración, densidad e interacción de estos. El efecto interactivo fue significativo debido a que el tratamiento con ración del 60 % a los 85 días y el tratamiento con ración del 40% a los 92 días presentaron un patrón distinto respecto a los demás tratamientos (Tabla XVII). Por otra parte, las pruebas de Tukey indicaron que el tratamiento con ración del 20% (1220.44 y 1360.59 μm respectivamente) fue significativamente menor los tratamientos con ración del 40 y 60% (Tabla XVIII) y que los tratamientos con densidad de 2 postlarvas cm^{-2} son significativamente mayor (1508 y 1644 μm respectivamente) que aquellos con 4 postlarvas cm^{-2} (1423 y 1531 μm respectivamente).

Tabla XVI. Longitud promedio de la concha ($\mu\text{m} \pm \text{E.S.}$) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%, 2pl cm^{-2}	2%, 4pl cm^{-2}	4%, 2pl cm^{-2}	4%, 4pl cm^{-2}	6%, 2pl cm^{-2}	6%, 4pl cm^{-2}
50-57	938.27 \pm 33.14	927.35 \pm 36.68	910.90 \pm 21.84	959.05 \pm 31.26	929.15 \pm 30.46	937.01 \pm 48.75
57-64	926.86 \pm 89.62	901.50 \pm 19.50	942.55 \pm 22.45	965.18 \pm 31.45	911.11 \pm 24.88	951.94 \pm 16.04
	20%, 2pl cm^{-2}	20%, 4pl cm^{-2}	40%, 2pl cm^{-2}	40%, 4pl cm^{-2}	60%, 2pl cm^{-2}	60%, 4pl cm^{-2}
64-71	1092.24 \pm 25.96	1007.50 \pm 33.83	1090.30 \pm 42.59	1056.58 \pm 46.58	1116.13 \pm 28.67	1144.27 \pm 40.66
71-78	1161.45 \pm 23.62	1080.88 \pm 2.62	1193.28 \pm 13.66	1196.54 \pm 58.85	1467.87 \pm 41.37	1348.34 \pm 48.22
78-85	1266.35 \pm 100.18	1174.54 \pm 22.81	1498.79 \pm 38.60	1400.09 \pm 29.73	1761.13 \pm 37.98	1695.90 \pm 31.90
85-92	1411.67 \pm 83.41	1309.50 \pm 50.64	1626.71 \pm 25.36	1449.30 \pm 46.45	1895.60 \pm 37	1835.14 \pm 69

n~10 organismos medidos por muestreo y tratamiento.

Tabla XVII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de longitud promedio de la concha de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	g.l.error=12		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
50-57	0.002	0.997	0.282	0.604	0.379	0.692
57-64	0.440	0.653	0.135	0.720	0.325	0.728
64-71	2.471	0.126	0.985	0.340	1.158	0.346
71-78	32.28	0.00015*	4.694	0.051*	1.431	0.277
78-85	13.59	0.00082*	54.67	0.000008*	11.71	0.001*
85-92	14.76	0.00058*	37.49	0.000051*	12.79	0.001*

Los asteriscos * muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

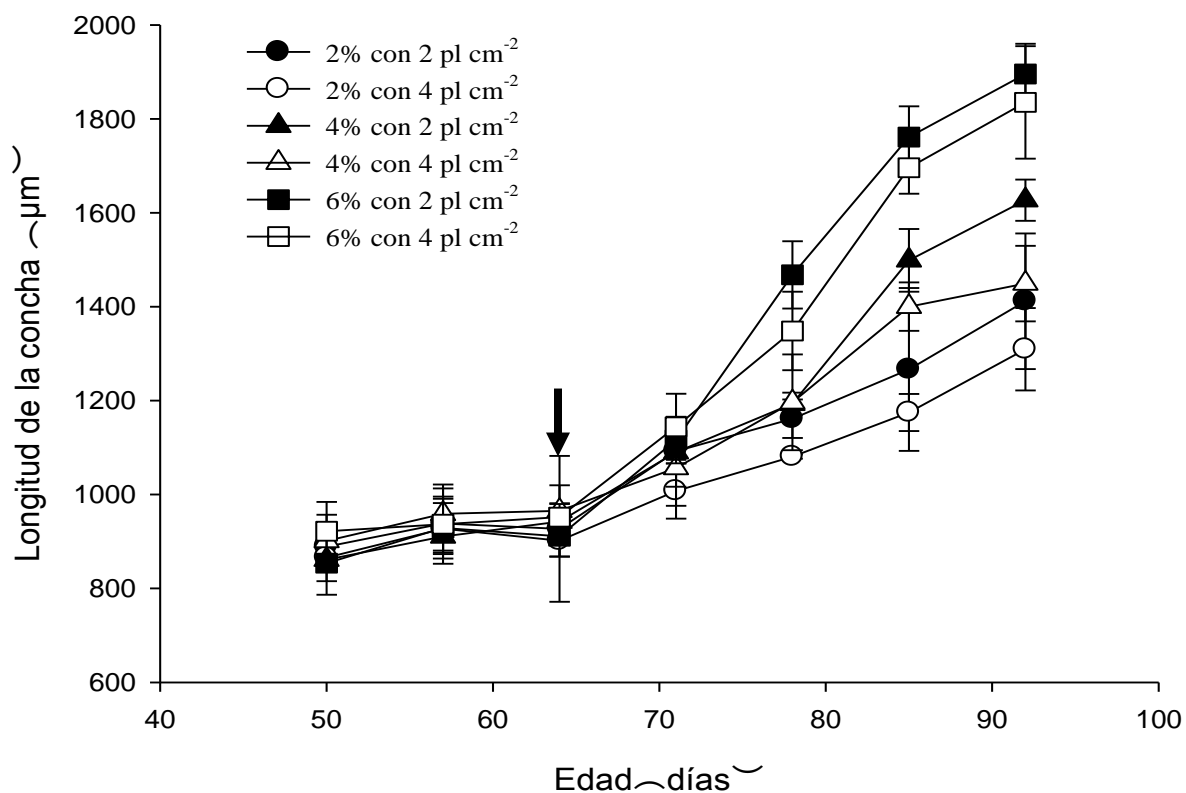


Figura 9. Longitud promedio de la concha de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar ($n=3$) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.

Tabla XVIII. Comparaciones múltiples de Tukey entre las distintas raciones alimenticias para longitud promedio de la concha de las postlarvas.

	Día 78	Día 85	Día 92
Tratamiento	Media (μm)		
T1 (20%)	1121.17 ^a	1220.44 ^a	1360.59 ^a
T2 (40%)	1194.91 ^a	1449.44 ^b	1538.01 ^b
T3 (60%)	1408.10 ^b	1728.51 ^c	1865.37 ^c

Superíndices diferentes indican diferencias significativas.

6.2.5. Tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento promedio fue variable durante el periodo experimental en todos los tratamientos (Figura 10; Tabla XIX). En los primeros 15 días esta fue menor a $15 \mu\text{m día}^{-1}$ (Tabla XIX), pero durante el periodo de los 71 a 92 días de edad, se incrementó a 17, 24 y $35 \mu\text{m día}^{-1}$ para el tratamiento con ración del 20%, 40% y 60% con 2 postlarvas cm^{-2} . En cultivos con 4 postlarvas cm^{-2} , promediaron un valor menor ($14, 17$ y $31 \mu\text{m día}^{-1}$) que la registrada en densidades de 2 postlarvas cm^{-2} . A los 78 días de edad, la tasa de crecimiento, en el tratamiento con ración del 60% y 2 postlarvas cm^{-2} ($50.24 \pm 5.19 \mu\text{m día}^{-1}$), fue mayor respecto a los demás tratamientos (9.88 a $29.14 \mu\text{m}$). Asimismo, se observó un efecto significativo por interacción de factores, debido a que el tratamiento con ración del 60% presentó un patrón distinto respecto a los demás tratamientos (Tabla XIX). Las pruebas de Tukey indican diferencias significativas por la densidad baja ($24.9 \mu\text{m día}^{-1}$) respecto a la alta ($19.8 \mu\text{m día}^{-1}$). Para los 85 días de edad, la tasa de crecimiento fue similar entre los tratamientos con ración del 40% con 2 postlarvas cm^{-2} ($43.64 \pm 6.96 \mu\text{m día}^{-1}$),

tratamiento con ración del 60% con 2 postlarvas cm^{-2} ($41.89 \pm 8.17 \mu\text{m día}^{-1}$) y tratamiento con ración del 60% con 4 postlarvas cm^{-2} ($49.65 \pm 6.23 \mu\text{m día}^{-1}$). Además, la tasa de crecimiento presentó cambios significativos por ración alimenticia y densidad postlarval (Tabla XX). También, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey mostró que el tratamiento con ración del 60% ($45.77 \mu\text{m día}^{-1}$) fue significativamente mayor que aquel del 20% ($14.18 \mu\text{m}$) y que los tratamientos con densidad baja de organismos ($33.5 \mu\text{m}$) registraron diferencias significativas con respecto a los de densidad alta ($30.7 \mu\text{m}$). Al final del experimento (92 días de edad), se observó una notable disminución en la tasa de crecimiento con valores menores a $20 \mu\text{m día}^{-1}$ (Figura 10; Tabla XIX).

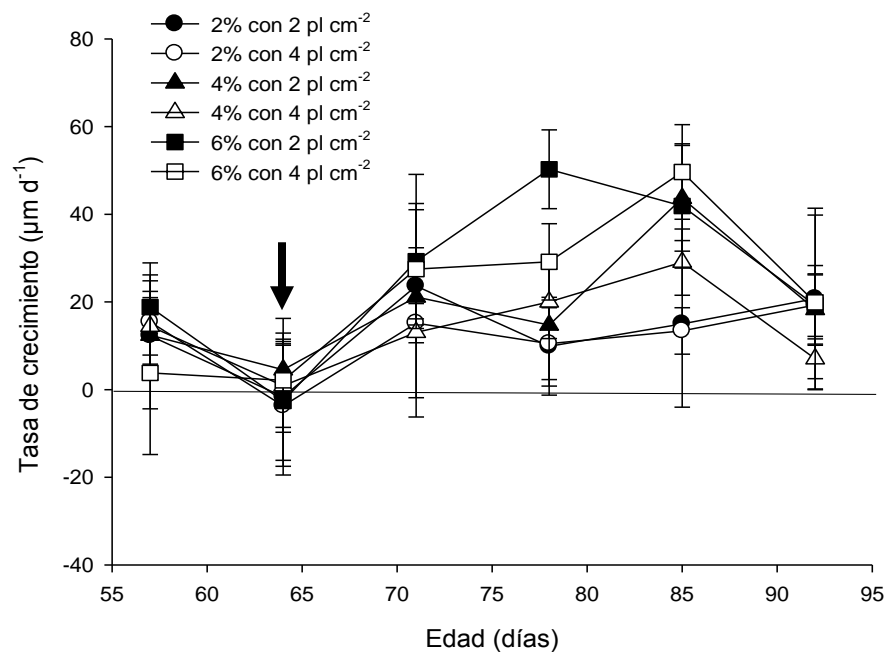


Figura 10. Tasa de crecimiento específica promedio ($\mu\text{m d}^{-1}$) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar ($n=3$) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.

Tabla XIX. Tasa de crecimiento específica promedio ($\mu\text{m día}^{-1} \pm \text{E.S.}$) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%, 2pl cm ⁻²	2%, 4pl cm ⁻²	4%, 2pl cm ⁻²	4%, 4pl cm ⁻²	6%, 2pl cm ⁻²	6%, 4pl cm ⁻²
50-57	12.26±9.60	15.41±6.21	12.42±3.82	14.43±3.77	18.82±3.45	3.80±10.74
57-64	-1.62±10.31	-3.69±7.96	4.52±3.43	0.87±6.12	-2.57±7.82	2.13±6.26
	20%, 2pl cm ⁻²	20%, 4pl cm ⁻²	40%, 2pl cm ⁻²	40%, 4pl cm ⁻²	60%, 2pl cm ⁻²	60%, 4pl cm ⁻²
64-71	23.62±14.69	15.14±2.57	21.10±3.67	13.05±11.14	29.28±7.59	27.47±7.82
71-78	9.88±6.43	10.48±4.74	14.71±8.03	19.99±4.82	50.24±5.19	29.15±5.02
78-85	14.98±10.96	13.37±3.06	43.64±6.96	29.07±4.36	41.89±8.17	49.65±6.23
85-92	20.76±11.89	19.28±4.11	18.27±4.55	7.02±2.62	19.21±5.25	19.89±11.50
Promedio	17±10.64	14±4.77	24±5.07	17±5.47	35±6.24	31±7.92

Tabla XX. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de tasa de crecimiento de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	g.l.error=12					
	Ración		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
50-57	0.854	0.449	0.032	0.860	0.457	0.643
57-64	0.395	0.681	0.004	0.946	0.059	0.942
64-71	0.228	0.799	0.206	0.657	0.999	0.396
71-78	3.509	0.063	20.27	0.00007*	3.774	0.053*
78-85	3.997	0.046*	12	0.004*	1.533	0.255
85-92	0.321	0.731	0.429	0.524	0.614	0.557

Los asteriscos * muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

6.2.6. Relación de las tasas de crecimiento con la densidad postlarval

Después de analizar cada réplica de manera individual en todos los tratamientos al final del experimento, se observa que la tasa de crecimiento de las postlarvas aumenta conforme disminuye la densidad de organismos la cual fue de 0.9 postlarvas cm⁻² para una tasa de crecimiento máxima de 43 $\mu\text{m día}^{-1}$ perteneciente a una réplica del tratamiento con ración del 20% con densidad de 2 postlarvas cm⁻². Asimismo, la mayor densidad de postlarvas fue de 2.19

postlarvas cm^{-2} para una tasa de crecimiento de $-1.9 \mu\text{m día}^{-1}$ en una réplica del tratamiento con ración del 60% con 4 postlarvas cm^{-2} (Fig. 11). Lo anterior sugiere un efecto de la densidad además del efecto por ración.

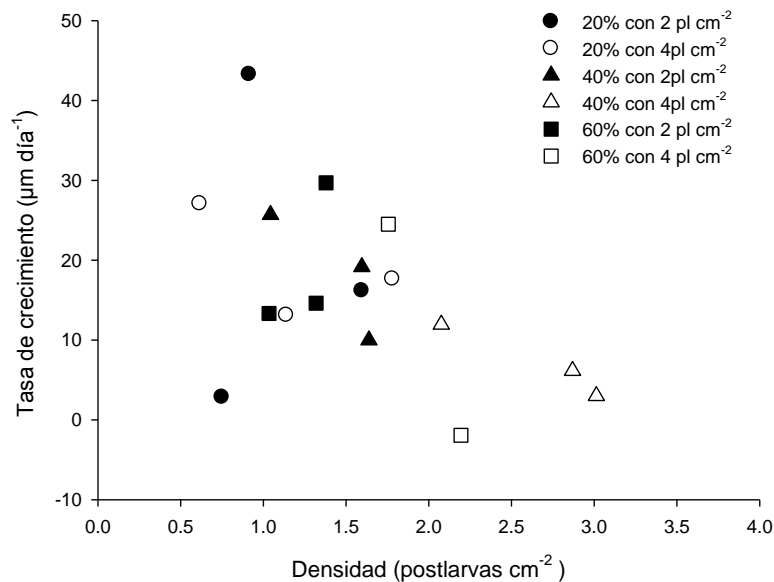


Figura 11. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m d}^{-1}$) contra densidad postlarval (postlarvas cm^{-2}) al finalizar la experimentación.

6.2.6. Peso húmedo y peso seco

Los resultados de peso húmedo de postlarvas de *H. rufescens* se muestran en la Figura 12; Tabla XXI. Al inicio del experimento, las postlarvas registraron 7.4×10^{-5} g de peso húmedo y al final del estudio, los tratamientos con ración del 20% y 60% con 4 postlarvas cm^{-2} promediaron un mínimo de 32 ± 5.90 g y un máximo de 130 ± 16.07 g de peso húmedo respectivamente. Para los 64 días de edad el análisis de varianza mostró efectos significativos ($P < 0.05$) por ración alimenticia e interacción. El efecto interactivo se debió a que el tratamiento con ración del 2% presentó un patrón distinto respecto a los

demás tratamientos (Tabla XXII). Sin embargo la prueba a posteriori de Tukey indicó que el peso húmedo en la ración del 2% (0.00007 g) es diferente respecto a la ración del 6% (0.00010 g) (Tabla XXIII). Comparando todos los tratamientos a los 71 días de edad, los resultados del ANOVA indicaron que el peso húmedo no fue afectado por la ración ni la densidad postlarval (Tabla XXII). Para los 78 días de edad, hubo efecto significativo ($P < 0.05$) por factor ración, densidad e interacción entre ambos factores (Tabla XXII). La prueba de comparaciones múltiples de Tukey indicó que el peso húmedo en la ración del 60% (0.00034 g) fue diferente con respecto a la ración del 20% (0.00019 g) (Tabla XXIII). Para los 85 y 92 días de edad, los resultados del ANOVA indicaron que el peso húmedo fue afectado tanto por la ración como la densidad (Tabla XXII). El efecto interactivo observado para estos tiempos se debió a que el tratamiento con ración del 60% presentó un patrón distinto respecto a los demás tratamientos (Tabla XXI).

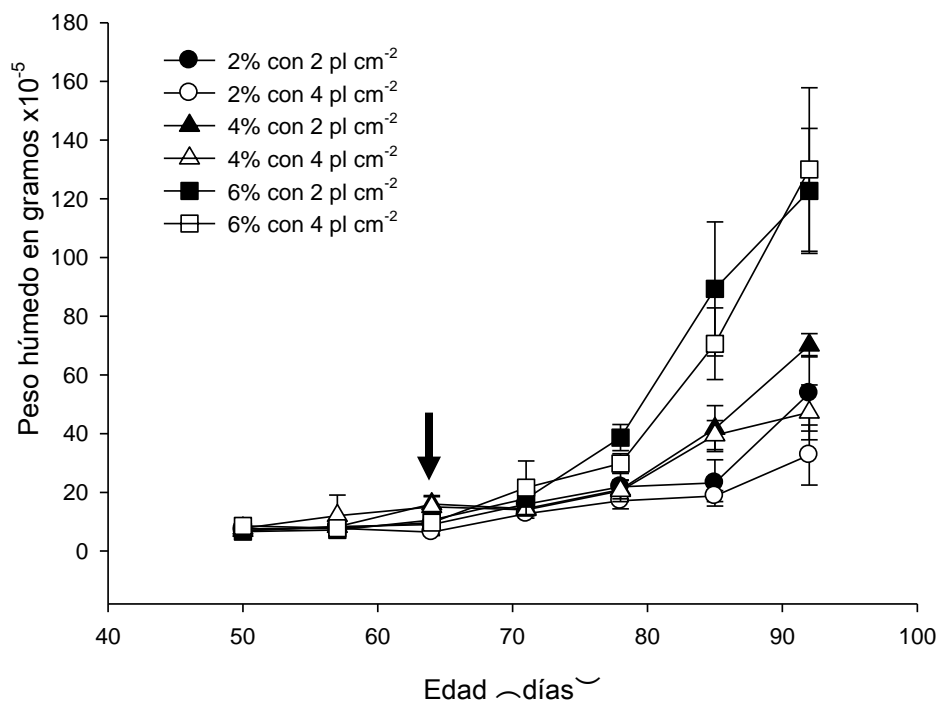


Figura 12. Peso húmedo promedio de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.

Tabla XXI. Peso húmedo promedio (g \pm E.S.) de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%, 2pl cm ⁻²	2%, 4pl cm ⁻²	4%, 2pl cm ⁻²	4%, 4pl cm ⁻²	6%, 2pl cm ⁻²	6%, 4pl cm ⁻²
50-57	8.34 \pm 1.54	7.73 \pm 1.72	8.3 \pm 0.75	12.03 \pm 4.05	7.2 \pm 0.55	7.76 \pm 0.98
57-64	9.03 \pm 1.86	6.43 \pm 0.66	16.03 \pm 1.42	15.06 \pm 2.22	10.56 \pm 0.79	9.66 \pm 0.67
	20%, 2pl cm ⁻²	20%, 4pl cm ⁻²	40%, 2pl cm ⁻²	40%, 4pl cm ⁻²	60%, 2pl cm ⁻²	60%, 4pl cm ⁻²
64-71	15.93 \pm 0.64	12.7 \pm 0.87	14.46 \pm 1.31	14.07 \pm 1.19	17.83 \pm 0.34	21.56 \pm 5.27
71-78	21.9 \pm 2.66	17.11 \pm 1.56	20.93 \pm 1.80	20.53 \pm 2.13	38.66 \pm 2.56	29.8 \pm 1.92
78-85	23.23 \pm 4.55	18.73 \pm 1.08	41.7 \pm 4.52	39.5 \pm 2.85	89.3 \pm 13.17	70.63 \pm 7.04
85-92	53.74 \pm 7.41	32.73 \pm 5.90	70.1 \pm 2.30	47.23 \pm 5.39	122.7 \pm 12.29	130 \pm 16.07

Peso seco promedio y E.S. expresado en $\times 10^{-5}$
n~10 organismos medidos por muestreo y tratamiento.

Tabla XXII. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso húmedo de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	g.l.error=12		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
50-57	1.046	0.381	0.291	0.599	0.754	0.491
57-64	5.366	0.021*	1.204	0.293	11.16	0.001*
64-71	1.036	0.38	3.333	0.092	2.063	0.169
71-78	4.927	0.027*	30.53	0.0001*	14.30	0.0006*
78-85	8.280	0.005*	48.98	0.00001*	8.849	0.004*
85-92	13.84	0.0007*	38.47	0.00004*	13.69	0.0008*

Los asteriscos * muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

Tabla XXIII. Comparaciones múltiples de Tukey entre las distintas raciones alimenticias para el peso húmedo promedio de las postlarvas.

	Día 64	Día 78	Día 85	Día 92
Tratamiento	Media (g)			
20%	0.000077 ^a	0.00019 ^a	0.00020 ^a	0.00043 ^a
40%	0.00015 ^b	0.00020 ^a	0.00040 ^b	0.00058 ^b
60%	0.00010 ^b	0.00034 ^b	0.00079 ^c	0.0012 ^c

Superíndices diferentes indican diferencias significativas.

*En el día 64 el tratamiento corresponde a una ración del 2%.

Los resultados de peso seco promedio se muestran en la Figura 13;

Tabla XXIV. Al inicio del experimento, las postlarvas registraron 6×10^{-5} g de peso seco. Al final del estudio, en el tratamiento con ración del 60% con 4 postlarvas cm^{-2} se registró un peso seco promedio de 21.83 ± 3.11 g como mínimo y máximo de 54.96 ± 4.01 g en el tratamiento con ración del 60% con 2 postlarvas cm^{-2} . De los 57 a los 71 días de edad, no hubo cambios significativos por efecto de factores ($P > 0.05$). Sin embargo, a partir de los 78 días de edad, se presentaron cambios significativos ($P < 0.05$; Tabla XXV). La prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla XXVI) mostró que el peso seco en el

tratamiento con ración del 60% (0.000231 g) fue significativo con respecto al tratamiento con ración del 20% (0.000131 g) y ración del 40% (0.000162 g) (Tabla XXVI), así como también, el tratamiento con densidad de organismos alta (0.00016 g) fue significativo respecto al tratamiento con densidad baja (0.00018 g). Para los 85 y 92 días de edad, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) por ración, densidad e interacción (Tabla XXV). El efecto interactivo, se debió a que el tratamiento con ración del 60%, presentó un patrón distinto respecto a los demás tratamientos. Por otro lado, las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey para el factor ración y densidad, indican que el tratamiento con ración del 60% (0.000395 g y 0.000541 g respectivamente) fue significativamente mayor que el tratamiento con ración del 40 % (0.000261 g y 0.000329 g respectivamente) y este a su vez fue mayor que el tratamiento con ración del 20% (0.000176 g y 0.000286 g respectivamente) (Tabla XXVI). Asimismo, indica diferencias significativas en los tratamientos con densidad baja de postlarvas (0.00029 g y 0.00043 g) respecto a los de densidad alta (0.00025 g y 0.00034 g). Por otro lado, al analizar la relación de longitud de la postlarva con respecto al peso de las mismas, se encontró que aquellas postlarvas cultivadas a una densidad de 2 y 4 cm^{-2} , con una ración alimenticia de 60% siempre mostraron un mayor crecimiento mientras que, las postlarvas cultivadas en los demás tratamientos presentaron un menor crecimiento, observándose que conforme se disminuye la ración alimenticia el crecimiento es menor. También es importante destacar que las postlarvas cultivadas en 2 cm^{-2} expresaron mayor crecimiento que aquellas cultivadas en 4 cm^{-2} (Figura 14).

Tabla XXIV. Peso seco promedio (g \pm E.S.) de postlarvas de *H. rufescens* cultivada en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	Ración/ Densidad					
	2%,2pl cm ⁻²	2%,4pl cm ⁻²	4%,2pl cm ⁻²	4%,4pl cm ⁻²	6%,2pl cm ⁻²	6%,4pl cm ⁻²
50-57	6.36 \pm 0.93	5.9 \pm 0.92	5.76 \pm 0.36	6.83 \pm 1.11	6.2 \pm 0.2	6.33 \pm 0.61
57-64	7.6 \pm 1.35	4.56 \pm 0.61	6.56 \pm 0.39	7.03 \pm 0.49	5.93 \pm 0.21	6.53 \pm 0.99
	20%,2pl cm ⁻²	20%,4pl cm ⁻²	40%,2pl cm ⁻²	40%,4pl cm ⁻²	60%,2pl cm ⁻²	60%,4pl cm ⁻²
64-71	12.13 \pm 1.21	10.16 \pm 0.77	11.96 \pm 1.21	11.31 \pm 1.13	12.93 \pm 0.53	13.66 \pm 1.84
71-78	14.7 \pm 1.05	11.45 \pm 0.07	15.8 \pm 0.68	16.53 \pm 1.58	25.46 \pm 1.90	20.76 \pm 1.54
78-85	20.03 \pm 3.53	15.2 \pm 0.60	28.23 \pm 2.34	23.96 \pm 1.06	41.5 \pm 3.30	37.6 \pm 3.05
85-92	35.4 \pm 6.35	21.83 \pm 3.11	38.93 \pm 2.69	26.9 \pm 3.22	54.96 \pm 4.01	53.33 \pm 1.39

Peso seco promedio y E.S. expresado en $\times 10^{-5}$
 n~10 organismos medidos por muestreo y tratamiento.

Tabla XXV. Análisis de varianza de 2 vías para los datos obtenidos de peso seco promedio de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días.

Día	g.l.error=12		Densidad		Interacción	
	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P	Valor F	Valor P
50-57	0.026	0.973	0.152	0.703	0.506	0.614
57-64	0.469	0.636	1.058	0.323	3.483	0.064
64-71	1.783	0.209	0.416	0.531	0.640	0.544
71-78	31.39	0.000017*	5.149	0.042*	2.348	0.137
78-85	9.075	0.0039*	39.44	0.000041*	10.26	0.002*
85-92	7.851	0.0066*	17.82	0.0011*	15.23	0.0005*

Los asteriscos * muestran diferencias significativas (P<0.05).

Tabla XXVI. Comparaciones múltiples de Tukey entre las distintas raciones alimenticias para el peso seco promedio de las postlarvas.

	Día 78	Día 85	Día 92
Tratamiento	Media (g)		
20%	0.000131 ^a	0.000176 ^a	0.000286 ^a
40%	0.000162 ^a	0.000261 ^b	0.000329 ^b
60%	0.000231 ^b	0.000395 ^c	0.000541 ^c

Superíndices diferentes indican diferencias significativas.

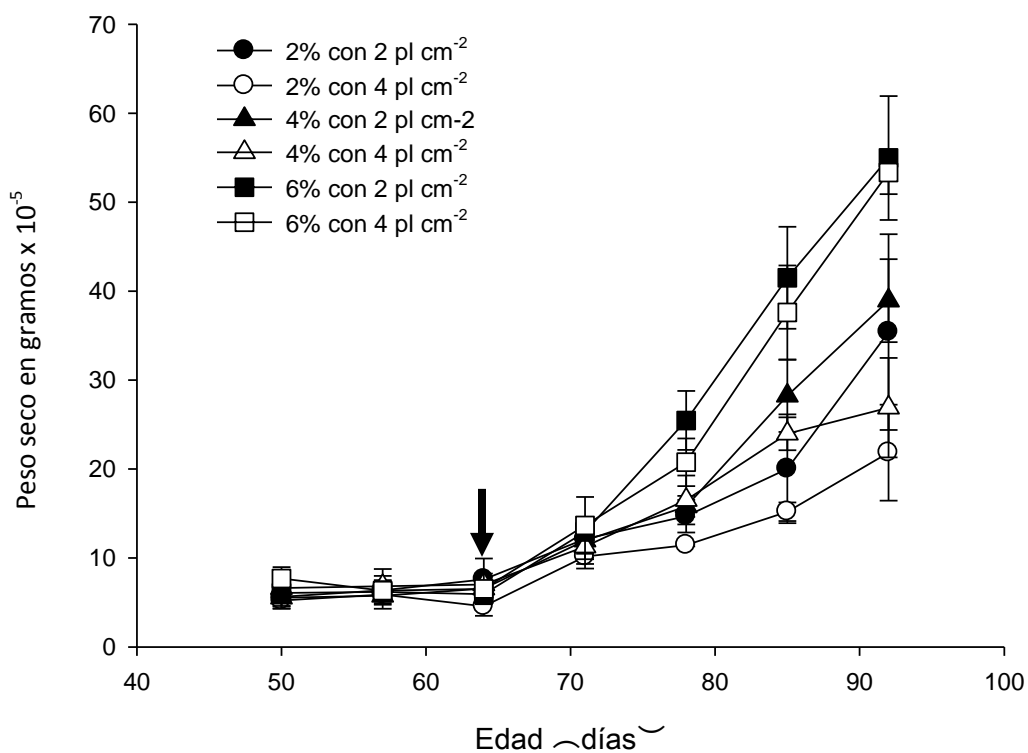


Figura 13. Peso seco promedio de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días de cultivo. La barra vertical indica el error estándar (n=3) y la flecha indica la edad a partir de la cual la ración alimenticia aumentó a un 20, 40 y 60%.

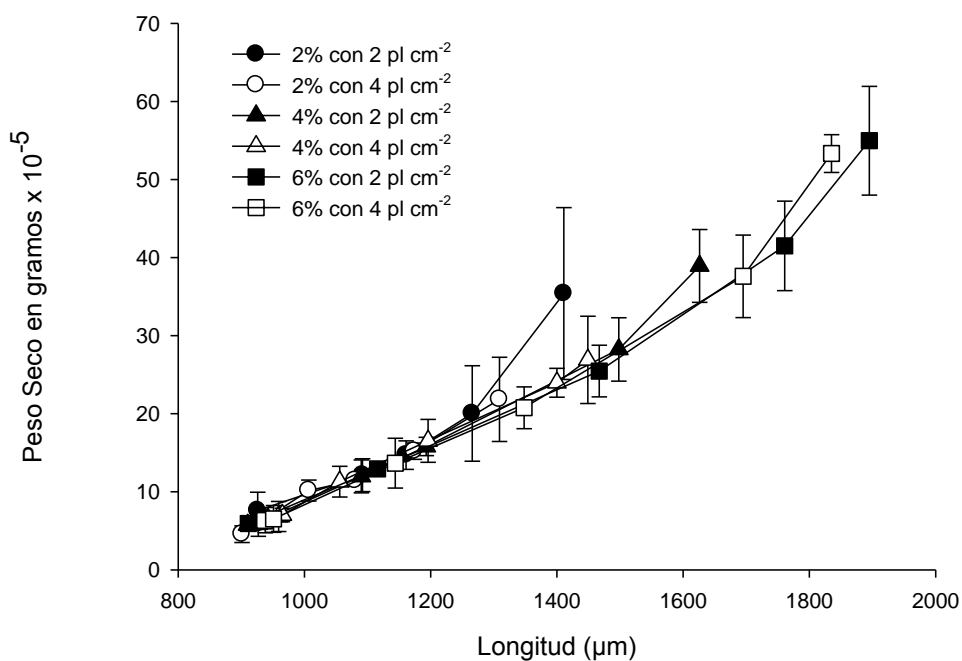


Figura 14. Longitud de la concha (μm) promedio contra peso seco de postlarvas de *H. rufescens* cultivadas en distintas densidades y alimentadas con raciones peso-específicas diferentes de *N. incerta* durante 42 días de cultivo. A partir del día 62 la ración cambió a 20, 40 y 60%. La barra vertical indica el error estándar ($n=3$).

7. DISCUSIÓN

7.1. Peso seco total y peso orgánico total de *Navícula incerta*.

Para el cultivo de postlarvas de *Haliotis rufescens*, comúnmente se suministra *Navícula incerta* como alimento, tomando solo en cuenta la concentración celular y son pocos los estudios que consideran raciones peso-específicas para la alimentación de postlarvas de abulón y a excepción de algunos trabajos (Rojo-Salazar, 2002; Viana et al 2007), la mayoría no toma en cuenta el peso seco total y peso orgánico total, como base para estimar la cantidad de alimento que se suministra durante el desarrollo ontogénico de las postlarvas. También, en la mayoría de los casos no se considera que el

nutriente orgánico de *N. incerta* es de mayor importancia cuando se formulan programas de alimentación. En este estudio, se destaca la importancia de utilizar el componente orgánico, ya que al comparar el peso orgánico total con el peso seco total obtenidos en esta evaluación, se encontró que al eliminar la parte inorgánica y considerar solo el componente orgánico se incrementa un 17% más de alimento disponible para el organismo. Viana et al. (2007), reporta un valor de 4.2×10^{-10} g de peso seco de *N. incerta*, mientras que Rojo-Salazar (2002) cuantificó el contenido orgánico de varias especies de diatomeas bentónicas y encontró para *N. incerta* que el contenido de este constituyente celular cambia con el tiempo de 2.1 a 5.5×10^{-10} g. Estos cambios también fueron observados en este estudio, aunque es importante señalar que la variabilidad del peso orgánico de una célula puede ser atribuida al tiempo (día) en se toma la muestra del cultivo, la fase crecimiento en que se encuentra la microalga, la concentración celular, y la técnica y tiempo para homogenizar la muestra para determinar peso orgánico. En consecuencia, todavía es difícil establecer comparaciones objetivas debido a la falta de información y escasos resultados del peso orgánico celular de *N. incerta*.

7.2. Condiciones ambientales del cultivo postlarval.

Variables ambientales como la temperatura y salinidad modifican la tasa de crecimiento. En el experimento I, el valor de temperatura fue ligeramente mayor que el reportado por Leighton (1974). Mientras que en el segundo experimento, esta estuvo en el intervalo óptimo (15-18 °C). Sin embargo, las postlarvas presentaron un menor crecimiento, debido a que los organismos

evaluados estuvieron sometidos a condiciones de alimentación distintas al autor citado. Rojo-Salazar (2002) evaluó postlarvas y juveniles de la misma especie en recipientes de 10 mL en temperatura de 19°C en los primeros 30 días y 16 ± 2.5 °C de los 30-80 días de edad postlarval. Obtuvo durante los primeros 15 días de experimentación 73% de supervivencia, la cual es menor a la supervivencia máxima registrada en este estudio (96 %), y al final de su estudio (79 días) una supervivencia de 69%, la cual es similar a la obtenida en esta investigación.

En cuanto a la salinidad, varios estudios (Rojo-Salazar, 2002; Correa-Reyes et al. 2008; Muñoz-Castro, 2010), han cultivado postlarvas de *Haliotis rufescens* en 32-35 PSU. En este estudio, el valor de esta variable fue menor, pero no afectó el crecimiento y supervivencia de los organismos debido a que se mantuvo constante durante el cultivo. Estudios con otras especies de abulón (*Haliotis laevigata* y *Haliotis rubra*), mencionan que salinidades de 25 y 40 psu reducen la actividad de los organismos, debido a una menor captura de oxígeno en los tejidos, y aquellos sometidos 42 PSU mueren (Edwards, 2003). Otros trabajos consideran que el crecimiento disminuye a una salinidad de 26 PSU (Basuyaux y Mathieu, 1998), mientras que, Chen et al. (2000) reporta que la salinidad óptima para *Haliotis diversicolor supertexta* se encuentra entre 30-35 PSU.

7.3. Supervivencia

En la parte experimental I y para los 28 días de cultivo, los tratamientos con baja densidad de postlarvas tuvieron mayor supervivencia que aquellos de alta densidad (Figura 3, Tabla III). Esta diferencia probablemente se deba al espacio disponible y no a la cantidad de alimento, ya que este se suministró en base al peso y talla de cada organismo. Al comparar los resultados de baja densidad de este trabajo con aquellos realizados por Rojo-Salazar, (2002); Searcy-Bernal et al. (2003); Uriarte et al. (2006); Rong-Lian et al. (2008) se encontró una mayor supervivencia. Sin embargo, al contrastarlos con los datos de alta densidad resultaron similares. A los 35 días, la supervivencia disminuye hasta un 40% y un 9% a los 42 días de edad (Figura 3, Tabla III). Observaciones similares han sido hechas por Kawamura et al. (1998) y Wen-Rong et al. (2010), quienes consideran que la cantidad y calidad de alimento tienen una fuerte influencia en la supervivencia y crecimiento de postlarvas de abulón. Searcy-Bernal et al. (1992) menciona que en los centros de cultivo de postlarvas de abulón, la supervivencia disminuye hasta un 10%, durante los primeros dos meses del cultivo de este molusco. Por otro lado, Leighton (1989) reporta supervivencias del 20-40%. De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, los tratamientos cultivados con alta densidad están dentro del porcentaje registrado por Searcy-Bernal et al. (1992), mientras que los de baja densidad, presentaron mayores supervivencias y se encuentran dentro del porcentaje registrado por Leighton (1989).

En la parte experimental II de los 71 hasta los 92 días de edad, la supervivencia muestra diferencias considerables (>37%) entre los tratamientos

con ración del 40% con 2 postlarvas cm^{-2} y tratamiento con ración del 20% con 4 postlarvas cm^{-2} (Tabla XIV y Figura 3 a, b). Sin embargo, el estadístico aplicado mostró que no hay cambios significativos. Este resultado, se debe al traslape en los intervalos del error estándar, y no se puede confiar que los tratamientos analizados sean diferentes. Entonces, al presentarse grandes diferencias entre las medias muestreadas y además errores estándar grandes, la media poblacional podría ser la misma (Townend, 2002).

Por otra parte, es importante mencionar que durante este estudio, la cantidad de alimento fue un factor que determinó la supervivencia postlarval, ya que al suministrar un menor porcentaje de alimento (2% y 20%) respecto al peso de las postlarvas (Tabla XIII), se obtuvo la menor supervivencia promedio respecto a los demás tratamientos (Fig.3 b; Tabla XIV). Estas diferencias, probablemente se deban a que la ración peso-específica suministrada fue insuficiente para satisfacer los requerimientos alimenticios de los organismos. Resultados del presente trabajo, corroboran lo antes mencionado, ya que, en el experimento I, se comprobó que el suministrar bajas raciones alimenticias (2, 4 y 6%), disminuye significativamente la supervivencia (Fig.5; Tabla III). Caso contrario ocurrió en el tratamiento con ración del 40% y 60% de los 71 a 92 días de edad, ya que, al incrementar la ración alimenticia en un 40 y 60% del peso seco de los organismos, la supervivencia fue mayor al 62% (Fig.3 b; Tabla XIV). Estos resultados coinciden con los encontrados por Rojo-Salazar (2002) y Miranda-Saucedo (2009), quienes reportan supervivencias similares. Entonces, al suministrar alimento en base a una ración peso-específica requerida por postlarva durante su desarrollo ontogénico, así como también, realizar los

ajustes en la dieta de acuerdo a la longitud y peso de los organismos (Tabla XIII), la mortalidad disminuye.

Otra consideración importante que puede afectar la supervivencia postlarval es la especie de microalga que se usa como alimento. Al respecto, Viana et al. (2007) sugiere que las diatomeas usadas como alimento proporcionen un contenido alto de lípidos y bajo porcentaje en cenizas, para mejorar el crecimiento y supervivencia. A su vez, la digestión se encuentra influenciada por el tamaño de la célula, fuerza de adhesión, fuerza de la frústula de la microalga y tamaño de la postlarva (Daume, 2006). En el caso de *N. incerta* tiene baja adhesividad, alta movilidad y crecimiento postrado (Kawamura, 1996), estas características favorecen la alimentación de postlarvas de abulón y por consiguiente al utilizar *N. incerta* como alimento en este trabajo, se obtuvieron supervivencias hasta de 71 % a las 6 semanas de experimentación (92 días de edad) en el tratamiento con ración del 40% con 2 postlarvas cm⁻² (Tabla XIV). Observaciones similares en tasas de supervivencia y crecimiento son hechas por Rojo-Salazar (2002), quien menciona que *N. incerta* por su tamaño celular, rápida tasa de crecimiento y alto valor nutricional, mejora la tasa de supervivencia y crecimiento de postlarvas de abulón, en comparación con otras diatomeas.

7.4. Crecimiento

Durante el periodo experimental I, se registró un bajo peso (húmedo y seco) y longitud de la concha en todos los tratamientos (Fig. 4, 6, 7; Tabla X, IX, XI), debido a que las raciones alimenticias fueron insuficientes. Esto se reflejó en una menor tasa de crecimiento y a los 28 y 35 días de edad fue hasta 50 veces menor en comparación con otros estudios (Tabla XXVII). Sin embargo, en el periodo experimental II, tanto el peso (húmedo y seco) y longitud de la concha de postlarvas de abulón en el tratamiento con ración del 60% se incrementó significativamente al suministrar una mayor ración alimenticia, así como también en los tratamientos cultivados con una menor densidad de postlarvas (Figs. 9, 12, 13; Tabla XVI, XXI, XXV). Estos resultados indican que la disposición de alimento y espacio determinan el crecimiento de los organismos, ya que al suministrar menor ración de alimento respecto al peso seco de las postlarvas (Tabla II), se obtuvo menor crecimiento promedio con respecto a los demás tratamientos, entonces la ración suministrada fue insuficiente lo cual se tradujo en bajo crecimiento (Figs.9, 12, 13), tal y como se observó en el primer experimento, donde al suministrar bajas raciones alimenticias, disminuyó notablemente el crecimiento (Fig.4), por la falta de alimento, lo cual ocasionó un periodo de restricción alimenticia. A partir de los 64 días de edad, y en tiempo subsecuente, los organismos se recuperaron del periodo alimenticio adverso e incrementaron tanto la longitud como el peso (Fig. 9, 12, 13). Con respecto a la tasa de crecimiento esta fue variable en todos los tratamientos durante el periodo experimental (Fig. 10; Tabla XIX). Es probable que el factor densidad, ración alimenticia y la interacción de ambos modificaron

la tasa de crecimiento. Aunque, la longitud y peso del organismo seguía aumentando con el tiempo de cultivo, en algunos casos, la tasa de crecimiento (Fig. 10; Tabla XIX) disminuyó porque no hubo un aumento importante en la longitud de los organismos (Figura 9).

Al día 71, la tasa de crecimiento de *H. rufescens*, en la condición alimenticia de 60% y densidad 2 postlarvas cm^{-2} , fue 2 veces mayor con respecto al tratamiento con ración del 20% y 40% con 4 postlarvas cm^{-2} . Estos resultados indican que el número de organismos por unidad de superficie afectó la tasa de crecimiento. (Fig.10; Tabla XIX). Para los 78 días de edad, los tratamientos con baja ración alimenticia, expresaron menor tasa de crecimiento que los alimentados con el 40%, pero estos a su vez, fueron menores que aquellos organismos alimentados con el 60%. Además, se puede observar que los tratamientos con distintas densidades no registraron diferencias notables en la tasa de crecimiento excepto en el tratamiento con ración del 60% (Fig. 10; Tabla XIX). Esta diferencia se atribuye a la ración alimenticia, pero también al efecto interactivo entre la densidad y la cantidad de alimento suministrado, ya que el tratamiento con ración del 60% mostró un patrón distinto respecto a los demás tratamientos (Tabla XIX). Por otra parte, las postlarvas alimentadas con el 60% y cultivadas en 2 cm^{-2} y siempre mostraron mayor tasa de crecimiento, pero a partir de los 78 días de edad su crecimiento disminuyó. Para la última semana de evaluación (92 días de edad), la tasa de crecimiento promedio, fue similar a aquella reportada por Miranda-Saucedo (2009), en cultivos estáticos, pero menor a la registrada por Rojo-Salazar (2002) (Tabla XXVIII). Es importante considerar que las diferencias en la tasa de crecimiento de este

estudio en comparación con otros trabajos (Tabla XXVIII), pueden ser debido a variaciones en las condiciones de cultivo, tamaño de las unidades experimentales, edad y densidad de la postlarva usada en el cultivo, cantidad y calidad del alimento. Al final del estudio, se detectó una disminución en la tasa de crecimiento hasta valores menores de $20 \mu\text{m día}^{-1}$, probablemente por déficit de alimento (Fig.10; Tabla XIX). Esto significa que las postlarvas para este tiempo de cultivo necesitan un incremento en su ración alimenticia o un complemento de alimento, ya que se encontraban próximas a su etapa juvenil. Otros estudios también sugieren que la disminución en la tasa de crecimiento, podría atribuirse a la insuficiencia del alimento en las unidades experimentales al aumentar la capacidad de pastoreo (Vélez-Espino, 1999). Varios autores discuten el componente bioquímico como un factor importante (Viana et al. 2007; Correa-Reyes et al. 2008; y Rojo-Salazar 2002), consideran que la disponibilidad, valor nutricional, tasas de ingestión y digestibilidad de las diatomeas bentónicas pueden modificar el crecimiento de postlarvas y juveniles de abulón. Por este motivo, es importante mencionar que *N. incerta*, suministra nutrientes orgánicos necesarios para el crecimiento de postlarvas de *H. rufescens*. Uno de los esquemas de alimentación utilizado comúnmente consiste en suministrar alimento ad libitum. Carbajal-Miranda et al. (2005) obtuvo bajo este esquema de alimentación, tasas de crecimiento de $89.71 \mu\text{m d}^{-1}$, sin embargo, registró una baja supervivencia (26%). Otro esquema de alimentación se basa en la tasa de pastoreo de postlarvas. Vélez-Espino, (1999) al utilizar este método obtuvo tasas de crecimiento promedio de $33.4 \mu\text{m día}^{-1}$. Otro método consiste en suministrar alimento en base al peso de los

organismos. Sin embargo, la ración alimenticia varía en función de la especie que se desee alimentar. Kreeger y Langdon (1993) alimentaron mejillones con una ración diaria de 27.5 % de su peso seco. Bonaldo et al. (2005) usó una ración diaria del 1% del peso seco de almejas juveniles. García-Esquivel et al. (2007) suministró una ración diaria del 2% y del 4% del peso seco de juveniles de *Haliotis fulgens* y por último, Helm et al. (2004) sugiere para el cultivo de moluscos una ración del 4% del peso seco del organismo. Aunque los distintos estudios consideran importante suministrar alimento en base al peso de los organismos, en el caso de moluscos gasterópodos, pocos toman en cuenta el peso orgánico de la microalga. En este trabajo al considerar lo anterior, se adicionó un 17% más de alimento que al usar el peso seco total de la microalga. Además, como se suministra el alimento de acuerdo a su peso seco, se evita que la alta concentración de diatomeas afectan las tasas de pastoreo y el crecimiento de las postlarvas (Vélez-Espino, 1999). Otro factor que modifica la tasa de crecimiento promedio de estos organismos es la densidad de postlarvas. Resultados del presente estudio, mostraron mayor tasa de crecimiento en los tratamientos con baja densidad, con respecto aquellos de alta densidad (Fig. 10; Tabla XIX), estos están de acuerdo a los reportados por Miranda-Saucedo (2009), quien obtuvo mayor tasa de crecimiento en tratamientos de menor densidad (0.02 postlarvas cm^{-2}) comparado con aquellos de mayor densidad (0.44 postlarvas cm^{-2}).

Otra consideración importante que debe ser tomada en cuenta para la alimentación de postlarvas de *H. rufescens*, es hacer ajustes en la dieta durante el desarrollo ontogénico de estos organismos. Uriarte et al (2006) no hace

ajustes en la dieta de los organismos, en lugar de ello, transfirió postlarvas de abulón rojo a recipientes previamente sembrados y, cada 7 o 15 días dependiendo del nivel de pastoreo, cambiaba a los organismos a otros contenedores de cultivo con diatomeas. Por su parte, Correa-Reyes et al. (2008) suministró alimento ad libitum cada semana, sin considerar el alimento requerido por organismo. Asimismo, Carbajal-Miranda et al. (2005), también alimentó ad libitum a postlarvas y cada 5 días reinoculó cada unidad experimental. En cambio, Rojo-Salazar (2002) usó un esquema de alimentación dependiendo de la edad de las postlarvas. Entonces, cuando no se considera una ración peso-específica, la tasa de crecimiento, el tamaño de las postlarvas y la supervivencia cambia en respuesta a la cantidad de alimento suministrado y la densidad de organismos en el cultivo. Con base a los resultados de este estudio, se concluye que el crecimiento fue mayor en cultivos con ración del 60% con 2 postlarvas cm^{-2} y, lo opuesto se observó con ración del 20% con 4 postlarvas cm^{-2} . Por otra parte, mayor supervivencia se registró en cultivos con ración del 40 % con 2 postlarvas cm^{-2} y resultados similares fueron encontrados con ración del 60 % con 2 y 4 postlarvas cm^{-2} , con menor supervivencia en la menor ración alimenticia y densidad de 4 postlarvas cm^{-2} . Por último, el crecimiento y supervivencia de postlarvas fue afectada tanto por ración alimenticia y densidad.

CONCLUSIONES.

- En los tratamientos del experimento 1, no se observaron cambios importantes en la supervivencia, en longitud de la concha, y en el peso (húmedo y seco) de las postlarvas.
- El tratamiento con ración del 20% y 4 postlarvas cm^{-2} , registró menor supervivencia (29%) que aquel del 40% de alimento y 2 postlarvas cm^{-2} (71%).
- Las postlarvas alimentadas con la ración del 20% y 4 postlarvas cm^{-2} , siempre mostraron menor longitud de la concha que el resto de los tratamientos.
- Al incrementar la ración alimenticia (60%) y disminuir la densidad de postlarvas, dio como resultado mayor longitud y peso de los organismos.
- Al final del experimento se observó mayor tasa de crecimiento en el tratamiento con ración alimenticia de 60% y 2 postlarvas cm^{-2} .
- El crecimiento y supervivencia de postlarvas fue afectada tanto por ración alimenticia y densidad.
- Los resultados de este estudio indican que es necesario hacer ajustes en la alimentación de las postlarvas durante el desarrollo ontogénico.
- Con base a los resultados de supervivencia, longitud de la concha y peso de las postlarvas se recomienda usar una ración peso- específica del 60% basada en el constituyente orgánico de *Navicula incerta*, como un método alternativo en la alimentación de postlarvas de *Haliotis rufescens*.

9. ANEXOS

Tabla XXVII. Comparación de tasas de crecimiento de postlarvas de *H. rufescens* de acuerdo a diversos autores. Experimento I.

Tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Salinidad (PSU)	Edad postlarval (Días)	Densidad (postlarvas cm^{-2})	Alimento suministrado	Especie de abulón	Referencia
14 \pm 2	19	32-34	16	-	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Rojo-Salazar (2002)
66 \pm 8	19	32-34	22	-	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Rojo-Salazar (2002)
32 \pm 6	19	32-34	30	-	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Rojo-Salazar (2002)
18.08 \pm 4.98	17 \pm 1	-	21	<1	<i>N. incerta</i>	<i>H. fulgens</i>	Searcy-Bernal et al. (2003)
49.27 \pm 14.93	17 \pm 1	-	28	<1	<i>N. incerta</i>	<i>H. fulgens</i>	Searcy-Bernal et al. (2003)
23	15	-	27	-	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Pérez-Sánchez (2005)
23.8 \pm 2	22	-	24	-	<i>N. cf. lenzii</i>	<i>H. discus hannai</i>	Gordon, et al. (2008)
20.3 \pm 0.13	20	-	19	-	<i>N. parva</i>	<i>H. discus hannai</i>	Rong-Lian, et al.(2008)
14.2 \pm 0.33	20	-	19	-	<i>N. seminulum</i>	<i>H. discus hannai</i>	Rong-Lian, et al.(2008)
28	17 \pm 1	-	18	1-1.5	<i>N. incerta</i>	<i>H. corrugata</i>	Gorrostieta-Hurtado (2009)
60.8 \pm 5	17 \pm 1	-	23	<1	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Miranda-Saucedo (2009)
18.9 \pm 1.3	17.09 \pm 0.5	35	18	-	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Muñoz-Castro (2010)
6.2 \pm 0.43	18.5 \pm 0.5	30	21	1.88	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Este estudio
1.6 \pm 0.73	18.5 \pm 0.5	30	28	1.85	<i>N. incerta</i>	<i>H. rufescens</i>	Este estudio

Tabla XXVIII. Comparación de tasas de crecimiento de postlarvas de *H. rufescens* de acuerdo a diversos autores. Experimento II.

Tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{día}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Salinidad (PSU)	Talla (μm)	Densidad (postlarvas cm^{-2})	Alimento suministrado	Referencia
36 ± 12	16 ± 2.5	32-34	1100 ± 17	-	<i>N. incerta</i>	Rojo-Salazar (2002)
50 ± 8	16 ± 2.5	32-34	2190 ± 50	-	<i>N. incerta</i>	Rojo-Salazar (2002)
43.3 ± 3.0	17 ± 1	-	986 ± 70	<1	<i>N. incerta</i>	Miranda-Saucedo (2009)
13.4 ± 5.3	17 ± 1	-	1613 ± 105	<1	<i>N. incerta</i>	Miranda-Saucedo (2009)
19.0 ± 7.6	17 ± 1	-	1703 ± 201	<1	<i>N. incerta</i>	Miranda-Saucedo (2009)
50.24 ± 5	17.8 ± 0.2	30	1467 ± 41	1.5	<i>N. incerta</i>	Este estudio
20	17.8 ± 0.2	30	1895 ± 37 ; 1833 ± 69	1 y 2.5	<i>N. incerta</i>	Este estudio

10. LITERATURA CITADA

- Badillo, L., M. Segovia y R. Searcy-Bernal. 2007. Effect of two stocking densities on the growth and mortality of the pink abalone *Haliotis corrugata* in recirculating and flow-through systems. *Aquaculture* 26(3):801-807.
- Basuyaux O. y Mathieu M. 1998. Effects de la salinite sur la consommation alimentaire et su la croissance de l'oursin *Paracentrotus lividus* et de l'ormeau *Haliotis tuberculata* en élevage en circuit semi-fermé. *Bulletin de la Societe Zoologique de France* 123:141-150.
- Bonaldo, A., A. Badiani, S. Testi, G. Corso, A.L. Mordenti y P.P. Gatta. 2005. Use of centrifuged and preserved microalgae for feeding juvenile Manila clam (*Tapes philippinarum*): effects on growth and fatty acid composition. *Ital. J. Anim. Sci* 4:375-384.
- Capinpin, E.C. 2007. Feeding, growth, and survival of postlarval abalone *Haliotis asinina* on different benthic diatoms. *Science Diliman* 19(2): 49-59.
- Carbajal-Miranda, M.J., M.P. Sanchez-Saavedra y J. A. Simental-Trinidad. 2005. Effect of monospecific and mixed benthic diatom cultures on the growth of red abalone postlarvae *Haliotis rufescens*. *J. Shellfish Res.* 24(2):401-405.
- Chapela, A., A.F. González, E.G. Dawe, F.J. Rocha y A. Guerra. 2005. Growth of common octopus (*Octopus vulgaris*) in cages suspended from rafts. *Scientia Marina* 70(1): 121-129.
- Che-Huang, T. y A.C. Alfaro. 2011. Initial attachment, metamorphosis, settlement, and survival of black-footed abalone, *Haliotis iris*, on microalgal biofilms containing different amino acid compositions. *Journal of the world aquaculture society* 42(2):167-183.
- Chen, C., Y. Zhong, Y. Wu, H. Cai, C. Guo y L. Zheng. 2000. The effect of salinity on food intake, growth and survival of *Haliotis diversicolor supertexta*. *Journal of Fisheries China.* 24: 41-45.
- Cook, P.A., H.R. Gordon. 2010. World abalone supply, markets, and pricing. *J. Shellfish Res.* 29 (3):569–571.
- Correa-Reyes, J.G., M.P. Sánchez-Saavedra, M.T. Viana, N. Flores.Acevedo y C. Vásquez-Peláez. 2008. Effect of eight benthic diatoms as feed on the growth of red abalone (*Haliotis rufescens*) postlarvae. *J. Appl Phycol* 21(4):387–393.
- Daume, S., A. Krsinich, S. Farrell y M. Gervis. 2000. Settlement, early growth and survival of *Haliotis rubra* in response to different algal species. *Journal of Applied Phycology.* 12: 479-488.

- Daume, S. 2006. The roles of bacteria and micro and macro algae in abalone aquaculture: A review. *J. Shellfish Res.* 25(1): 151-157.
- Daume, S. y S. Ryan. 2006. Nursery culture of the abalone *Haliotis laevigata*: larval settlement and juvenile production using cultured algae or formulated feed. *J. Shellfish Res.* 23(4): 1019-1026.
- Day, R., P. Gilmour y S. Huchette. 2004. Effects of density and food supply on postlarval abalone: Behaviour, growth and mortality. *J. Shellfish Res.* 23: 1009-1018.
- Dyck, M., R. Roberts y A. Jeffs. 2011. Assessing alternative grazing-tolerant algae for nursery culture of abalone, *Haliotis iris*. *Aquaculture* 320:62-68.
- Durazo-Beltrán, E., M.T. Viana, L.R. D'Abramo, J.F. y J.F. Toro-Vazquez. 2004. Effects of starvation and dietary lipid on the lipid and fatty acid composition of muscle tissue of juvenile green abalone (*Haliotis fulgens*). *Aquaculture* 238: 329-341
- Edwards, S. 2003. Assessment of the physiological effect of altered salinity on greenlip (*Haliotis laevigata*) and blacklip (*Haliotis rubra*) abalone using respirometry. *Aquaculture Research* 34: 1361-1365.
- García-Esquivel, Z., S. Montes-Magallón y M.A. González-Gómez. 2007. Effect of temperature and photoperiod on the growth, feed consumption, and biochemical content of juvenile green abalone, *Haliotis fulgens*, fed on a balanced diet. *Aquaculture* 262:129-141.
- Gordon, N., A. Neori, M. Shpigel, J. Lee y S. Harpaz. 2006. Effect of diatom diets on growth and survival of the abalone *Haliotis discus hannai* postlarvae. *Aquaculture* 252: 225-233.
- Gorrostieta-Hurtado, E. y R. Searcy-Bernal. 2004. Combined effects of light condition (constant illumination or darkness) and diatom density on postlarval survival and growth of the abalone *Haliotis rufescens* postlarvae. *J. Shellfish Res.* 23(4):1001-1008.
- Gorrostieta-Hurtado, E., R. Searcy-Bernal, C. Anguiano-Beltrán, Z. García-Esquivel y E. Valenzuela-Espinoza. 2009. Efecto de la oscuridad sobre el desarrollo postlarval inicial del abulón *Haliotis corrugata* alimentado con diferentes densidades de diatomeas. *Ciencias Marinas* 35(1): 113-122.
- Guillard, R.R.L. 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. En: *Culture of marine invertebrates animals*. Smith, W. L. y M. H. Chanley (Editores). Plenum Publishing Corp. New York, 29-60 pp.

- Hahn, K.O. 1989. Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. CRC press Boca Raton, Florida. 348 pp.
- Helm, M.M. y N.Bourne. 2004. Hatchery culture of bivalves: a practical manual. FAO fisheries technical paper 471.
- Kawamura, T. 1996. The role of benthic diatoms in the early life stages of the Japanese abalone (*Haliotis discus hanna*). In: Y. Watanabe, Y. Yamashita and Y. Oozeki, editors. Survival strategies in early life stages of marine resource. Brookfield: Balkema. pp 355-367.
- Kawamura, T., R.D. Roberts y C.M. Nicholson. 1998. Factors affecting the food value of diatom strain for post-larval abalone *Haliotis iris*. Aquaculture 160: 81-88.
- Kawamura, T., R.D. Roberts y H. Takami. 1998. A review of the feeding and growth of postlarval abalone. J. Shellfish Res.17(3): 615-625.
- Kreeger, D.A. y C.J. Langdon. 1993. Effect of dietary protein content on growth of juvenile mussels, *Mytilus trossulus* (Gould 1850). Biol. Bull 185:123-139.
- Leighton, D.L.1974. The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of Southern California abalones. Fishery Bulletin 72(4): 1137-1145.
- Leighton, D.L.1989. Abalone (Genus *Haliotis*) mariculture on the North American Pacific coast. Fishery Bulletin 87(3): 689-702.
- Leighton, D.L. 2000. The biology and culture of the California abalones. Pittsburgh, Pennsylvania: Dorrance Publishing Co. 216 pp.
- McBride, S. C. 1998. Current status of abalone aquaculture in the Californias. J. Shellfish Res. 17:593-600.
- Meza-Tabares, S.O. en preparación. Alimentación intensiva de postlarvas de abulón (*Haliotis spp.*) en tres densidades de cultivo. Tesis de maestría. Posgrado en Oceanografía Costera. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C.
- Miranda-Saucedo, C.M. 2009. Sobrevivencia y crecimiento de postlarvas y juveniles de *Haliotis rufescens* (Swainson, 1822) con diferentes rutinas de alimentación con *Navícula incerta*. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, B.C.S. México. 56 pp.
- Muñoz-Castro, G. 2010. Crecimiento postlarval y juvenil de abulón rojo, *Haliotis rufescens*, en una granja comercial de Baja California, México. Tesis de

- Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 39 pp.
- Pérez-Sánchez, E. 2005. Sobrevivencia y crecimiento de postlarvas de abulón rojo *Haliotis rufescens* en una granja comercial. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 60 pp.
- Pruder, G.D. y E.T. Bolton. 1978. System configuration and performance: Bivalve Molluscan Mariculture. Proceeding of the Ninth Annual Meeting World Mariculture Society. p. 747-759.
- Roberts, R.D., T. Kawamura y C.M. Nicholson. 1999. Growth and survival of post-larval abalone (*Haliotis iris*) in relation to development and diatom diet. J. Shellfish Res. 18: 243-250.
- Rajo-Salazar, G. 2002. Supervivencia y crecimiento de poslarvas y juveniles de *Haliotis rufescens* (Swainson, 1822) alimentadas con diatomeas bentónicas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 87 pp.
- Rong-lian, X., W. Chang-hai, C. Xue-bin y C. Ya-qing. 2008. Settlement, growth and survival of abalone, *Haliotis discus hannai*, in response to eight monospecific benthic diatoms. J. Appl Phycol 20:47–53.
- Searcy-Bernal, R., A. E. Salas-Garza, R. A. Flores-Aguilar y P. R. Hinojosa-Rivera. 1992. Simultaneous comparison of methods for settlement and metamorphosis induction in the red abalone (*Haliotis rufescences*). Aquaculture 105:241-250.
- Searcy-Bernal, R. y C. Anguiano-Beltrán. 1998. Optimizing the concentration of gamma-aminobutyric acid (GABA) for inducing larval metamorphosis in red abalone *Haliotis rufescens* (Mollusca: Gastropoda). J. World Aquaculture Soc. 29:463–470.
- Searcy-Bernal, R., L.A. Vélez-Espino y C. Angiano-Beltrán. 2001. Effect of biofilm density on grazing and growth rates of *Haliotis fulgens* postlarvae. J. Shellfish Res. 20 (2): 587-591.
- Searcy-Bernal, R., C. Anguiano-Beltrán y A. Esparza-Hernández. 2003. The effect of irradiance on the survival and growth of abalone postlarvae *Haliotis fulgens* fed *Navicula incerta*. Aquaculture 228: 237-248.
- Searcy-Bernal, R. y E. Gorrostieta-Hurtado. 2007. Effect of darkness and water flow rate on survival, grazing and growth rates of abalone *Haliotis rufescens* postlarvae. J. Shellfish Res. 26(3):789-794.

- Searcy-Bernal, R., E. Pérez-Sánchez, C. Anguiano-Beltrán y R. Flores-Aguilar. 2007. Metamorphosis and postlarval growth of abalone *Haliotis rufescens* in a Mexican commercial hatchery. *J. Shellfish Res.* 26(3):783-787.
- Searcy-Bernal, R., M.R. Ramade-Villanueva y B. Altamira. 2010. Current status of abalone fisheries and culture in Mexico. *J. Shellfish Res.* 29(3):573-576.
- Sorokin, C. 1975. Dry weight, packed cell volume and optical density. In: Stein, J. R. (ed). *Handbook phycological methods. Culture Methods and growth measurements.* Cambridge University press. 321-343.
- Townend, J. 2002. *Practical statistics for environmental and biological scientists.* England. 276 pp.
- Troell M., D. Roberson-Andersson, R. J. Anderson, J. J. Bolton, G. Maneveldt, C. Halling y T. Probyn. 2006. Abalone farming in South Africa: an overview with perspectives on kelp resources, abalone feed, potential for onfarm seaweed production and socio-economic importance. *Aquaculture* (257): 266-281.
- Uriarte, I., R. Roberts y A. Farías. 2006. The effect of nitrate supplementation on the biochemical composition of benthic diatoms and the growth and survival of post-larval abalone. *Aquaculture* 261:423-429.
- Vélez-Espino, L.A. 1999. Determinación de tasas de pastoreo y crecimiento de postlarvas de abulón azul, *Haliotis fulgens*, en distintas densidades de la diatomea bentónica *Navícula incerta*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 79 pp.
- Viana-Altaro M.T. 2002. Avances en la nutrición digestiva y metabolismo del abulón. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún Quintana Roo, México.
- Viana M.T., Correa G., Lazo J.P., Frías-Díaz R., Durazo-Beltrán E., Vásquez-Peláez C. 2007. Digestive physiology and metabolism of green abalone *Haliotis fulgens* from postlarvae to juvenile, fed three different diatoms. *Aquaculture* 271:449-460.
- Watson, D., S. Daume., J. Prince., L. Beazley y B. Knott. 2004. The influence of light intensity on the density of different diatoms as feed for juvenile greenlip abalone (*Haliotis laevis*). *Aquaculture* 235: 345-359.
- Wen- Rong C., H. Chi-Yang y S. Shyn-Shin. 2010. Development of formulated diet for post-larval abalone, *Haliotis diversicolor supertexta*. *Aquaculture* 307:89-94.