

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



ALIMENTACIÓN INTENSIVA DE POSTLARVAS DE ABULÓN ROJO (*Haliotis*
rufescens) EN TRES DENSIDADES DE CULTIVO

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA

PRESENTA

SERGIO OLIVER MEZA TABARES

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO. OCTUBRE 2012

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos a pequeña escala (recipientes de 1 y 2 L) para determinar el efecto de la densidad de cultivo sobre la sobrevivencia y crecimiento de postlarvas de abulón rojo (*Haliotis rufescens*). En ambos experimentos se utilizó un diseño factorial en bloques aleatorios durante 54 y 77 días (ensayos 1 y 2, respectivamente). Se aplicaron dos rutinas de alimentación basadas en la edad y longitud de las postlarvas, las cuales establecieron el número de células de la diatomea *Navicula incerta* a inocular por postlarva por día. En el primer experimento los factores fueron la densidad de cultivo (1, 2 y 4 pl/cm²) y la rutina de alimentación (ración completa y media ración) con cuatro réplicas por tratamiento. En el segundo experimento los factores fueron la densidad (1.5, 3.5 y 5.5 pl/cm²) y la condición de flujo (flujo continuo a 60 ml/min y sin flujo) con tres réplicas. Se hicieron conteos semanales para determinar la sobrevivencia y se midieron 10 postlarvas por unidad experimental para determinar la longitud de la concha. En el primer experimento la sobrevivencia fue menor al 8% en todos los tratamientos. La sobrevivencia fue significativamente menor ($P < 0.05$) en la densidad alta que en la media durante todo el experimento y como consecuencia, esta última tuvo una mayor densidad al final. La tasa de crecimiento final fue mayor en la densidad baja con 59 $\mu\text{m/d}$ y menor en la densidad media con 50 $\mu\text{m/d}$ ($F = 5.307$, $P = 0.018$); mientras que el efecto de la ración alimenticia no fue significativo ($F = 3.581$, $P = 0.077$). En el segundo experimento la sobrevivencia fue mayor en condiciones estáticas (20 %), que con flujo continuo (1 %) ($F = 18.954$, $P = 0.001$). La tasa de crecimiento mayor se registró en la densidad baja (51 $\mu\text{m/d}$), la menor en la densidad media (42 $\mu\text{m/d}$) ($F = 15.873$, $P = 0.004$) y la condición de flujo no tuvo un efecto significativo ($F = 0.324$, $P = 0.590$). En el primer experimento la regresión lineal entre la tasa de crecimiento total y densidad postlarval fue significativa ($F = 28.681$, $P = 0.006$), a diferencia del segundo ensayo ($F = 0.521$, $P = 0.510$), en el que fue posible eliminar el problema de la denso-dependencia. Estos resultados sugieren que el cultivo de postlarvas de abulón con altas densidades y en condiciones estáticas se puede llevar a cabo con éxito sin comprometer la tasa de crecimiento, siempre y cuando se apliquen rutinas de alimentación adecuadas.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

ALIMENTACIÓN INTENSIVA DE POSTLARVAS DE ABULÓN ROJO (*Haliotis*
rufescens) EN TRES DENSIDADES DE CULTIVO

T E S I S

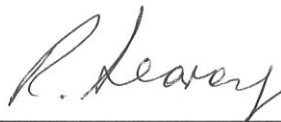
QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

SERGIO OLIVER MEZA TABARES

Aprobada por:



Dr. Ricardo Searcy Bernal
Director de tesis



Dr. Zaul García Ezquivel
Sinodal



Dra. Casandra Anguiano Beltrán
Sinodal

DEDICATORIA

A Dios

A mi esposa: Martha Karina Robles Adame

A mi hijo: Kinan Meza Robles

A mi madre: Carmen Tabares Vega

A mi padre: Esteban Meza Zamora

A mis hermanos: Esteban, Diego y Pamela.

A mi familia política: Sr. Antonio, Sra. Mari, Cesar y Sandra.

A mi Familia paterna: Tíos Irene, Rogelio, Javier, Lalo y Luis, mis primos Edgar, Oswaldo, Hugo, Lalo, Cesar, Adrián, Celia, Waldo, Carlos, Javier, Beatriz, Mónica, Alejandra, Monse, Mago.

A mi familia materna: Abuelo Manuel, tíos Ernesto, Guillermo, Lupe, Ana, Víctor, Juan Carlos, Adriana, Nohemí y Elizabeth, mis primos Memo, Juan Carlos, Tomas, Paulina, Hugo, Arturo, Carsi, Melina, Daniela, Samantha y Daniel.

A la familia que está en el cielo: Abuela Mago, Abuela Celia, Abuelo Roga, mis tíos Arturo, Paty, Juan Manuel y Yayo, y a mi primo Ricardo.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A mi director de tesis, Dr. Ricardo Searcy Bernal por haber creído en mí y por la gran amistad que me brindó desde que lo conocí, su enorme paciencia y su gran apoyo en los tres años que han transcurrido en la realización de la tesis.
- ❖ A mi comité de tesis integrado por el Dr. Zaul García Ezquivel, que con sus observaciones y comentarios acertados, hizo que el trabajo estuviera más completo. Y a la Dra. Casandra Anguiano Beltrán, gracias por su tiempo, enorme paciencia, consejos y sobre todo la cordial amistad que me brindó desde el primer día que la conocí.
- ❖ A la H. Comité de Posgrado en Oceanografía Costera de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC, por darme la oportunidad de seguir con mi formación y apoyarme en todo momento para que pudiera cumplir con el objetivo de obtener el grado de Maestro en Ciencias.
- ❖ Al Dr. Enrique Valenzuela del Laboratorio de Microalgas del I.I.O, gracias por su apoyo al otorgarnos las cepas de microalgas necesarias para la realización de los experimentos.

- ❖ Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me otorgaron con una beca económica que me ayudo a solventar los gastos durante la realización de la tesis. .
- ❖ A la empresa Productores Marinos Baja S. A. de C. V. y a la empresa Abulones Cultivados S. R. L. de C. V., gracias por haberme facilitado las larvas para este trabajo.
- ❖ Al Ing. Benito Altamira y al Ocean. Noé García, gracias por su apoyo incondicional al darme tiempo suficiente para poder culminar este trabajo.
- ❖ A todos los investigadores del Instituto de Investigaciones Oceanológicas y del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, que me apoyaron y ayudaron en mi formación durante todos los cursos que tomé en el transcurso de la realización de la tesis.
- ❖ A mis amigos Carlos, Piña, Nevía, Daniela, Orlando, Jaky, Omar, Gilberto, Paty, gracias por su gran amistad y apoyo incondicional en todo momento.

- ❖ A la familia Clements, gracias por su gran amistad y apoyo incondicional.

- ❖ A mi familia, comandada por mi esposa Martha y mi hijo Kinan, mi madre, mi padre y mis hermanos, gracias por su amor y apoyo incondicional.

- ❖ A mis suegros la Sra. Mari y el Sr. Antonio, gracias por estar siempre con nosotros y apoyarnos en todo momento.

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Antecedentes	6
1.3. Objetivos	14
1.3.1. General	14
1.3.2. Específicos	14
2. METODOS	15
2.1. Generalidades	15
2.1.1. Origen de los organismos	15
2.1.2. Mantenimiento de las larvas y proceso de fijación	16
2.1.3. Cultivo de <i>Navicula incerta</i>	19
2.2. Descripción de los diseños experimentales	20
2.3. Rutinas de alimentación utilizadas	25
2.4. Procesamiento de datos	29
3. RESULTADOS	31
3.1. Primer ensayo experimental	31
3.1.1. Sobrevivencia	31
3.1.2. Longitud	36
3.1.3. Tasa de crecimiento	41
3.1.4. Relación de la tasa de crecimiento con la densidad	46

3.1.5. Parámetros ambientales	50
3.2. Segundo ensayo experimental	51
3.2.1. Supervivencia	51
3.2.2. Longitud	57
3.2.3. Tasa de crecimiento	62
3.2.4. Relación tasa de crecimiento con la densidad	68
3.2.5. Parámetros ambientales	72
4. DISCUSION	74
4.1. Efecto de la densidad postlarval	74
4.1.2. Efecto de la densidad postlarval en la supervivencia	74
4.1.2. Efecto de la densidad postlarval en el crecimiento	75
4.2. Efecto del flujo (experimento 2)	78
4.2.1. Efecto del flujo en la supervivencia	78
4.2.2. Efecto del flujo en el crecimiento	79
4.3. Efecto de la rutina alimenticia	80
4.3.1. Dieta completa vs dieta media (experimento 1)	80
4.3.2. Rutina basada en la edad o longitud	80
4.4. Efecto de las diatomeas en el oxígeno y pH	82
5. CONCLUSIONES	84
6. RECOMENDACIONES	85
7. LITERATURA CITADA	86
8. ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla I. Datos adquiridos de Miranda-Saucedo 2009, con los que se realizaron las rutinas de alimentación.	25
Tabla II. Ración alimenticia basada en la edad de las postlarvas.	28
Tabla III. Ración alimenticia basada en la longitud de las postlarvas.	28
Tabla IV. Promedios ($\pm$ E. E.) del porcentaje de sobrevivencia de cada densidad y de cada dieta utilizada en el primer experimento	34
Tabla V. Resultados de las pruebas de ANOVA con porcentajes transformados para los datos de sobrevivencia de postlarvas de abulón rojo alimentadas con dos rutinas de <i>N. incerta</i> durante el primer ensayo.	35
Tabla VI. Promedios ($\pm$ E. E.) de la longitud de cada densidad y de cada dieta utilizada en el primer experimento.	39
Tabla VII. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de las longitudes (μm) del primer ensayo.	40
Tabla VIII. Promedios ($\pm$ E. E.) de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{d}$) de cada densidad y de cada dieta utilizada en el primer experimento.	44
Tabla IX. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{d}$) durante el primer ensayo experimental.	45
Tabla X. Promedios ($\pm$ E. E.) de la sobrevivencia (%) para cada densidad y cada condición de flujo utilizadas en el segundo experimento.	55
Tabla XI. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos transformados de la sobrevivencia en el segundo ensayo experimental.	56
Tabla XII. Promedios ($\pm$ E. E.) de la longitud (μm) para cada densidad y cada condición de flujo utilizados en el segundo experimento.	60

Tabla XIII. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de la longitud (μm) durante el segundo ensayo experimental.	61
Tabla XIV. Promedios ($\pm$ E. E.) de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{d}$) para cada densidad y cada condición de flujo utilizados en el segundo experimento.	65
Tabla XV. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{d}$) durante el segundo ensayo experimental.	66
Tabla XVI. Comparación de la tasa de crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de abulón rojo registradas en la literatura consultada a escala experimental y escala comercial (*).	77
Tabla XVII. Porcentaje promedio ($\pm$ E.E) de sobrevivencia de postlarvas de abulón <i>Haliotis rufescens</i> en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con <i>N. incerta</i> durante el primer ensayo experimental.	91
Tabla XVIII. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos transformados de sobrevivencia durante el primer ensayo experimental.	92
Tabla XIX. Longitud promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón <i>H. rufescens</i> durante el primer ensayo experimental en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con <i>N. incerta</i> .	93
Tabla XX. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos la longitud durante el primer ensayo experimental.	94
Tabla XXI. Tasa de crecimiento promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón <i>H. rufescens</i> en tres densidades de cultivo y dos rutinas de alimentación con <i>N. Incerta</i> durante el primer ensayo experimental.	95
Tabla XXII. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos de la tasa de crecimiento durante el primer ensayo experimental.	96
Tabla XXIII. Análisis de regresión para la relación densidad-tasa de crecimiento del primer experimento.	97

Tabla XXIV. Supervivencia promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón <i>H. rufescens</i> durante el segundo ensayo experimental en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo, alimentadas con <i>N. incerta</i> .	98
Tabla XXV. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos la supervivencia del segundo ensayo experimental.	99
Tabla XXVI. Longitud promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón <i>H. rufescens</i> en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo alimentadas con <i>N. incerta</i> durante el segundo ensayo experimental.	100
Tabla XXVII. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos de la longitud del segundo ensayo experimental.	101
Tabla XXVIII. Tasa de crecimiento promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón <i>H. rufescens</i> en tres densidades y dos condiciones de cultivo alimentadas con <i>N. incerta</i> durante el segundo ensayo experimental.	102
Tabla XXIX. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos de la tasa de crecimiento durante el segundo ensayo experimental.	103
Tabla XXX. Análisis de regresión para la relación densidad-tasa de crecimiento del segundo ensayo experimental.	104

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Índice de Alimento Disponible (IAD) y tasa de crecimiento de postlarvas de abulón rojo en diferentes rutinas de alimentación con <i>N. incerta</i> durante las semanas 3-5 de edad postlarval (Miranda-Saucedo, 2009).	11
Figura 2. Sistema de suministro de agua de mar. A) Filtro de 20 mm, B) Reservorio de agua de mar de 50L, C) filtros de 1µm; D) E) lámpara de luz ultravioleta, E) salida de agua para cultivo de diatomea F) salida de agua para tratamientos.	17
Figura 3. Diagrama del diseño experimental del primer ensayo donde se observa el orden de las unidades experimentales con las rutinas de alimentación y densidades (AC = densidad alta con dieta completa, AM = densidad alta con dieta a la mitad, MC = Densidad media con dieta completa, MM = Densidad media con dieta a la mitad, BC = Densidad baja con dieta completa y BM = Densidad baja con dieta a la mitad.	21
Figura 4. Diagrama del diseño experimental del segundo ensayo donde se observa el orden de las unidades experimentales con los dos sistemas de flujo y densidades (AC= densidad alta con flujo, AS= densidad alta sin flujo, MC= densidad media con flujo, MS= densidad media sin flujo, BC = densidad baja con flujo y BS= densidad baja sin flujo.	23
Figura 5. A) Regresión no lineal que determinó el esquema de alimentación basado en la edad de las postlarvas. B) Regresión no lineal que determinó el esquema de alimentación basado en la longitud de las postlarvas.	26
Figura 6. Sobrevivencia (media ± error estándar) de postlarvas de <i>H. rufescens</i> , en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con <i>N. incerta</i> durante el primer ensayo experimental. El tiempo en días se refiere a la edad de las postlarvas.	33
Figura 7. Longitud promedio de postlarvas de <i>H. rufescens</i> durante el primer ensayo, en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con <i>N. incerta</i> en el primer ensayo experimental durante 69 días de cultivo. (Media ± error estándar representado con las barras verticales).	38

- Figura 8. Tasa de crecimiento en postlarvas de *H. rufescens* en tres densidades de cultivo y dos rutinas de alimentación con *N. incerta* en el primer ensayo experimental durante 69 días de cultivo. Cada punto señala la tasa de crecimiento entre ese día y el del muestreo anterior. (Media $\pm$ error estándar representado con las barras verticales). 43
- Figura 9. Relación tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2): A) Primer semana del experimento de los 15 a los 21 días de edad. B) Segunda semana del experimento de los 21 a 28 días de edad. C) Tercera semana del experimento de los 28 a 35 días de edad. D) Cuarta semana del experimento de los 35 a 42 días de edad. 47
- Figura 10. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2) A) quinta semana del experimento de los 42 a 49 días de edad. B) sexta semana del experimento de los 49 a 56 días de edad. C) séptima semana del experimento de los 56 a 62 días de edad. D) octava semana del experimento de los 62 a 69 días de edad. 48
- Figura 11. Relación de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarva (pl/cm^2) por fases. A) Fase 1 (15-49 días), B) Fase dos (49-69 días), C) Relación total (15-69 días). 49
- Figura 12. Registro de parámetros ambientales durante el desarrollo del primer ensayo experimental. A) Temperatura, B) intensidad de luz. 50
- Figura 13. Supervivencia (media $\pm$ error estándar) de postlarvas de *H. rufescens* en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo alimentadas con *N. incerta* en el segundo ensayo experimental. El tiempo en días se refiere a la edad de las postlarvas. 54
- Figura 14. Longitud promedio de postlarvas de *Haliotis rufescens* en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo alimentadas con *N. incerta* en el segundo ensayo experimental durante 84 días de cultivo. (Media $\pm$ error estándar representado con las barras verticales). 59

- Figura 15. Tasa de crecimiento en postlarvas de *Haliotis rufescens* en tres densidades y dos condiciones de flujo alimentadas con *N. incerta* durante el segundo ensayo experimental. Cada punto señala la tasa de crecimiento entre ese día y el anterior. (Media $\pm$ error estándar representado con las barras verticales). 64
- Figura 16. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2) del segundo ensayo experimental. A) primera semana de los 6 a los 14 días de edad. B) segunda semana de los 14 a los 21 días de edad. C) tercera semana de los 21 a los 28 días de edad. D) cuarta semana de los 28 a los 35 días de edad. 68
- Figura 17. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2) del segundo ensayo experimental. A) quinta semana de los 35 a los 42 días de edad. B) sexta semana de los 42 a los 49 días de edad. C) séptima semana de los 49 a los 56 días de edad. D) octava semana de los 56 a los 63 días de edad. 69
- Figura 18. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2) en el segundo ensayo experimental. A) novena semana de los 63 a los 70 días de edad. B) decima semana de los 70 a los 77 días de edad. C) onceava semana de los 77 a los 84 días de edad. 70
- Figura 19. Tasa de crecimiento total ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarva (pl/cm^2) por fases. A) Fase 1 (6-56 días), B) fase 2 (56-84 días), C) fase total (6-84 días). 71
- Figura 20. Parámetros ambientales registrados durante el desarrollo del ensayo experimental. A) Registros de la temperatura del ambiente y del agua. B) Registros de la intensidad luminosa. C) registros del oxígeno disuelto. D) Registros del pH. En los registros de oxígeno disuelto y pH los símbolos utilizados significan lo siguiente: C/F A: sistema de flujo abierto y registro antes de alimentar a las postlarvas. C/F D: sistema de flujo abierto y registro después de alimentar a las postlarvas. S/F A: sistema de flujo cerrado y registro antes de alimentar a las postlarvas. S/F D: sistema de flujo cerrado y registro después de alimentar a las postlarvas. 73

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Generalidades

Los abulones son organismos herbívoros que habitan en cuevas, grietas o refugios entre rocas donde pueden encontrar protección contra los depredadores (Hahn, 1989). Sus poblaciones se distribuyen en agregaciones las cuales están ligadas a la heterogeneidad de sustratos y a la discontinuidad de los mantos de macroalgas, así como la capacidad de dispersión de las larvas (Ponce-Díaz *et al.*, 2003).

Existen aproximadamente 100 especies de abulón en el mundo que pertenecen al género *Haliotis* spp. De estas, sólo diez tienen una importancia comercial a nivel mundial (Hahn, 1989). Debido a la importancia económica del abulón como recurso pesquero por su alto precio en el mercado internacional y a la sobre explotación de la que ha sido objeto, la mayoría de los países que lo extraen han dedicado un gran esfuerzo a promover su cultivo (Hahn, 1989; Kawamura *et al.*, 1998; Leighton, 2000; Searcy-Bernal *et al.*, 2010a).

En México son seis las especies comerciales de abulón, con una distribución comprendida desde la frontera sur de Estados Unidos de América hasta el Estero El Conejo en Baja California Sur, México (Pérez-Muñoz, 1995; Ponce-Díaz *et al.*, 2000). Entre éstas destacan el abulón rojo, (*Haliotis rufescens*), que es cultivado en granjas privadas en el norte de la península de Baja California y el abulón azul (*Haliotis fulgens*) que es la base principal de la pesquería y de

actividades de repoblamiento en la parte central de esa península (Searcy-Bernal *et al.*, 2010b).

Estos gasterópodos son dioicos y producen gran cantidad de huevos durante el desove (de 0.5 a 3 millones por hembra). La fecundación es externa y después de 4 a 15 días la larva veliger se encuentra competente para la metamorfosis e inicia la exploración del fondo marino. (SEPESCA, 1994; Searcy-Bernal y Gorrostieta-Hurtado, 2007). Después de la metamorfosis inician su vida bentónica como postlarva, la cual continúa hasta la formación del primer poro respiratorio, que ocurre entre uno y tres meses de edad, lo que marca el inicio del estadio juvenil (Hahn 1989; Leighton, 2000).

El abulón en la etapa postlarval tiene un tamaño que inicia con ~250 μm y finaliza cuando tienen aproximadamente 2,500 μm , por lo que usualmente viven dentro de la capa límite. La capa límite puede definirse como la interface entre un sólido y un fluido, y tiene un espesor de unos cuantos micrómetros a varios milímetros (Searcy Bernal, 1996; Gorrostieta-Hurtado, 2005). Ya sea en el fondo marino o en los recipientes donde se cultivan las postlarvas, los abulones se alimentan de la biopelícula que cubre el fondo del área donde reptan, que se compone de microorganismos (diatomeas y bacterias principalmente) (Roberts *et al.*, 2000).

En Baja California el abulón es un recurso de gran importancia económica debido a la gran demanda y su alto precio en el mercado internacional, su alta capacidad de exportación y generación de empleos; constituye una de las

actividades pesqueras más importantes de la costa occidental de la península de Baja California, desde la frontera con Estados Unidos de América, hasta Isla Margarita, Baja California Sur (Guzmán-Del Proó, 1992).

A partir de los años 70's se comenzaron a hacer esfuerzos orientados al cultivo de este molusco, pero fue hasta la década siguiente cuando estos esfuerzos retomaron mayor fuerza (Salas-Garza y Searcy-Bernal, 1992). En 1984, se inició en México la operación de dos laboratorios para producción de semilla destinada al repoblamiento natural en el ejido Eréndira, B.C. y Bahía Tortugas, B.C.S. A partir de 1985, el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la Universidad Autónoma de Baja California (U.A.B.C) inició estudios para mejorar las técnicas de cultivo en laboratorio y campo (Searcy-Bernal *et al.*, 1988). A raíz de dichos estudios se desarrolló un experimento de escala piloto-comercial en la Isla de Todos Santos, B.C., que dio lugar al primer proyecto a nivel comercial en 1993 con la formación de la empresa Abulones Cultivados S. de R.L. de C.V., que actualmente desarrolla todas las fases de producción en el cultivo de abulón rojo en el ejido Eréndira (Pérez-Muñoz, 1995; Searcy Bernal *et al.*, 2010a).

En la actualidad existen en el país cuatro empresas privadas cuyo objetivo es el cultivo de abulón hasta longitud comercial (> 7 cm) y seis laboratorios del sector cooperativo que realizan producción y siembra de larva y semilla con el fin de repoblar bancos naturales (Searcy-Bernal *et al.*, 2010b).

Hasta hoy las técnicas convencionales de cultivo son muy eficientes y la sobrevivencia larval es normalmente superior al 80%. Sin embargo, durante la inducción de la metamorfosis (fijación) y los primeros meses de vida bentónica es frecuente una mortalidad masiva que resulta en una sobrevivencia menor al 5% (Searcy-Bernal *et al.*, 1992). Esta mortalidad puede deberse a la falta o exceso de alimento en los sistemas de cultivo (Martínez-Ponce y Searcy-Bernal, 1998) y a otros factores como la presencia de protozoarios, tratamiento inadecuado del agua de mar que entra en el sistema de cultivo y otras variables ecológicas (Hahn, 1989; Kawamura *et al.*, 1998; Roberts *et al.*, 1999, Leighton, 2000). Los abulones que logran pasar esta etapa, alcanzan sobrevivencias posteriores que pueden superar el 90 % (Ebert y Houk, 1984; Hahn, 1989; Hone *et al.*, 1997; Leighton, 2000).

Dentro de las técnicas de cultivo, la producción de semilla (abulones juveniles) es fundamental, por lo que los factores que influyen en la mortalidad y crecimiento en esta etapa deben ser entendidos claramente (Hahn, 1989). La producción de semilla de abulón inicia con la inducción al desove (métodos químicos y físicos), y posteriormente el cultivo de larvas (4 a 7 días) en flujo continuo o con recambios de agua, durante el cual no se requiere proporcionar alimento ya que las larvas son lecitotróficas. En la mayoría de las granjas de Baja California, las larvas son inducidas a la metamorfosis en tanques circulares con un área aproximada de 20,000 cm² y con un volumen de 200 litros de agua de mar a una densidad de fijación de 1 a 2 larvas cm² (Muñoz-

Castro, 2010), previamente colonizados por diatomeas, para posteriormente utilizar el ácido gamma-aminobutírico (GABA) como inductor y manteniendo cerrado el flujo de agua por 24- 48 horas. Durante la metamorfosis las larvas pierden el velum, secretan una nueva concha peristomal y desarrollan su sistema digestivo para permitir la alimentación exógena a base de bacterias, diatomeas y otros microorganismos (Hahn, 1989; Salas-Garza *et al.*, 1992; Kawamura *et al.*, 1998). Después de la fijación se abre el flujo de agua de mar a los tanques, se colocan piedras de aireación y se les proporciona alimento a las postlarvas a base de diatomeas. Después de alcanzar una longitud aproximada de 6-8 mm, se realiza la transición a la dieta con macroalgas (principalmente *Macrocystis pyrifera*) hasta llegar a la longitud de semilla (de 15 a 30 mm). Posteriormente los abulones continúan con alimentación de macroalgas y se colocan en tanques para la engorda donde permanecen de 3 a 4 años, hasta alcanzar la longitud comercial (de 80 a 100 mm de longitud) (Pérez-Muñoz, 1995).

1.2. Antecedentes

Los factores ambientales como la temperatura, el oxígeno, la luz, pH y el flujo de agua influyen en la sobrevivencia y crecimiento de abulón en sus diferentes etapas de vida (Searcy-Bernal, 1998; Gorrostieta-Hurtado, 2005; Watson *et al.*, 2004; Roberts *et al.*, 2007, Zippay y Hofmann, 2010, Crim *et al.*, 2011). Estos factores influyen en la estructura de la comunidad de microorganismos presentes en el cultivo, la tasa de alimentación, el consumo de oxígeno y el comportamiento de los abulones cultivados, entre otras respuestas ecológicas y fisiológicas (Gorrostieta-Hurtado, 2005).

El cultivo durante la etapa postlarval en diferentes países ha recibido un creciente esfuerzo de investigación que apunta hacia la optimización de la sobrevivencia y crecimiento (Searcy-Bernal, 1996; Roberts *et al.*, 1999; Leighton, 2000; Searcy-Bernal *et al.*, 2001; Searcy-Bernal y Gorrostieta-Hurtado, 2007; Viana *et al.*, 2007).

La mayoría de los autores señalan que densidades altas de postlarvas al inicio del cultivo, producen un efecto negativo en la sobrevivencia y el crecimiento que puede estar asociado a la competencia por alimento y espacio (Daume *et al.*, 2004; Day *et al.*, 2004, Huchette *et al.*, 2003; Miranda-Saucedo, 2009), la proliferación de agentes patógenos como protozoarios, virus o bacterias (Anguiano-Beltrán *et al.*, 1998) o a niveles extremos de oxígeno en la capa límite del sustrato (Searcy-Bernal, 1996) debido al exceso de diatomeas.

La dieta convencional para postlarvas de abulón es a base de diatomeas bentónicas (Kawamura *et al.*, 1998; Searcy-Bernal *et al.*, 2001, Gorrostieta-Hurtado, 2005; Watson *et al.*, 2005; Miranda-Saucedo, 2009), aunque recientemente se han estado probando otras alternativas como las dietas artificiales (Stott *et al.*, 2004a; Wen-Rong *et al.*, 2010) y gametofitos de macroalgas cafés (Toshihiro *et al.*, 2011).

Las diatomeas bentónicas son consideradas la fuente principal de alimento para las etapas tempranas de abulón y los rangos de crecimiento de las postlarvas y juveniles se ven influenciados por la especie de diatomea, su disponibilidad, valor nutricional, ingestión y digestibilidad de las diatomeas (Kawamura *et al.*, 1998; Searcy-Bernal *et al.*, 2001). Además de la importancia de las diatomeas como primera fuente de alimento para postlarvas, también se ha documentado que el material extracelular producido por estas microalgas constituye una fuente alterna de alimento para abulones menores de 800 μm de longitud (Kawamura *et al.*, 1998). Las diatomeas que se utilizan para alimentar a los abulones durante las primeras etapas de su desarrollo en las granjas mexicanas incluyen especies de la región como *Navicula incerta*, *Nitzschia spp.* y *Cocconeis spp.* (Ponce-Díaz *et al.*, 2003).

La diatomea bentónica *N. incerta*, aislada de aguas adyacentes a la UABC en Ensenada, reúne las características adecuadas para alimentar postlarvas de abulón en sus primeros meses de vida (Martínez-Ponce y Searcy-Bernal, 1998; Miranda-Saucedo, 2009), ya que puede alcanzar hasta 35 % de

proteínas, 13 % de carbohidratos y 15 % de lípidos (Correa-Reyes *et al.* 2001) y se utiliza en granjas nacionales y del extranjero.

Existe muy poca información relacionada con los requerimientos de diatomeas para producir un crecimiento óptimo de las postlarvas en sistemas de cultivo y la práctica que se sigue normalmente en las granjas es el agregar diatomeas (naturales o cultivadas) ocasionalmente durante el ciclo de producción, cuando el técnico “considera” que hacen falta. Es decir, no existen rutinas de alimentación cuantitativas que especifiquen la cantidad de diatomeas y la periodicidad de su aplicación para optimizar el crecimiento de las postlarvas en función de su etapa de desarrollo y densidad de cultivo.

Las diatomeas deben estar disponibles en cantidades suficientes para optimizar el crecimiento de las postlarvas de abulón, pero densidades muy altas pueden tener un impacto negativo en el crecimiento de las postlarvas debido a concentraciones de oxígeno extremas y otras condiciones ecológicas adversas (Searcy-Bernal, 1996).

Las tasas de crecimiento y los factores que lo afectan son probablemente el elemento de mayor importancia económica en el cultivo de abulón, ya que los costos disminuyen mientras mayor es la tasa de crecimiento (Hahn, 1989; Badillo-Sotelo, 2002).

La densidad de cultivo postlarval es otro elemento importante en el rendimiento productivo. Generalmente esta fase se inicia en las granjas locales con una densidad de 1 a 2 postlarva/cm². Densidades altas normalmente disminuyen

las tasas de crecimiento (Miranda-Saucedo, 2009), pero algunas pruebas preliminares sugieren que se podrían cultivar postlarvas en densidades altas con una buena tasa de crecimiento, si se proporciona alimento suficiente a través de rutinas intensivas de alimentación (datos no publicados).

La base para el establecimiento de rutinas de alimentación postlarval del abulón son los estudios sobre tasas de pastoreo que se encuentran relacionadas con la edad de la postlarva. En general, la actividad de pastoreo es mínima durante la primera semana de vida y se incrementa exponencialmente después de la segunda semana posterior al asentamiento (Kawamura *et al.*, 1998; Martínez-Ponce y Searcy-Bernal, 1998; Searcy-Bernal *et al.*, 2001; Searcy-Bernal y Gorrostieta-Hurtado, 2007).

Con base en estudios de tasas de pastoreo (Martínez-Ponce y Searcy-Bernal, 1998; Searcy-Bernal *et al.*, 2001) se estableció una rutina de alimentación con *N. incerta* que se aplicó satisfactoriamente en un experimento en condiciones estáticas en recipientes de 10 ml (Rojo-Salazar, 2002), que difieren de las condiciones de flujo continuo del cultivo comercial.

Con base en el trabajo anterior, Miranda-Saucedo (2009) realizó un experimento con varias rutinas de alimentación intensivas a una escala mayor (2 L con un área total de 750 cm²) y en condiciones de cultivo sin y con flujo de agua para edades de postlarvas de 3 a 79 días. En ese trabajo se calculó un índice de alimento disponible (IAD) de la siguiente manera:

- Se estimó el total de diatomeas inoculadas durante periodos de dos semanas.
- A este total expresado por cm^2 , se le sumó la densidad de diatomeas al inicio del periodo.
- Esta suma se dividió entre la densidad promedio de postlarvas durante el periodo.
- El resultado se dividió entre el número de días del periodo.

Este procedimiento se puede resumir con la siguiente fórmula:

$$\text{IAD (cel/pl/d)} = \frac{\frac{\text{inóculos (Cel)}}{750 \text{ cm}^2} + \text{densidad de diatomea inicial}(\frac{\text{cel}}{\text{cm}^2})}{\left(\text{densidad promedio de } \frac{\text{pl}}{\text{cm}^2}\right)(\text{No. de días del periodo})}$$

Este índice estimó la disponibilidad promedio de diatomeas por postlarva por día para diferentes etapas de desarrollo postlarval durante ese experimento. Al comparar este índice con las tasas de crecimiento por periodo, se sugiere que existe un límite de asimilación del alimento por parte de las postlarvas después del cual el incremento del crecimiento es mínimo como se puede observar en la figura 1.

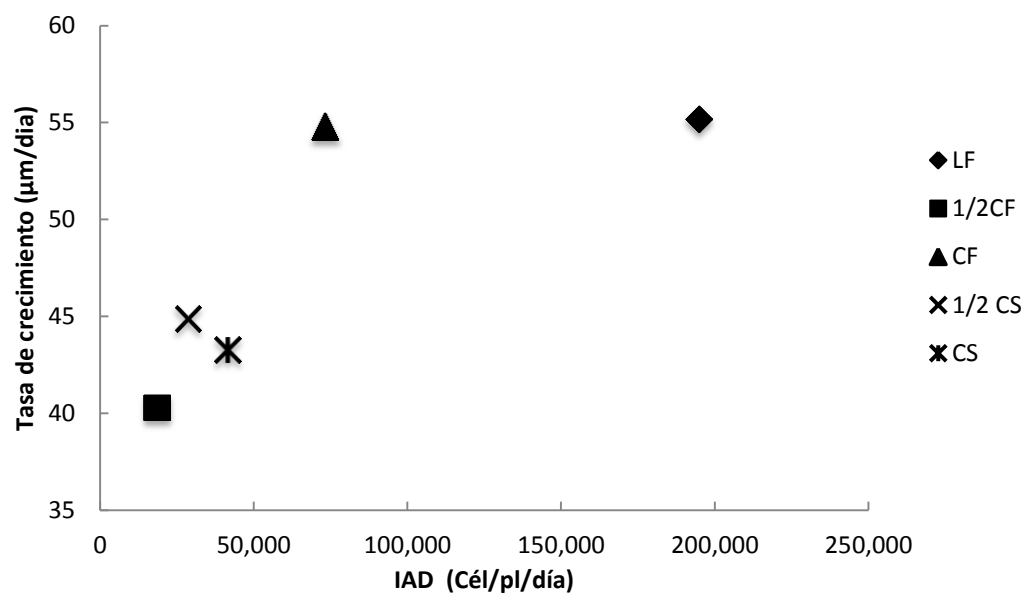


Figura 1. Índice de Alimento Disponible (IAD) y tasa de crecimiento de postlarvas de abulón rojo en diferentes rutinas de alimentación con *N. incerta* durante las semanas 3-5 de edad postlarval (Miranda-Saucedo, 2009).

En lo que se refiere al efecto de flujo sobre la sobrevivencia postlarval, diversos estudios recientes sugieren que las condiciones estáticas pueden mejorar la sobrevivencia, aunque en ocasiones a costa de un crecimiento menor. Searcy-Bernal y Gorrostieta-Hurtado (2007) en un estudio de 44 días, reportaron una sobrevivencia del 80% y una tasa de crecimiento de 36 $\mu\text{m}/\text{d}$, en condiciones sin flujo, mientras que en condiciones de flujo continuo la sobrevivencia fue de 62-73 % y la tasa de crecimiento fue de 31-33 $\mu\text{m}/\text{d}$. Miranda-Saucedo (2009) reportó sobrevivencias del 40-45 % y una tasa de crecimiento de 23-25 $\mu\text{m}/\text{d}$, en condiciones estáticas, mientras que con flujo continuo la sobrevivencia fue de 3-6 % y la tasa de crecimiento de 53-67 $\mu\text{m}/\text{d}$. Recientemente Anguiano-Beltrán y Searcy-Bernal, (aceptado) encontraron en condiciones de flujo estático una sobrevivencia del 68 % y una tasa de crecimiento de 44-47 $\mu\text{m}/\text{d}$, mientras que con flujo continuo la sobrevivencia fue de 26 % y la tasa de crecimiento fue de 61.6 $\mu\text{m}/\text{d}$, lo cual probablemente refleja una dependencia del crecimiento con la densidad. En estos tres estudios los tratamientos con flujo estático fueron suministrados con aireación, pero también el cultivo de postlarvas de abulón ha sido exitoso incluso sin aireación en otros experimentos (Dr. Enrique Valenzuela, Instituto de Investigaciones Oceanológicas UABC, com. pers.).

En el presente estudio se hicieron dos ensayos en los que se utilizaron dos rutinas de alimentación con *N. incerta*, diseñadas con los valores asintóticos del IAD de Miranda-Saucedo (2009) para diferentes etapas de desarrollo. La

primer rutina se basó en la edad y la segunda en la longitud de las postlarvas. En el primer ensayo se probó una rutina en base a la edad y otra correspondiente a la mitad de la anterior para comparar el posible costo de un crecimiento menor contra el beneficio de una rutina menos intensiva de alimentación. En el segundo ensayo se probó la rutina en base a la longitud en condiciones sin flujo y con flujo de agua de mar que emularon las tasas de recambio de granjas locales. Estos ensayos se realizaron en densidades postlarvales similares y superiores a las utilizadas normalmente en granjas locales.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Evaluar y comparar el efecto de diferentes rutinas intensivas de alimentación con *N. incerta* en la sobrevivencia y crecimiento de postlarvas de abulón rojo *Haliotis rufescens* en distintas densidades de cultivo.

1.3.2. Específicos

- Evaluar el efecto de la densidad postlarval en la sobrevivencia y crecimiento de postlarvas de abulón rojo, utilizando dos rutinas de alimentación con *N. incerta* basadas en la edad postlarval.
- Evaluar el efecto de la densidad postlarval en la sobrevivencia y crecimiento de postlarvas de abulón rojo, utilizando una rutina de alimentación con *N. incerta* basada en la longitud postlarval, en condiciones estáticas y con flujo continuo de agua de mar.

2. MÉTODOS

2.1. Generalidades

Se realizaron dos experimentos en los periodos de Noviembre a Diciembre del 2010 y de Abril a Julio del 2011, en los laboratorios de bioensayos 5 y 6 del edificio de Acuacultura del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC, ubicado en la ciudad de Ensenada Baja California.

2.1.1. Origen de los organismos

Para el primer experimento las larvas de abulón rojo (*Haliotis rufescens*), fueron proporcionadas por la empresa Abulones Cultivados S. R. L. de C. V., ubicada en el Ejido Eréndira a 100 Km al sur del puerto de Ensenada, B. C. El desove se llevó a cabo el 25 de Octubre del 2010. En total se utilizaron 20 machos y 60 hembras y la temperatura fue de 15° C. Un total de 100,000 larvas de 4 días de edad fueron trasladadas hacia el Instituto de Investigaciones Oceanológicas en una cubeta con un volumen de 20 litros de agua de mar filtrada a una temperatura de 20 °C.

En el segundo experimento, las larvas provinieron de la empresa Productores Marinos Baja S.A. de C. V., ubicada en el Ejido Eréndira a 100 Km al sur del puerto de Ensenada, B. C. El desove se llevó a cabo el día 4 de Abril del 2011 a una temperatura de 14° C y se utilizaron en total 20 machos y 80 hembras. En total fueron trasladados 250,000 embriones en cuatro recipientes de plástico con un volumen de cuatro litros de agua de mar filtrada a una temperatura de 18°C.

En las dos ocasiones se agregó cloranfenicol como antibiótico a una concentración de 10 mg L^{-1} para evitar la proliferación de bacterias durante el transporte y hasta iniciar los ensayos experimentales.

2.1.2. Mantenimiento de las larvas y proceso de fijación.

En el laboratorio, en la etapa anterior a los dos ensayos experimentales, las larvas y embriones se colocaron en cubetas que contenían 15 L de agua de mar filtrada e irradiada por luz ultravioleta a una temperatura de 17°C . Se les hizo cambio de agua diario y se agregó cloranfenicol como antibiótico a una concentración de 10 mg L^{-1} . Los organismos se estuvieron observando al microscopio durante el desarrollo larval, hasta la aparición de 3 a 4 ramificaciones de los tentáculos cefálicos aunada a una baja actividad de nado con aglomeraciones en el fondo, lo que determinó que las larvas estaban competentes para la metamorfosis, entre los días 6 y 7 después de la fertilización.

Los experimentos fueron llevados a cabo en recipientes de plástico (unidades experimentales) con capacidad de 2 L ($14 \times 14 \times 13 \text{ cm}$, 196 cm^2 de área de fondo y 750 cm^2 de área total), en el primer ensayo, y de 1 L ($14 \times 14 \times 7 \text{ cm}$, 196 cm^2 de área de fondo y 460 cm^2 de área total) en el segundo. Se suministró agua de mar filtrada a $1 \mu\text{m}$, dentro de un laboratorio con una temperatura constante de $17 \pm 1^{\circ} \text{C}$.

El sistema de suministro de agua a las unidades experimentales incluyó un filtro de cartucho de $20 \mu\text{m}$, un reservorio principal de 50 L, así como dos

filtros de $1\mu\text{m}$ y una lámpara de luz ultravioleta (utilizada sólo en el cultivo de larvas y diatomeas) (Figura 2).

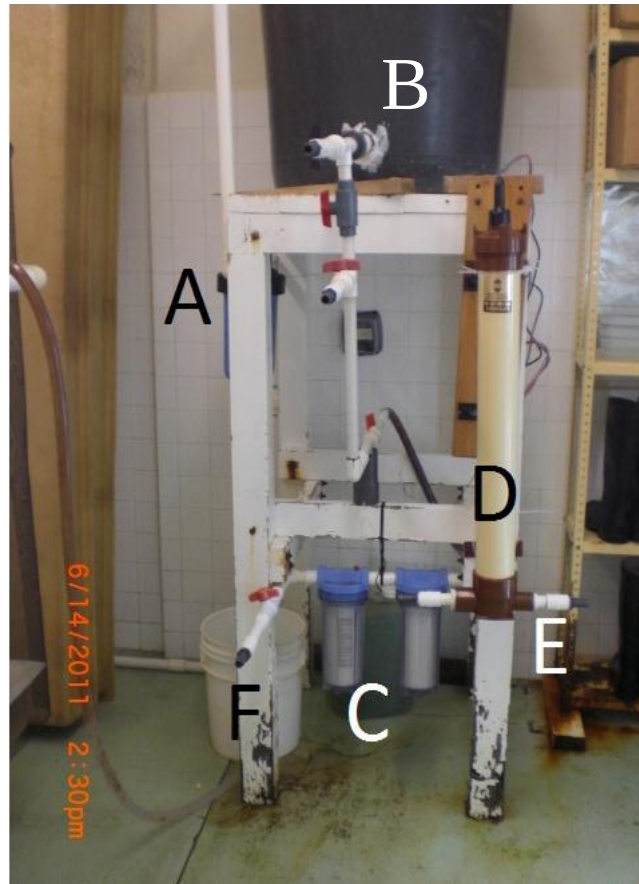


Figura 2. Sistema de suministro de agua de mar. A) Filtro de $20\mu\text{m}$, B) Reservorio de agua de mar de 50L, C) filtros de $1\mu\text{m}$; D) lámpara de luz ultravioleta, E) salida de agua para cultivo de diatomea F) salida de agua hacia sistema exterior.

Para llevar a cabo la colocación de postlarvas en las unidades experimentales, previamente se homogenizó el agua de las cubetas que contenían las larvas mediante un agitador. De esta manera se tomaron alícuotas para realizar conteos de larvas y extrapolar al contenido de las cubetas, para colocar la cantidad de postlarvas necesarias en cada unidad experimental. Posteriormente las larvas competentes fueron inducidas al asentamiento adicionando ácido gamma-aminobutírico (GABA) con una concentración de 1.5 μM (Searcy-Bernal y Anguiano-Beltrán, 1998) y dos días después se inició la alimentación con la diatomea *N. incerta* siguiendo procedimientos previamente estandarizados (Rojo-Salazar, 2002; Miranda-Saucedo, 2009).

2.1.3. Cultivo de *Navicula incerta*.

La cepa original de diatomea *N. incerta* fue proporcionada semanalmente por el Laboratorio de Microalgas del I.I.O. donde se mantuvo a 19 ± 1 °C en medio f/2 de Guillard en matraces Erlenmeyer de 250 ml con 125 ml de inóculo, con los cuales se realizaron cultivos en charolas de 10 litros según las necesidades de los experimentos. El agua de mar utilizada para el cultivo de estas especies sé filtró hasta 1 micra e irradió con lámparas ultravioleta de 25 W. Así mismo, los cultivos se mantuvieron con iluminación constante proporcionada por 2 lámparas fluorescentes de luz de día una irradiancia de $37 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$.

Se cosechó la diatomea necesaria de cada charola de cultivo, procedimiento que se realizó en un inicio cada tercer día y posteriormente diario de acuerdo a la cantidad de alimento necesaria para cada uno de los tratamientos. Una vez cosechada la diatomea se utilizó un sonicador (Fisher Scientific FS6) durante 2 minutos para disgregar las células, las cuales fueron contadas por duplicado con un hematocitómetro de 0.1 mm de profundidad observando las celdas con un microscopio invertido MEIJI, para de esta manera evaluar la densidad celular y calcular los inóculos de *N. incerta* para ser utilizados en cada uno de los tratamientos.

2.2. Descripción de los diseños experimentales.

El primer ensayo se llevó a cabo con postlarvas de 15 días de edad siguiendo un diseño factorial completo con dos factores. El primer factor (densidad) tuvo tres niveles (1, 2 y 4 organismos por cm^2 en base al total del área de los recipientes) y el segundo factor (rutina de alimentación, ver descripción en el siguiente apartado) tuvo dos niveles (rutina completa de alimentación y la mitad de la rutina), teniendo en total seis tratamientos con cuatro réplicas, distribuidas aleatoriamente en cuatro bloques (figura 3). Las unidades experimentales se colocaron sobre una charola de fibra de vidrio (250 x 80 x 10 cm) provista de tubos de PVC con orificios por donde se conectaron las mangueras de plástico que dieron el flujo de agua (60 ml/min) y suministro de aire.

Para obtener las densidades requeridas, antes de la fijación se traspasaron en total la cantidad de 750, 1,500 y 3,000 por unidad experimental más el 20%, asumiendo que por mortalidad quedarían a una densidad de 1, 2 y 4 postlarva/ cm^2 al iniciar el experimento; sin embargo, debido a que la mortalidad fue mayor a lo que se esperaba (cerca del 50%); se realizó un ajuste de postlarvas en todas las unidades experimentales para alcanzar la densidad antes mencionada, lo que hizo que el experimento iniciara una semana después de lo previsto.

Durante los 15 días previos al inicio del experimento se alimentaron semanalmente las postlarvas de todas las unidades experimentales con una

ración alimenticia de 50 cel/mm² según la rutina implementada por Rojo-Salazar (2002).

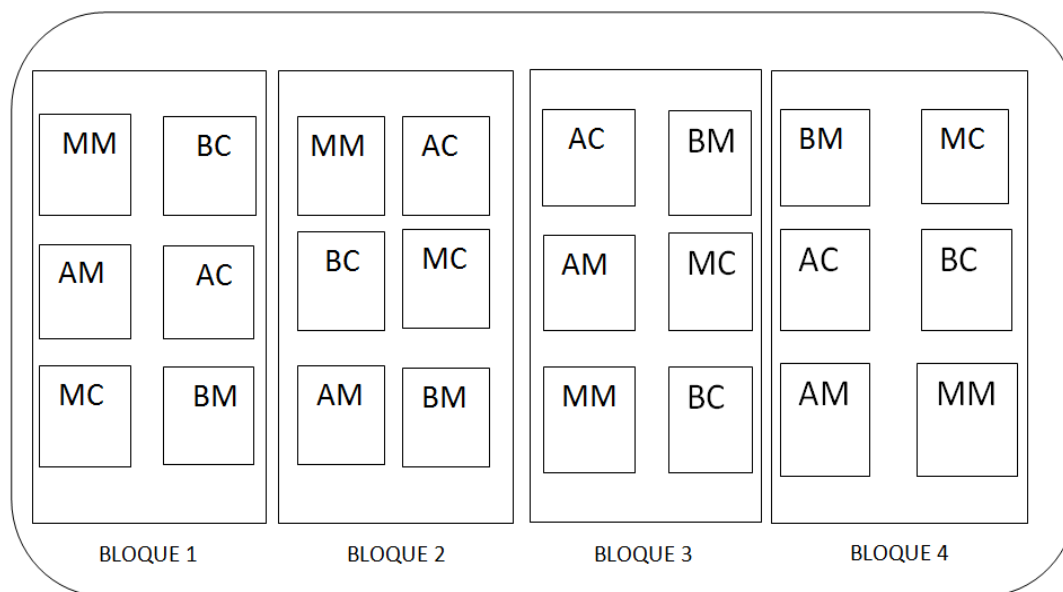


Figura 3. Diagrama del diseño experimental del primer ensayo donde se observa el orden de las unidades experimentales con las rutinas de alimentación y densidades (AC = densidad alta con dieta completa, AM = densidad alta con dieta a la mitad, MC = Densidad media con dieta completa, MM = Densidad media con dieta a la mitad, BC = Densidad baja con dieta completa y BM = Densidad baja con dieta a la mitad).

El segundo ensayo se llevó a cabo con postlarvas de 6 días de edad siguiendo un diseño factorial completo con dos factores. El primer factor (densidad) tuvo tres niveles (1.5, 3.5 y 5.5 organismos por cm^2) y el segundo factor (flujo de agua) tuvo dos niveles (flujo abierto y flujo cerrado, ambos con aireación constante), teniendo en total seis tratamientos con tres réplicas, distribuidas aleatoriamente en tres bloques (figura 4). Se aplicó una sola rutina alimenticia (ver descripción en el siguiente apartado).

Las unidades experimentales se colocaron sobre una charola de fibra de vidrio (250 x 80 x 10 cm) provista de un tubo de PVC con orificios por donde se conectaron las mangueras de plástico que dieron el flujo de agua (60 ml/min).

Debido a que en el primer experimento se presentó una mortalidad de postlarvas cercana al 50 % en la primer semana posterior a la fijación, para obtener las densidades requeridas en este ensayo, se traspasaron en total la cantidad de 1,840, 3,680 y 7,360 larvas a una densidad de 4, 8 y 16 con base en el área total de cultivo en cada unidad experimental, con la finalidad de obtener densidades de 2, 4 y 8 postlarvas/ cm^2 ; sin embargo, debido a que la mortalidad fue mayor que la esperada, las tres densidades al iniciar el experimento fueron 1.5, 3.5 y 5.5 organismos por cm^2 .

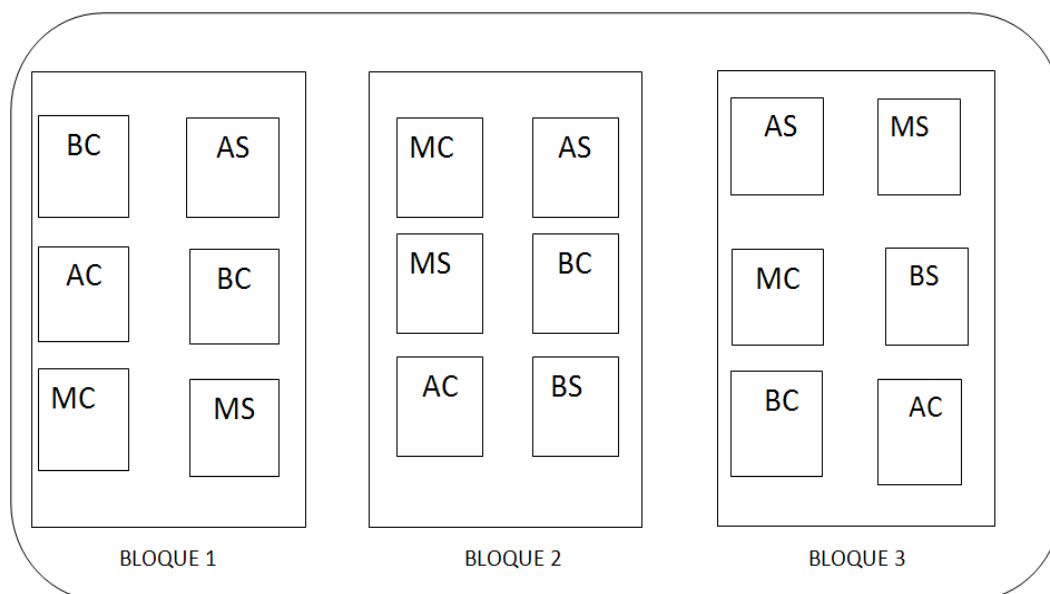


Figura 4. Diagrama del diseño experimental del segundo ensayo donde se observa el orden de las unidades experimentales con los dos sistemas de flujo y densidades (AC= densidad alta con flujo, AS= densidad alta sin flujo, MC= densidad media con flujo, MS= densidad media sin flujo, BC = densidad baja con flujo y BS= densidad baja sin flujo).

Las unidades experimentales con flujo abierto se lavaron una vez a la semana, mientras que las que carecían de flujo en el segundo ensayo se lavaron todos los días. Semanalmente se hicieron conteos directos para evaluar la sobrevivencia de las postlarvas y se determinó la longitud de la concha en una muestra de 10 postlarvas por unidad experimental, las cuales se midieron en imágenes tomadas con una cámara de video (Sony SSC-C374) conectada a un microscopio invertido (Meiji Techno) y analizadas con el programa Image J. versión 1.42

Adicionalmente, se llevó un registro diario de temperatura en el aire y en el agua (un recipiente con flujo) con termómetros digitales. En el primer ensayo, se midió diariamente la intensidad luminosa en tres puntos de la charola experimental utilizando un fotómetro digital de sensor plano (INS DX-100), mientras que en el segundo se midió en cada uno de los bloques. En el segundo ensayo, se llevó un registro semanal de oxígeno disuelto con un oxímetro OAKTON DO-100 y de pH con un potenciómetro CORNING 425 en las unidades experimentales del tercer bloque, los cuales se hicieron una hora antes de alimentar las postlarvas y una hora después de alimentar. La duración del primer experimento fue de 54 días y del segundo de 77 días.

2.3. Rutinas de alimentación utilizadas.

Las rutinas de alimentación utilizadas se basaron en los valores asintóticos de las curvas de IAD contra tasa de crecimiento de Miranda-Saucedo (2009) para diferentes etapas de desarrollo postlarval.

En el experimento de Miranda-Saucedo (2009) se agrupó la edad postlarval en periodos de dos semanas, posteriormente se tomó el dato medio de la edad, longitud y tasa de crecimiento, así como el IAD asintótico para cada periodo; es decir, el correspondiente a la asíntota en la gráfica de tasa de crecimiento vs IAD (ver figura 1) (Tabla I).

Tabla I. Datos adquiridos de Miranda-Saucedo 2009, con los que se diseñaron las rutinas de alimentación.

Semana	Edad (d)	Edad media (d)	Long.Media (μm)	Tasa de crecimiento ($\mu\text{m}/\text{d}$)	IAD asintótico (cel/pl/d)
1 a 3	3 a 23	13	531	39	4,258
3 a 5	23 a 38	30.5	1,100	55	73,196
5 a 7	38 a 52	45	1,700	61	289,878
7 a 9	52 a 66	59	2,688	111	1,141,645
9 a 11	66 a 79	72.5	4,211	95	1,544,532

Se realizaron dos regresiones no lineales para relacionar: a) el IAD con la edad, b) el IAD con la longitud usando los datos de los cinco periodos (Figura 5 a, b).

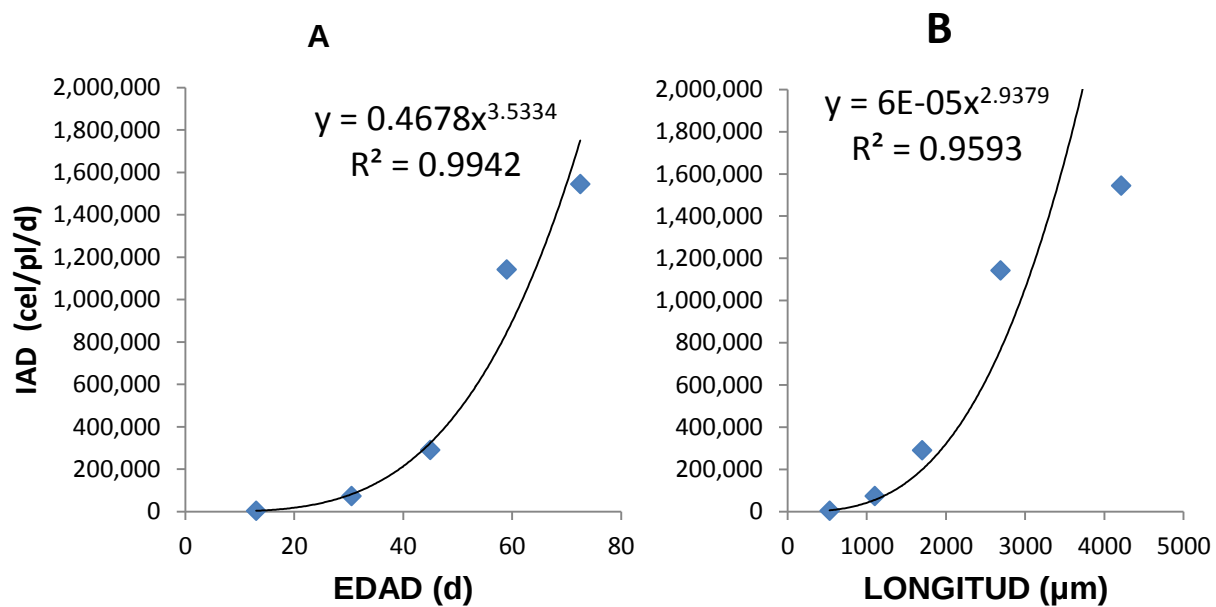


Figura 5. A) Regresión no lineal que determinó el esquema de alimentación basado en la edad de las postlarvas. B) Regresión no lineal que determinó el esquema de alimentación basado en la longitud de las postlarvas.

La primer ración alimenticia que se utilizó durante el primer experimento se basó en la edad de las postlarvas y la cantidad de células de *N. incerta* necesarias para que las postlarvas obtuvieran un crecimiento óptimo (Tabla II). La segunda ración probada en este ensayo correspondió a la mitad de la indicada en la tabla II.

La ración alimenticia que se utilizó durante el segundo experimento se basó en la longitud de las postlarvas y la cantidad de células de *N. incerta* necesarias para que las postlarvas obtuvieran un crecimiento óptimo. Debido a que las postlarvas de los tratamientos de densidad alta y media y flujo estático presentaban un crecimiento por debajo de lo esperado al día 42 de edad, ya que no habían iniciado el desarrollo del primer poro respiratorio y se terminaban el alimento a las pocas horas de haber inoculado las células de diatomea, se optó por aumentar en un 50 % la cantidad de células disponibles para las postlarvas durante dos semanas (Tabla III).

El alimento se suministró diariamente a cada unidad experimental y dependiendo de las observaciones diarias en la falta o exceso de alimento y la mortalidad de las postlarvas, se realizaron ajustes en la cantidad de células suministradas en cada unidad experimental.

Tabla II. Ración alimenticia basada en la edad de las postlarvas.

EDAD (d)	Cel/pl/d.
7	452
14	5,231
21	21,914
28	60,552
35	133,202
42	253,663
49	437,300
56	700,915
63	1,062,642

Tabla III. Ración alimenticia basada en la longitud de las postlarvas

LONGITUD		
EDAD (d)	(μ m)	Cel/pl/d
7	400	2,633
14	500	5,070
21	630	9,996
28	760	17,342
35	979	36,482
42	1164	60,653
* 49	1400	147,149
* 56	1715	296,605
63	2522	587,593
70	3221	1,205,369
77	3511	1,552,679

* Se aumentó el 50 % por lento crecimiento.

2.4. Procesamiento de datos

El procesamiento preliminar de datos se realizó con el programa Excel 6.0 con el que se ordenaron las mediciones de cada postlarva por caja y se obtuvieron los promedios de longitud, sobrevivencia y densidad postlarval (número de postlarvas/área total) por semana de cada uno de los tratamientos. Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente con el programa STATISTICA ver 8.0

Para el análisis estadístico se realizó previamente una prueba de homocedasticidad de los datos por ser uno de los supuestos básicos para los análisis paramétricos (Sokal y Rohlf, 2002).

Debido a que los datos correspondientes a longitud y tasa de crecimiento en general presentaron homogeneidad de varianza, para determinar si había diferencias entre los tratamientos, se utilizó el análisis de varianza de tres vías para determinar el efecto de factores, interacciones y bloques. Los datos de porcentaje de sobrevivencia fueron transformados antes de los análisis mediante la relación:

$$\left(Y = \arcsen \sqrt{\frac{P}{100}} \right)$$

Donde P es el porcentaje de sobrevivencia.

Para el análisis de estos datos de sobrevivencia, en la mayoría de los casos no se cumplió con el supuesto básico de homocedasticidad; sin embargo, debido a que no se encontró un equivalente no paramétrico de análisis de varianza de tres vías, se optó por el análisis de datos con pruebas paramétricas. En los factores que se encontraron diferencias significativas se realizaron pruebas de comparaciones múltiples de Tukey, para los datos de sobrevivencia, longitud y tasa de crecimiento, para conocer cuales tratamientos resultaron ser diferentes.

Los datos de sobrevivencia, longitud y tasa de crecimiento se presentaron en dos tablas: una que muestra los promedios por tratamiento (combinación de los dos factores) y otra que presenta los promedios por nivel de los factores, la cual es más útil para explicar los resultados del análisis de varianza.

Con el objetivo de examinar la relación de la tasa de crecimiento con la densidad postlarval observada en los diferentes muestreos (número de postlarvas/área total), estas variables se graficaron y se practicó un análisis de regresión lineal.

3. RESULTADOS

3.1. Primer Ensayo Experimental

La simbología que se utilizó en la metodología para describir los tratamientos que se aplicaron en el primer diseño experimental, es la misma utilizada durante la redacción de los resultados y se describe a continuación:

- ❖ BC: tratamiento de densidad baja y ración completa de alimentación
- ❖ BM: Tratamiento de densidad baja y media ración de alimentación
- ❖ MC: Tratamiento de densidad media y ración completa de alimentación
- ❖ MM: Tratamiento de densidad media y media ración de alimentación
- ❖ AC: Tratamiento de densidad alta y ración completa de alimentación
- ❖ AM: Tratamiento de densidad alta y media ración de alimentación

3.1.1. Supervivencia

La supervivencia fue similar en los tratamientos de densidad baja y media en las primeras dos semanas del experimento con un porcentaje de 42.8 en el tratamiento BC y con 39.9 en el tratamiento BM, seguida de los tratamientos MC y MM con 44.1 y 49.9 respectivamente, mientras que en los tratamientos AC y AM fue menor con 15.2 y 26.2 respectivamente (figura 6 y tabla XVII de los anexos). A partir de ese día la supervivencia disminuyó drásticamente y al terminar el experimento fue menor al 8 % en todos los tratamientos, siendo el tratamiento BM con 7.5 % el de mayor supervivencia y el tratamiento AC con 1.5 (Anexos tabla XVII).

En la tabla IV se presentan los promedios de sobrevivencia agrupados por factores. El efecto de la densidad fue significativo ($P < 0.05$) durante todo el experimento, el efecto de la dieta sólo presentó diferencias significativas en la tercer semana del experimento con una mayor sobrevivencia en la dieta media, mientras que los bloques e interacción, no mostraron diferencias significativas (Tabla V).

Las pruebas de Tukey (Anexo tabla XVIII) para los días 21 y 28, mostraron que la sobrevivencia en la densidad alta fue menor que en las otras dos ($P < 0.05$). Del día 35 en adelante y hasta finalizar el experimento, la sobrevivencia en la densidad media fue significativamente mayor que en la densidad alta, mientras que la densidad baja no se diferenció significativamente de las otras dos densidades ($P < 0.05$) (Tabla IV)

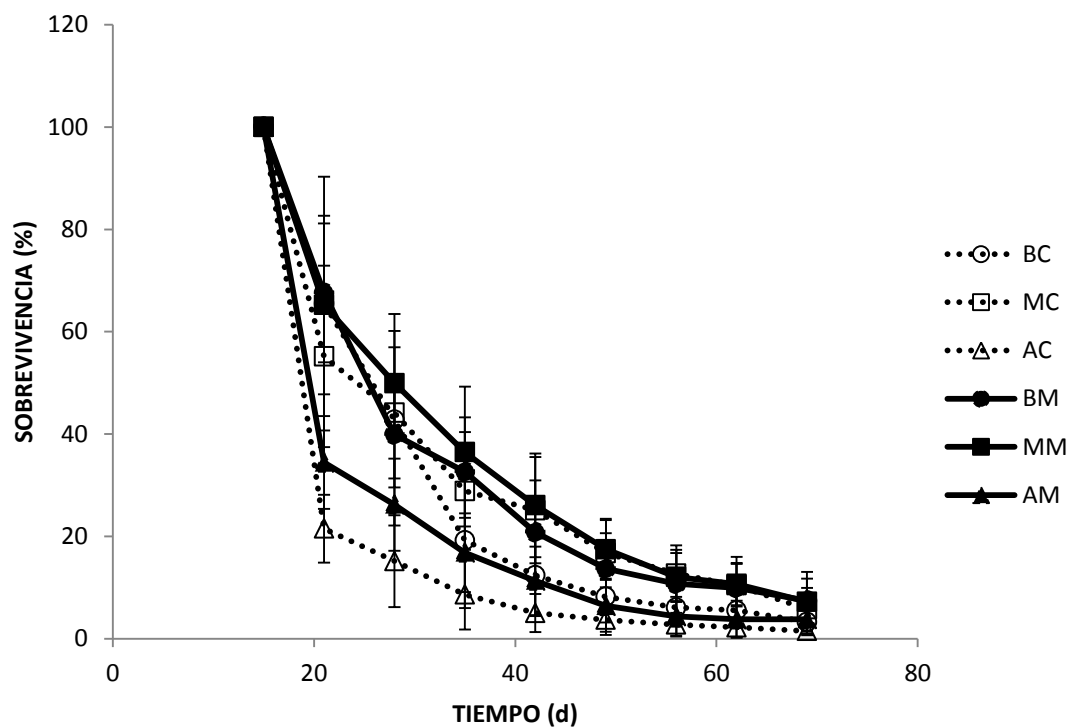


Figura 6. Sobrevivencia (media $\pm$ error estándar) de postlarvas de *H. rufescens*, en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con *N. incerta* durante el primer ensayo experimental. El tiempo en días se refiere a la edad de las postlarvas.

Tabla IV. Promedios del porcentaje ($\pm$ E. E.) de sobrevivencia de cada densidad y de cada dieta utilizada en el primer experimento.

EDAD (d)	DENSIDAD			DIETA	
	BAJA	MEDIA	ALTA	COMPLETA	MEDIA
15	100	100	100	100	100
21	66.5 $\pm$ 10.7	60.2 $\pm$ 9.9	28.0 $\pm$ 5.8	47.4 $\pm$ 14.7	55.8 $\pm$ 11.6
28	41.3 $\pm$ 8.8	47.0 $\pm$ 6.5	20.7 $\pm$ 5.9	34.0 $\pm$ 11.2	38.7 $\pm$ 7.8
35	25.9 $\pm$ 7.6	32.7 $\pm$ 6.9	12.7 $\pm$ 4.6	18.9 $\pm$ 7.6	28.6 $\pm$ 7.5
42	16.6 $\pm$ 5.5	25.6 $\pm$ 5.5	8.2 $\pm$ 3.5	14.2 $\pm$ 6.5	19.4 $\pm$ 6.0
49	10.9 $\pm$ 3.7	17.1 $\pm$ 3.3	5.1 $\pm$ 2.4	9.6 $\pm$ 4.2	12.5 $\pm$ 4.2
56	8.4 $\pm$ 3.2	12.4 $\pm$ 2.8	3.6 $\pm$ 1.8	7.2 $\pm$ 3.3	9.1 $\pm$ 3.4
62	7.7 $\pm$ 3.0	10.6 $\pm$ 2.2	3.0 $\pm$ 1.6	6.1 $\pm$ 2.7	8.1 $\pm$ 3.1
69	5.4 $\pm$ 2.2	6.5 $\pm$ 2.7	2.1 $\pm$ 1.3	3.4 $\pm$ 1.8	5.9 $\pm$ 2.7

Tabla V. Resultados de las pruebas de ANOVA con porcentajes transformados para los datos de sobrevivencia de postlarvas de abulón rojo alimentadas con dos rutinas de *N. incerta* durante el primer ensayo.

EDAD (d)	DENSIDAD		DIETA		BLOQUES		DENS*DIETA	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
21	11.045	0.001	1.413	0.253	0.157	0.923	0.260	0.774
28	8.357	0.004	0.969	0.340	0.052	0.984	0.648	0.537
35	8.357	0.004	4.990	0.041	0.052	0.984	0.648	0.537
42	9.302	0.002	2.964	0.106	1.009	0.416	0.536	0.596
49	9.451	0.002	1.758	0.205	0.730	0.550	0.316	0.734
56	7.521	0.005	0.991	0.335	0.415	0.745	0.443	0.650
62	7.765	0.005	1.308	0.271	0.475	0.705	0.371	0.696
69	3.885	0.044	2.286	0.151	1.435	0.272	0.327	0.726

3.1.2. Longitud.

La longitud promedio de las postlarvas durante el tiempo que duró el experimento se muestra en la Figura 7 y en la tabla XIX de los anexos. La longitud promedio de las postlarvas al iniciar el experimento fue de 480 μm a los 15 días de edad, la longitud máxima final fue de 3854 μm para el tratamiento BC, seguida de BM con 3516 μm , AC con 3446 μm , MC 3230 μm , AM 3169 μm , mientras que la longitud mínima registrada fue de 3147 μm en el tratamiento MM (Anexos tabla XIX).

Entre los días 42 -49 se desarrolló el poro respiratorio en los organismos de los tratamientos de densidad baja, mientras que para los días 49-56 se formó en las postlarvas de los tratamientos de densidad media y alta.

En la tabla VI se muestran las medias de longitud agrupadas por factores. Los análisis de varianza mostraron efectos significativos de la densidad en todas las semanas del experimento, al día 69 se mostró una diferencia importante ($P= 0.08$) entre las dos dietas con una longitud de 3510 μm la dieta completa y 3277 μm la dieta media (Tabla VI), mientras que los bloques y la interacción entre la densidad y la dieta no mostraron ningún efecto como se puede observar en la tabla VII.

Este efecto significativo en la longitud entre densidades se corroboró en las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey (anexo Tabla XX), ya que por motivos no planeados, desde el inicio del experimento al día 15 la longitud promedio en la densidad alta fue menor que en la densidad media y baja

($P < 0.05$) con 457, 487 y 497 μm respectivamente. La diferencia entre las densidades alta y baja se mantuvo hasta finalizar el experimento con medias de 3307 μm y 3685 μm al día 69, respectivamente ($P = 0.064$). En las evaluaciones a los 49, 56 y 69 días, la longitud en la densidad baja fue también significativamente mayor que la correspondiente a la densidad media (Tabla VI, Tabla XX anexo).

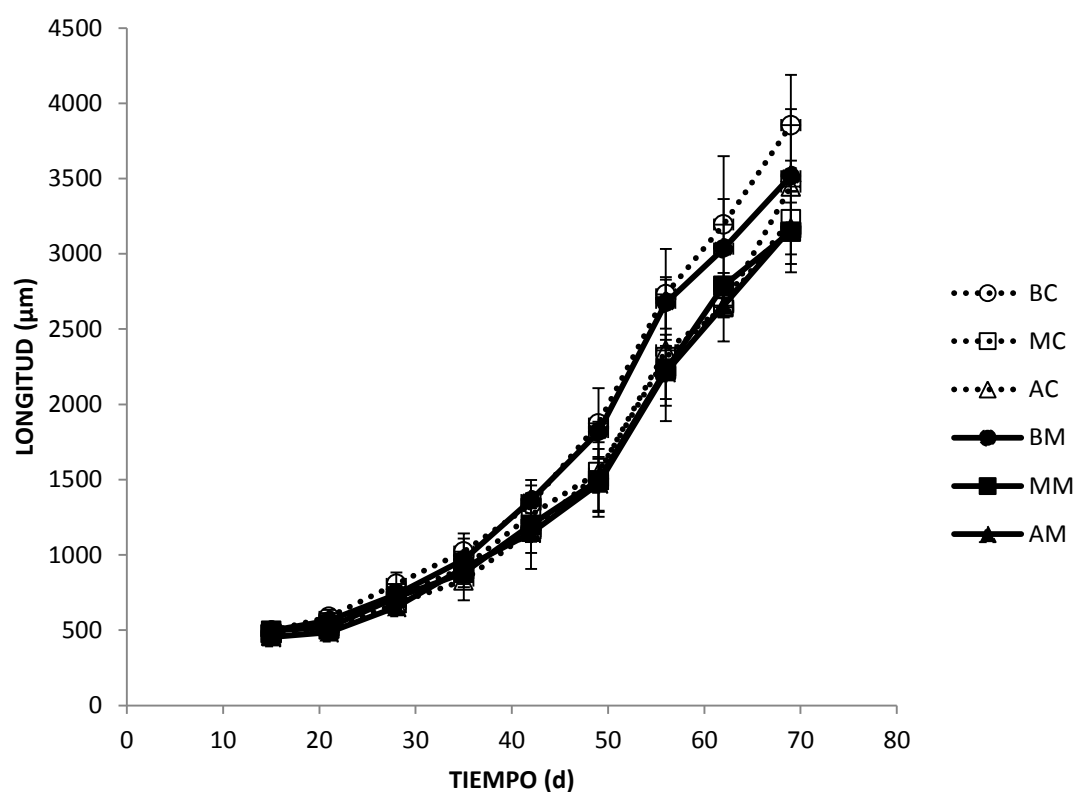


Figura 7. Longitud promedio de postlarvas de *H. rufescens* durante el primer ensayo, en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con *N. incerta* en el primer ensayo experimental durante 69 días de cultivo. (Media $\pm$ error estándar representado con las barras verticales).

Tabla VI. Promedios ($\pm$ E. E.) de la longitud de cada densidad y de cada dieta en el primer experimento.

EDAD (d)	DENSIDAD			DIETA	
	BAJA	MEDIA	ALTA	COMPLETA	MEDIA
15	497 $\pm$ 14	487 $\pm$ 15	457 $\pm$ 18	478 $\pm$ 20	482 $\pm$ 27
21	576 $\pm$ 34	535 $\pm$ 37	494 $\pm$ 28	547 $\pm$ 53	523 $\pm$ 38
28	772 $\pm$ 66	720 $\pm$ 64	665 $\pm$ 32	735 $\pm$ 77	702 $\pm$ 61
35	996 $\pm$ 124	896 $\pm$ 76	872 $\pm$ 119	921 $\pm$ 128	921 $\pm$ 111
42	1350 $\pm$ 121	1233 $\pm$ 88	1151 $\pm$ 185	1253 $\pm$ 168	1236 $\pm$ 150
49	1845 $\pm$ 163	1522 $\pm$ 155	1506 $\pm$ 224	1654 $\pm$ 257	1595 $\pm$ 221
56	2702 $\pm$ 229	2270 $\pm$ 225	2285 $\pm$ 337	2467 $\pm$ 373	2371 $\pm$ 286
62	3115 $\pm$ 377	2718 $\pm$ 147	2650 $\pm$ 158	2829 $\pm$ 390	2825 $\pm$ 243
69	3685 $\pm$ 291	3188 $\pm$ 183	3307 $\pm$ 385	3510 $\pm$ 420	3277 $\pm$ 249

Tabla VII. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de las longitudes (μm) del primer ensayo.

Edad (días)	DENSIDAD		DIETA		BLOQUES		DENS*DIETA	
	F	P	F	P	F	P	F	P
15	15.172	0.000	0.398	0.537	1.421	0.276	1.456	0.264
21	11.215	0.001	2.818	0.114	0.438	0.729	0.061	0.941
28	8.231	0.004	2.343	0.147	1.679	0.214	0.808	0.464
35	3.564	0.050	0.000	0.989	2.768	0.078	1.120	0.352
42	4.676	0.026	0.104	0.751	2.545	0.095	0.266	0.770
49	6.705	0.008	0.487	0.496	0.223	0.879	0.002	0.998
56	5.969	0.012	0.694	0.418	1.005	0.418	0.051	0.950
62	9.898	0.002	0.002	0.968	3.065	0.060	0.880	0.435
69	5.740	0.014	3.468	0.082	0.216	0.884	0.380	0.690

3.1.3. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento fue muy variable durante todo el experimento en todos los tratamientos (Figura 8, tabla XXI anexos). A partir del día 15 de edad de las postlarvas la tasa de crecimiento se incrementó en todos los tratamientos hasta el día 56; sin embargo en la semana del día 56 al 62, la tasa de crecimiento disminuyó en todos los tratamientos, para posteriormente tener un repunte en algunos tratamientos del día 62 hasta finalizar el experimento al día 69.

En los días 49-56 se presentaron las tasas de crecimiento mayores en todos los tratamientos, siendo de densidad baja y ración completa (BC) el de tasa mayor con 123 $\mu\text{m}/\text{d}$. Las tasas de crecimiento promedio finales para los tratamientos fueron: BC 62 $\mu\text{m}/\text{d}$, BM 56 $\mu\text{m}/\text{d}$, AC 55 $\mu\text{m}/\text{d}$, MC 51 $\mu\text{m}/\text{d}$, AM 50 $\mu\text{m}/\text{d}$, y MM 49 $\mu\text{m}/\text{d}$ (Anexos tabla XXI).

En la tabla VIII se presentan los promedios de tasas de crecimiento por factores. Los resultados del ANOVA en la tasa de crecimiento muestran un efecto ($P = 0.011$) en los días 42-49 en el factor de la densidad, el factor de los bloques mostró un efecto ($P < 0.01$) entre los días 21-28 y 49-56, mientras que el factor de la dieta entre los días 62-69 mostró un efecto moderado ($P = 0.069$) en la tasa de crecimiento, por último las interacciones no mostraron efecto en la tasa de crecimiento durante todo el experimento (Tabla IX).

Las pruebas de Tukey (Anexo, Tabla XXII) mostraron que en los días 42-49 la tasa de crecimiento en la densidad baja fue mayor que en la densidad media

con 71 y 41 $\mu\text{m/d}$ respectivamente, mientras que la tasa de crecimiento en la densidad alta no se diferenció de las otras dos con 51 $\mu\text{m/d}$ (Tabla VIII). A los días 21-28 la tasa de crecimiento en el bloque uno (19.3 $\mu\text{m/d}$), fue menor que en los bloques tres y cuatro (30 $\mu\text{m/d}$), mientras que el bloque dos con 25 $\mu\text{m/d}$, no se diferenció de los otros tres bloques. En los días 49-56 la tasa de crecimiento en el bloque tres fue menor con 85.8 $\mu\text{m/d}$, que en el bloque uno con 130.3 $\mu\text{m/d}$, por otro lado los bloques 2 y 4 con 101.3 y 114.9 $\mu\text{m/d}$ no se diferenciaron de los otros dos bloques.

A pesar de la variabilidad de la tasa de crecimiento a lo largo del experimento (figura 8), se lograron identificar dos fases de crecimiento (Tabla XXI anexos). La primera fase (15-49 días) fue de crecimiento menor (31-43 $\mu\text{m/d}$) y la segunda fase (49- 69 días) fue de crecimiento mayor (83-99 $\mu\text{m/d}$). El cambio de fases coincidió aproximadamente con la formación del primer poro respiratorio.

La tasa de crecimiento promedio total (días 15-69) fue afectada significativamente por la densidad ($P= 0.018$. Tabla IX). En la densidad baja fue mayor que en la densidad media con 59 $\mu\text{m/d}$ y 50 $\mu\text{m/d}$, respectivamente, mientras que el crecimiento en la densidad alta no se diferenció de las otras dos con 53 $\mu\text{m/d}$ (Tabla VIII. Tabla XXII del Anexo). Por otro lado, la dieta tuvo un efecto moderado sobre la tasa de crecimiento final ($P=0.077$), siendo mayor en la completa (con 56 $\mu\text{m/d}$) que en la media (52 $\mu\text{m/d}$) (Tabla VIII)

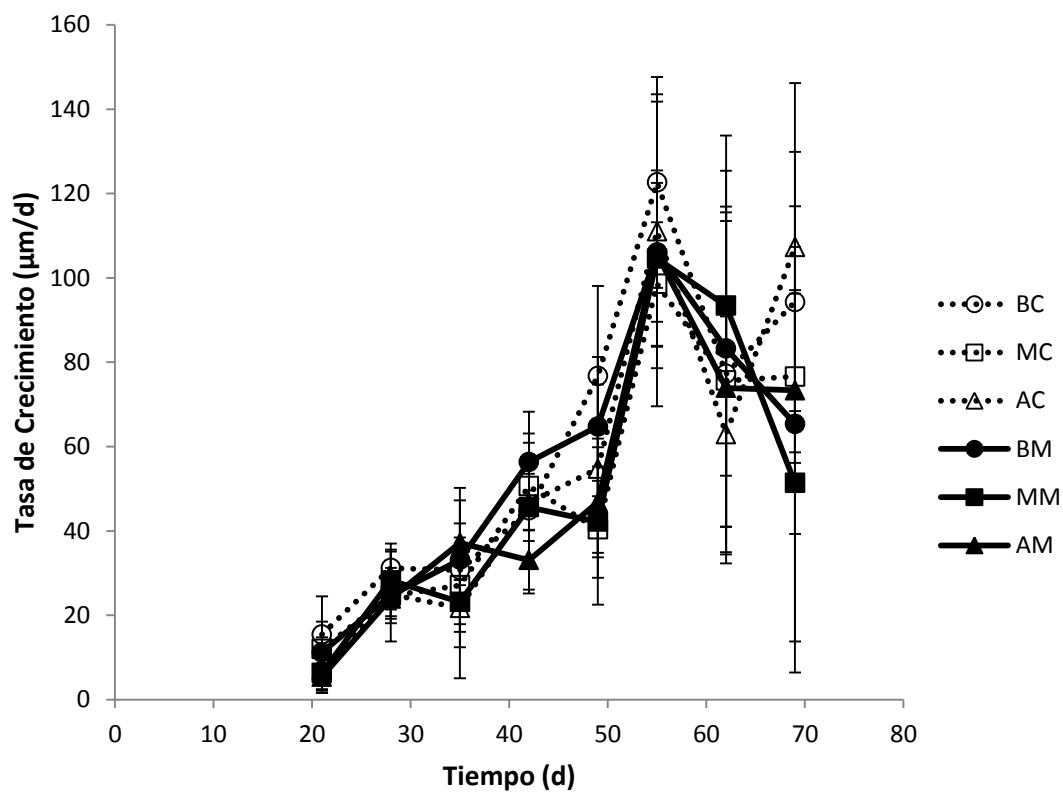


Figura 8. Tasa de crecimiento en postlarvas de *H. rufescens* en tres densidades de cultivo y dos rutinas de alimentación con *N. incerta* en el primer ensayo experimental durante 69 días de cultivo. Cada punto señala la tasa de crecimiento entre ese día y el del muestreo anterior. (Media $\pm$ error estándar representado con las barras verticales).

Tabla VIII. Promedios ($\pm$ E. E.) de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) de cada densidad y de cada dieta utilizada en el primer experimento.

EDAD (d)	DENSIDAD			DIETA	
	BAJA	MEDIA	ALTA	COMPLETA	MEDIA
15-21	13 ± 7	8 ± 6	6 ± 4	12 ± 7	7 ± 5
21-28	28 ± 7	26 ± 9	24 ± 5	27 ± 8	26 ± 6
28-35	32 ± 12	25 ± 10	29 ± 15	27 ± 13	31 ± 12
35-42	51 ± 10	48 ± 9	40 ± 17	47 ± 14	45 ± 12
42-49	71 ± 19	41 ± 15	51 ± 16	57 ± 23	51 ± 18
49-56	114 ± 22	101 ± 17	108 ± 32	111 ± 25	105 ± 23
56-62	80 ± 37	85 ± 39	68 ± 33	72 ± 33	84 ± 38
62-69	80 ± 44	64 ± 35	90 ± 38	93 ± 32	63 ± 41
15-69	59 ± 5	50 ± 5	53 ± 7	56 ± 8	52 ± 5

Tabla IX. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) durante el primer ensayo experimental.

Edad (días)	DENSIDAD		DIETA		BLOQUES		DENS*DIETA	
	F	P	F	P	F	P	F	P
15-21	2.873	0.088	3.200	0.094	0.437	0.730	0.432	0.657
21-28	0.913	0.423	0.373	0.551	5.653	0.009	1.870	0.188
28-35	0.663	0.530	0.893	0.360	1.620	0.227	1.359	0.287
35-42	1.558	0.243	0.213	0.651	0.289	0.832	2.035	0.165
42-49	6.123	0.011	0.741	0.403	1.157	0.359	0.340	0.717
49-56	0.930	0.416	0.483	0.498	6.171	0.006	0.731	0.498
56-62	0.440	0.652	0.635	0.438	2.063	0.148	0.055	0.947
62-69	1.046	0.376	3.848	0.069	1.717	0.206	0.029	0.972
15-69	5.307	0.018	3.581	0.077	0.233	0.871	0.321	0.730

3.1.4. Relación de la tasa de crecimiento con la densidad.

La relación de la tasa de crecimiento con la densidad postlarval por periodo de muestreo y el promedio final, se presenta en las figuras 9 a 11. De acuerdo con el análisis de regresión (Anexos Tabla XXIII), no existieron regresiones lineales significativas ($P < 0.05$) en casi todas las semanas, excepto la semana 5 y 6 donde se observó que la tasa de crecimiento disminuyó conforme aumentó la densidad postlarval (Figura 9 y 10).

En lo que se refiere a la relación de la tasa de crecimiento promedio con la densidad postlarval por fases y total, el análisis de regresión lineal (Anexos Tabla XXIII) mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) presentando una relación inversa en todos los casos (Figura 11 A, B y C). Es interesante notar, que por efectos de mortalidad diferencial, los tratamientos de densidad alta en ambas dietas, tuvieron a lo largo del experimento una densidad final menor a los de densidad media, lo cual debe tomarse en cuenta al interpretar los efectos de la densidad sobre la tasa de crecimiento en la sección anterior.

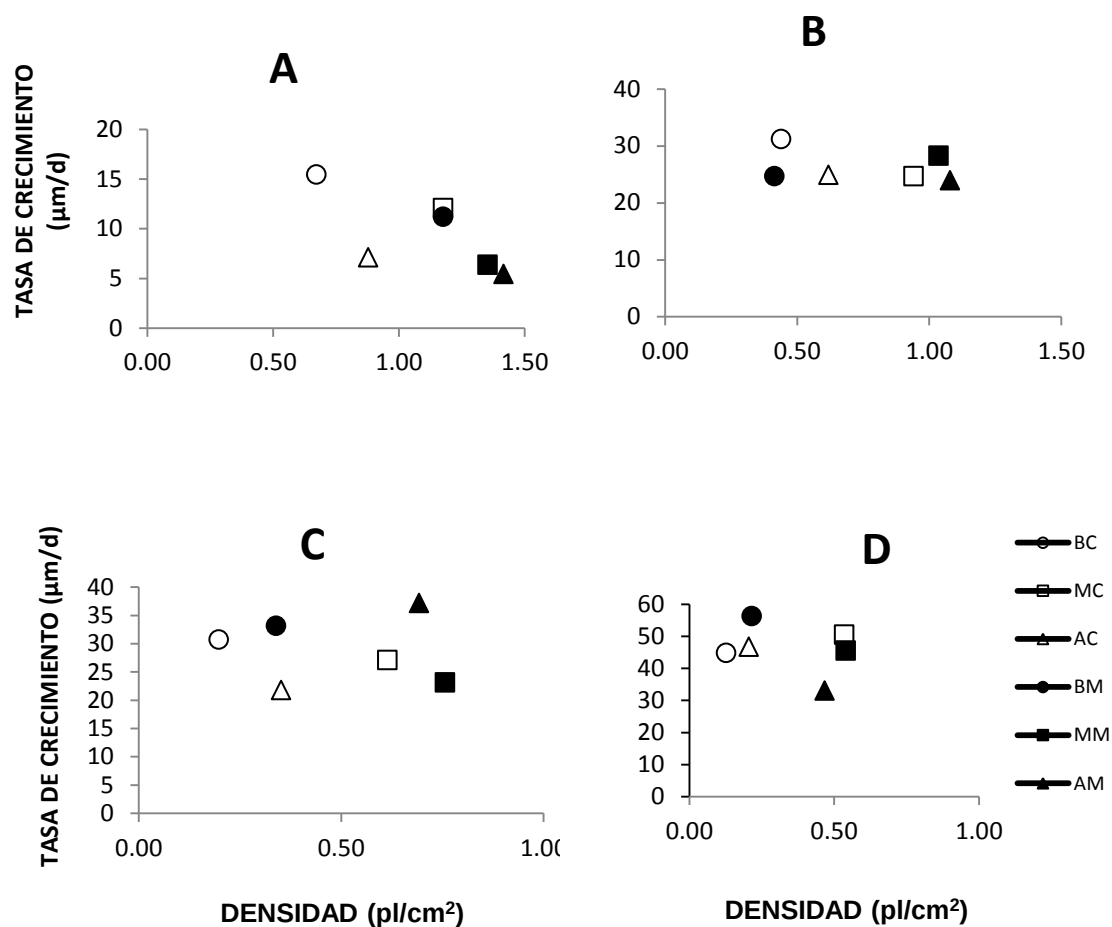


Figura 9. Relación tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2): A) Primer semana del experimento de los 15 a los 21 días de edad. B) Segunda semana del experimento de los 21 a 28 días de edad. C) Tercera semana del experimento de los 28 a 35 días de edad. D) Cuarta semana del experimento de los 35 a 42 días de edad.

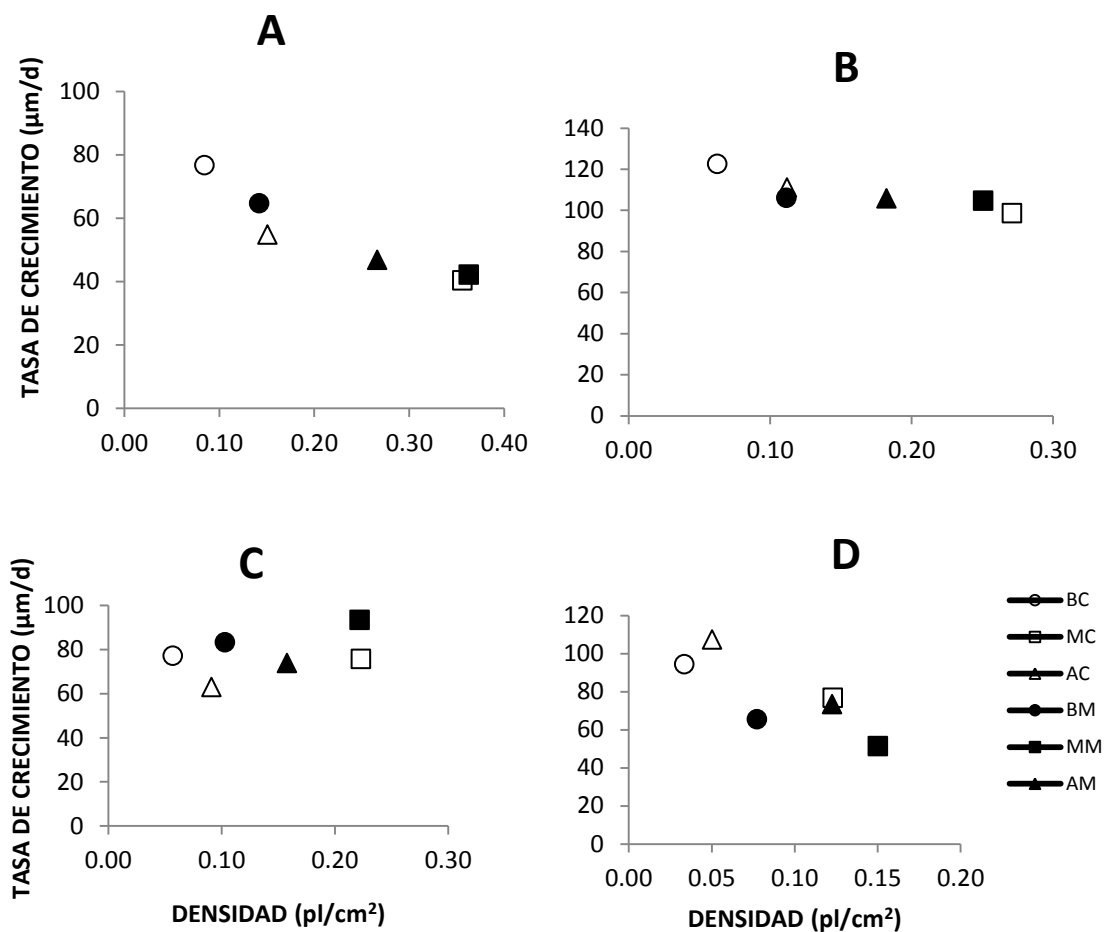


Figura 10. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2)

A) quinta semana del experimento de los 42 a 49 días de edad. B) sexta semana del experimento de los 49 a 56 días de edad. C) séptima semana del experimento de los 56 a 62 días de edad. D) octava semana del experimento de los 62 a 69 días de edad.

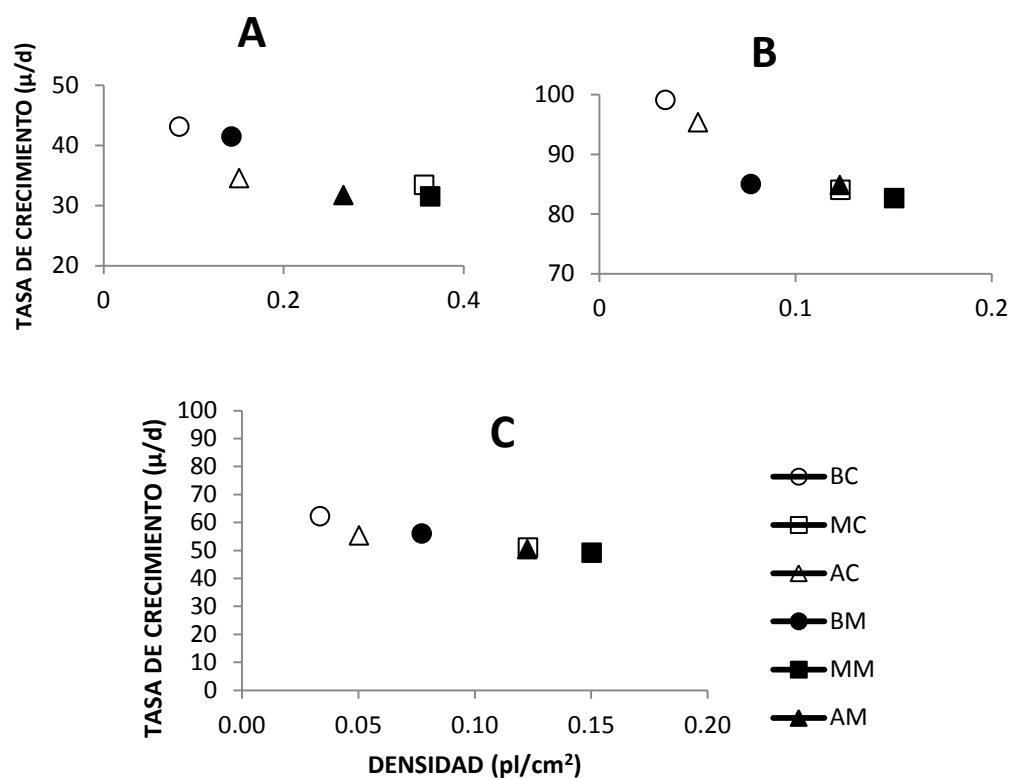


Figura 11. Relación de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarva (pl/cm^2) por fases. A) Fase 1 (15-49 días), B) Fase dos (49-69 días), C) Relación total (15-69 días).

3.1.5. Parámetros ambientales

Como se puede observar en la figura 12, la temperatura promedio que se registró en el ambiente fue de 17 ± 0.3 °C, mientras que en el agua tuvo un registro de 16 ± 0.3 °C. El promedio registrado de la intensidad de luz fue de 402 ± 16 luxes durante el tiempo que transcurrió en el primer experimento

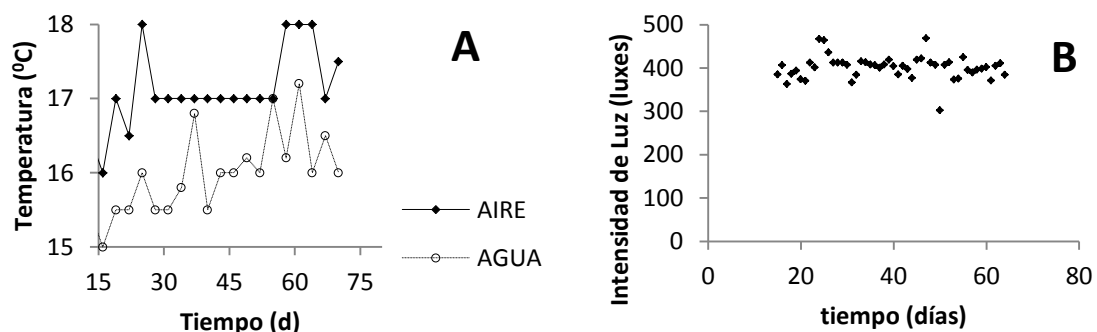


Figura 12. Registro de parámetros ambientales durante el desarrollo del primer ensayo experimental. A) Temperatura, B) intensidad de luz.

3.2. Segundo ensayo experimental

La simbología que se utilizó en la metodología para describir los tratamientos que se aplicaron en el segundo diseño experimental, es la misma utilizada durante la redacción de los resultados y se describe a continuación:

- ❖ BC: tratamiento de densidad baja con flujo de agua de mar
- ❖ BS: Tratamiento de densidad baja sin flujo de agua de mar
- ❖ MC: Tratamiento de densidad media con flujo de agua de mar
- ❖ MS: Tratamiento de densidad media sin flujo de agua de mar
- ❖ AC: Tratamiento de densidad alta con flujo de agua de mar
- ❖ AS: Tratamiento de densidad alta sin flujo de agua de mar

3.2.1. Supervivencia

En las primeras dos semanas (a los 21 días de edad de las postlarvas), la supervivencia fue similar en casi todos los tratamientos, siendo los tratamientos de densidad baja los de mayor supervivencia con 82.9 y 83.3 % (BS y BC respectivamente), mientras que los tratamientos de densidad alta tuvieron la supervivencia menor con 56.2 y 17.1 % (AS y AC respectivamente) (Fig. 12 y Tabla XXIV anexos).

Cabe señalar que debido a la mortalidad excesiva en las postlarvas con flujo, después del día 21 sólo quedó una réplica en el tratamiento AC. De forma similar quedaron dos réplicas del tratamiento MC a partir del día 28 y del BC a partir del día 49.

A partir del día 28, la supervivencia se empezó a diferenciar claramente entre los tratamientos con flujo abierto con 29.7 % en promedio y con flujo cerrado

con una sobrevivencia del 58.3 % y esta tendencia continuó en las evaluaciones posteriores (Tabla X).

Al finalizar el experimento fueron los tratamientos con condiciones de flujo cerrado los que presentaron mayor sobrevivencia con 23.6 y 24.7 % en las densidades baja y media respectivamente, mientras que la densidad alta terminó con un 16.7 %. En los tratamientos con condiciones de flujo abierto la sobrevivencia disminuyó hasta 1.5, 1.6 y 1.3 % para la densidad baja, media y alta respectivamente (Fig. 13 y Tabla XXIV anexos).

En la tabla X se presentan los promedios de sobrevivencia por niveles de cada factor.

En las primeras tres semanas del experimento el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las densidades de postlarvas y a partir de la tercer semana existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las condiciones de flujo. Mientras que los bloques y la interacción entre la densidad y el flujo no mostraron diferencias significativas durante todo el experimento (Tabla XI).

Las pruebas de Tukey (realizada con los datos transformados) (Anexo tabla XXV) mostraron que en el día 14 la sobrevivencia promedio en la densidad baja fue mayor con 88.6 %, que los tratamientos de densidad media y alta con 71.9 y 68.4 % respectivamente (Tabla X). En los días 21 y 28 la sobrevivencia en los tratamientos de la densidad baja fue mayor con 83.1 y 60.2 % que la densidad alta con 36.6 y 25.4 %, mientras que la densidad media con 53.4 y

46.4 % no se diferenci6 de las otras dos. A partir del d1a 35 la supervivencia fue mayor en los tratamientos sin flujo que en los tratamientos con flujo abierto y al finalizar el experimento al d1a 84 los tratamientos con flujo cerrado tuvieron una supervivencia mayor (19.6 %) que los tratamientos con flujo abierto (1.3%) (Tabla X y XI).

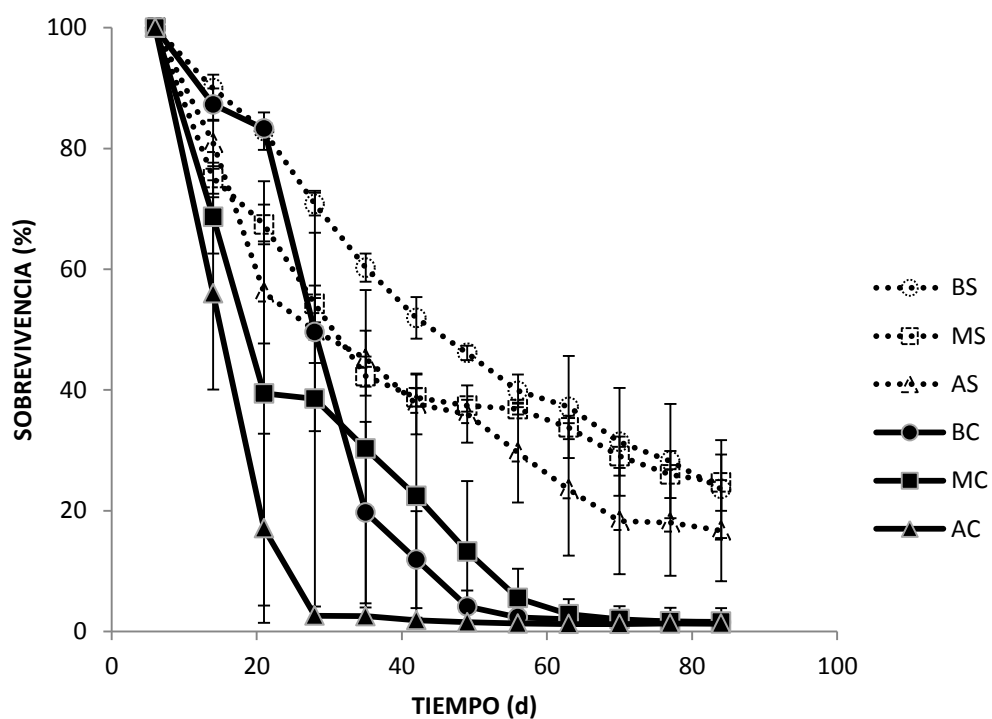


Figura 13. Sobrevivencia (media $\pm$ error estándar) de postlarvas de *H. rufescens* en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo alimentadas con *N. incerta* en el segundo ensayo experimental. El tiempo en días se refiere a la edad de las postlarvas.

Tabla X. Promedios ($\pm$ E. E.) de la sobrevivencia (%) para cada densidad y cada condición de flujo utilizados en el segundo experimento

EDAD	DENSIDAD			FLUJO	
	BAJA	MEDIA	ALTA	CON FLUJO	SIN FLUJO
6	100	100	100	100	100
14	88.6 ± 2.4	71.9 ± 3.4	68.4 ± 13.0	70.7 ± 11.4	82.0 ± 4.5
21	83.1 ± 2.0	53.4 ± 15.7	36.6 ± 16.7	46.6 ± 21.2	68.8 ± 8.2
28	60.2 ± 12.4	46.4 ± 13.6	25.4 ± 15.9	29.7 ± 18.2	58.3 ± 6.4
35	40.0 ± 16.0	36.3 ± 10.5	23.0 ± 14.3	17.0 ± 13.0	49.3 ± 5.7
42	31.9 ± 13.8	30.6 ± 9.0	19.2 ± 12.2	11.7 ± 8.9	42.8 ± 5.1
49	25.1 ± 13.4	25.3 ± 8.8	18.3 ± 11.6	6.7 ± 5.0	39.8 ± 3.7
56	21.1 ± 12.0	21.2 ± 10.1	15.0 ± 10.6	2.8 ± 2.0	35.4 ± 5.1
63	15.5 ± 10.1	18.3 ± 9.9	12.0 ± 10.1	1.8 ± 1.1	28.8 ± 7.4
70	12.7 ± 9.0	15.5 ± 8.8	9.4 ± 7.9	1.4 ± 0.9	23.7 ± 7.0
77	11.3 ± 8.5	13.8 ± 8.1	9.2 ± 7.9	1.3 ± 0.9	21.7 ± 7.0
84	9.5 ± 7.2	13.1 ± 7.9	8.6 ± 7.4	1.3 ± 0.9	19.6 ± 6.6

Tabla XI. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos transformados de la sobrevivencia en el segundo ensayo experimental.

Edad (d)	DENSIDAD		FLUJO		BLOQUES		DENS*FLUJO	
	F	P	F	P	F	P	F	P
14	4.535	0.040	2.736	0.129	0.911	0.433	0.651	0.542
21	5.337	0.034	0.723	0.420	0.011	0.989	0.306	0.744
28	4.882	0.033	6.691	0.027	0.859	0.453	0.983	0.408
35	0.368	0.701	9.731	0.011	0.610	0.562	0.716	0.512
42	0.401	0.680	13.115	0.005	0.860	0.452	0.514	0.613
49	0.102	0.904	24.905	0.001	1.160	0.352	0.548	0.595
56	0.095	0.911	35.338	0.000	1.441	0.282	0.166	0.849
63	0.196	0.825	20.509	0.001	1.362	0.300	0.201	0.821
70	0.303	0.745	20.364	0.001	2.334	0.147	0.372	0.698
77	0.163	0.852	19.443	0.001	3.063	0.092	0.308	0.742
84	0.227	0.801	18.954	0.001	3.178	0.085	0.334	0.724

3.2.2. Longitud

La longitud promedio de las postlarvas de abulón rojo durante el tiempo que duró el experimento se muestra en la Figura 14. Las postlarvas iniciaron con una longitud promedio de 414 μm , llegando a la longitud máxima de 4729 μm en el tratamiento BC al día 84 de edad; así mismo, la longitud mínima final registrada fue de 3425 μm en el tratamiento MC (Tabla XXVI anexos).

Se observó la formación del poro respiratorio entre los días 42 y 49 en los organismos del tratamiento de densidad alta y flujo abierto, entre los días 49 y 56 en los tratamientos de densidad baja y para los organismos de los tratamientos de densidad media y densidad alta sin flujo el poro respiratorio se formó entre los días 56 y 63 de edad de las postlarvas.

En la Tabla XII se presentan las longitudes por niveles de cada factor. El análisis de varianza (Tabla XIII) mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la longitud del factor densidad a partir del día 14, con excepción de los días 49 y 70. Con respecto al factor de la condición de flujo, éste sólo mostró efectos significativos los días 21, 35 y 56. Por último, no se detectaron diferencias significativas entre bloques durante todo el experimento y la interacción de los dos factores mostró diferencias desde el día 28, hasta finalizar el experimento, con excepción de los días 56 y 70 (Tabla XIII). Estas interacciones se debieron principalmente a los patrones diferentes del efecto de la densidad en condiciones estáticas y con flujo. La réplica del tratamiento AC que permaneció a partir del día 28, siempre mostró una longitud superior al

tratamiento AS, lo que no sucedió en las otras dos densidades (Anexos tabla XXVI).

Las pruebas de Tukey (Anexos Tabla XXVII), muestran que la longitud promedio a los días 14 y 21 fue mayor en los tratamientos de baja densidad con 536 y 622 μm que en los tratamientos de media densidad con 500 y 568 μm y densidad alta con 497 y 580 μm , respectivamente (Tabla XII). En los días 28 y 35 la longitud en la densidad media fue menor que en las otras dos. La diferencia entre las densidades media y baja se mantuvo hasta finalizar el experimento a los 84 días, siendo la densidad media la que tuvo menor longitud promedio con 3680 μm y la densidad baja la de mayor longitud con 4423 μm , mientras que la densidad alta no se diferenció de las otras dos con una longitud de 4000 μm (Tabla XII).

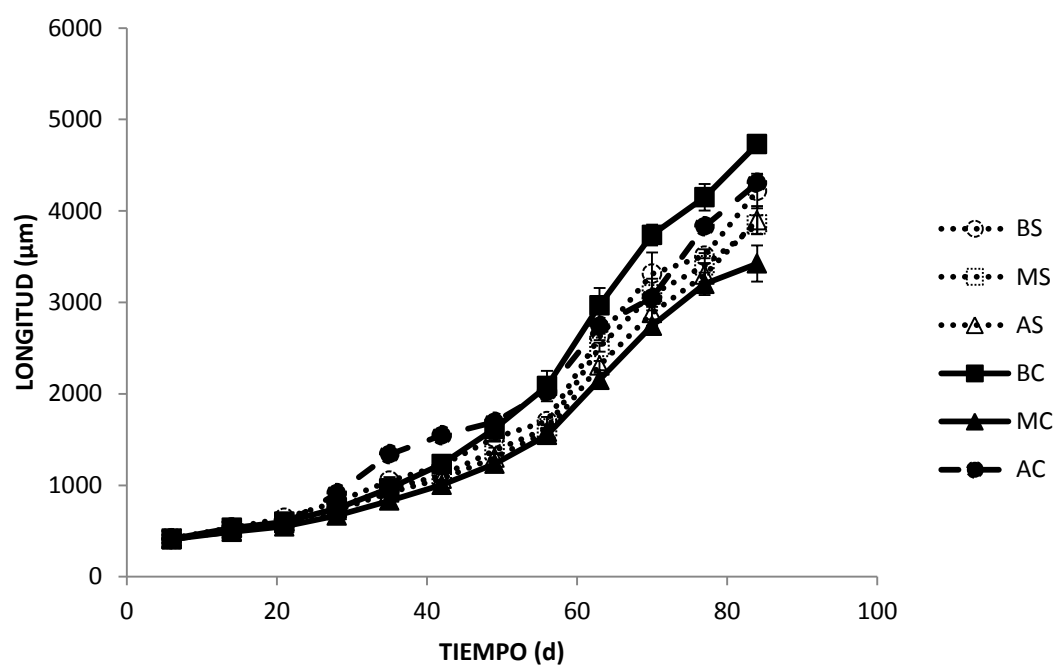


Figura 14. Longitud promedio de postlarvas de *Haliotis rufescens* en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo alimentadas con *N. incerta* en el segundo ensayo experimental durante 84 días de cultivo. (Media $\pm$ error estándar representado con las barras verticales).

Tabla XII. Promedios ($\pm$ E. E.) de la longitud (μm) para cada densidad y cada condición de flujo utilizados en el segundo experimento.

EDAD (d)	DENSIDAD			FLUJO	
	BAJA	MEDIA	ALTA	CON FLUJO	SIN FLUJO
6	418 $\pm$ 3	412 $\pm$ 2	410 $\pm$ 2	412 $\pm$ 2	414 $\pm$ 4
14	536 $\pm$ 6	500 $\pm$ 8	497 $\pm$ 4	506 $\pm$ 13	516 $\pm$ 11
21	622 $\pm$ 13	568 $\pm$ 13	580 $\pm$ 18	578 $\pm$ 20	603 $\pm$ 18
28	785 $\pm$ 27	722 $\pm$ 36	773 $\pm$ 56	749 $\pm$ 52	769 $\pm$ 29
35	1008 $\pm$ 32	910 $\pm$ 56	1024 $\pm$ 122	983 $\pm$ 111	977 $\pm$ 44
42	1227 $\pm$ 53	1068 $\pm$ 57	1190 $\pm$ 143	1209 $\pm$ 129	1134 $\pm$ 52
49	1559 $\pm$ 80	1322 $\pm$ 50	1400 $\pm$ 117	1479 $\pm$ 148	1401 $\pm$ 61
56	1854 $\pm$ 173	1592 $\pm$ 51	1695 $\pm$ 130	1858 $\pm$ 186	1636 $\pm$ 44
63	2761 $\pm$ 169	2367 $\pm$ 119	2417 $\pm$ 132	2596 $\pm$ 261	2481 $\pm$ 86
70	3482 $\pm$ 251	2949 $\pm$ 149	2924 $\pm$ 74	3202 $\pm$ 297	3094 $\pm$ 170
77	3766 $\pm$ 237	3322 $\pm$ 131	3434 $\pm$ 185	3707 $\pm$ 292	3405 $\pm$ 98
84	4423 $\pm$ 231	3680 $\pm$ 190	4000 $\pm$ 171	4123 $\pm$ 395	3989 $\pm$ 160

Tabla XIII. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de la longitud (μm) durante el segundo ensayo experimental.

Edad (d)	DENSIDAD		FLUJO		BLOQUES		DENS*FLUJO	
	F	P	F	P	F	P	F	P
6	2.722	0.114	0.015	0.904	1.968	0.190	0.494	0.624
14	9.441	0.005	0.343	0.571	1.004	0.400	0.978	0.409
21	13.640	0.003	8.585	0.019	2.453	0.148	1.010	0.406
28	15.624	0.003	0.207	0.663	1.369	0.315	26.607	0.001
35	8.379	0.014	15.687	0.005	0.196	0.826	14.324	0.003
42	6.406	0.026	4.152	0.081	0.921	0.442	7.320	0.019
49	3.367	0.105	0.062	0.812	0.265	0.775	5.198	0.049
56	5.997	0.037	7.901	0.031	0.464	0.650	4.099	0.075
63	7.231	0.025	0.052	0.827	0.628	0.566	8.296	0.019
70	5.022	0.052	0.884	0.383	0.766	0.505	1.039	0.410
77	8.610	0.017	1.447	0.274	0.898	0.456	5.936	0.038
84	15.474	0.004	0.177	0.689	1.486	0.299	5.295	0.047

3.2.3. Tasa de crecimiento

En la figura 15 se muestra la tasa de crecimiento promedio que se obtuvo en el segundo experimento. Igual que en el primer experimento, esta tasa de crecimiento fue muy variable (Tabla XXVIII anexos). Al día 21 de edad de las postlarvas la tasa de crecimiento fue menor de 15 $\mu\text{m/d}$ en todos los tratamientos. En los días 28-35, la réplica que permaneció del tratamiento AC tuvo una tasa de crecimiento mayor (61 $\mu\text{m/d}$) mientras que en los demás tratamientos estuvo entre 23 y 33 $\mu\text{m/d}$. Entre los días 56 y 70 se obtuvieron las tasas de crecimiento máximas, siendo mayor a 100 $\mu\text{m/d}$ en casi todos los tratamientos. La tasa de crecimiento más alta se registró en los días 70-77 en el tratamiento AC con 152 $\mu\text{m/d}$ (Anexos tabla XXII).

En la tabla XIV se presentan las tasas de crecimiento promedio por niveles de los factores. El análisis de varianza de dos vías (Tabla XV) mostró diferencias significativas en el factor densidad para los días 6-14 y 21-28, mientras que en el factor flujo sólo hubo diferencias en el periodo 49-56, la interacción densidad-flujo, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) los días 21-28 y 28-35; mientras que los bloques no mostraron diferencias significativas durante todo el experimento. Por otra parte la tasa de crecimiento final (6-84 días) mostró diferencias significativas en el factor de la densidad y en la interacción de los factores de la densidad y condición de flujo. Las interacciones observadas se deben a los diferentes efectos de la densidad en distintas condiciones de flujo.

Las comparaciones múltiples de Tukey (Anexos Tabla XXIX), mostraron que entre los días 6-14 la tasa de crecimiento fue mayor en los tratamientos de densidad baja ($P < 0.05$) con $15 \mu\text{m/d}$ que en los tratamientos de densidad media y alta con $11 \mu\text{m/d}$ respectivamente (Tabla XIV). Para los días 21-28 el análisis de Tukey no presentó diferencias significativas a pesar de que el análisis de varianza registró diferencias entre densidades. Este comportamiento de los datos se debió probablemente a la interacción entre el efecto de la densidad y las condiciones de flujo, ya que la réplica del tratamiento AC en los días 21-28, mostró una tasa de crecimiento superior a la de los demás tratamientos. (Tabla XXVIII anexos).

Al igual que en el primer experimento, se lograron identificar dos fases de crecimiento. La primera fase (6-56 días), presentó un crecimiento menor (entre $23-33 \mu\text{m/d}$) y la segunda fase (56-84 días), presentó un crecimiento mayor ($67-94 \mu\text{m/d}$), el cambio de fases coincidió aproximadamente con la formación del primer poro respiratorio (Tabla XXII anexos).

La tasa de crecimiento total (6-84 días) en la densidad baja fue significativamente mayor ($51 \mu\text{m/d}$) que la densidad media ($42 \mu\text{m/d}$), mientras que la densidad alta no se diferenció de las otras dos ($46 \mu\text{m/d}$). (Tabla XIV).

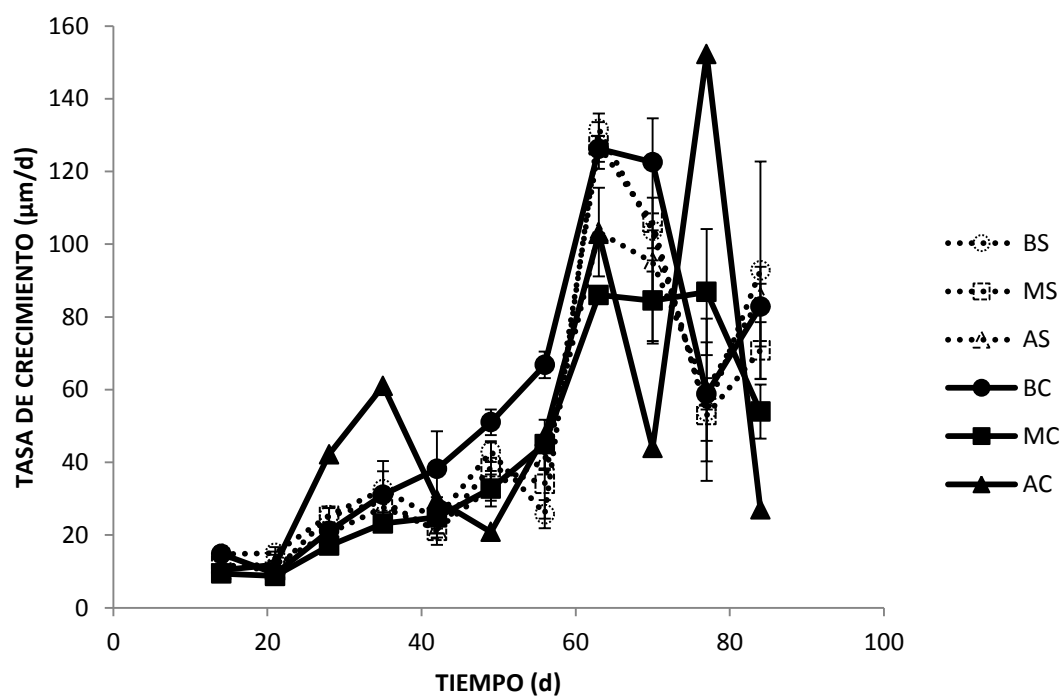


Figura 15. Tasa de crecimiento en postlarvas de *Haliotis rufescens* en tres densidades y dos condiciones de flujo alimentadas con *N. incerta* durante el segundo ensayo experimental. Cada punto señala la tasa de crecimiento entre ese día y el anterior. (Media $\pm$ error estándar representado con las barras verticales).

Tabla XIV. Promedios ($\pm$ E. E.) de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) para cada densidad y cada condición de flujo utilizados en el segundo experimento.

EDAD (d)	DENSIDAD			FLUJO	
	BAJA	MEDIA	ALTA	CON FLUJO	SIN FLUJO
6-14	15 $\pm$ 1	11 $\pm$ 1	11 $\pm$ 0.5	12 $\pm$ 2	13 $\pm$ 1
14-21	12 $\pm$ 2	10 $\pm$ 1	12 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	12 $\pm$ 1
21-28	23 $\pm$ 2	22 $\pm$ 3	26 $\pm$ 6.7	23 $\pm$ 16	24 $\pm$ 2
28-35	32 $\pm$ 6	27 $\pm$ 3	36 $\pm$ 10	33 $\pm$ 9	30 $\pm$ 4
35-42	31 $\pm$ 8	23 $\pm$ 3	24 $\pm$ 4	32 $\pm$ 8	22 $\pm$ 3
42-49	46 $\pm$ 4	36 $\pm$ 5	30 $\pm$ 4.6	38 $\pm$ 8	38 $\pm$ 5
49-56	42 $\pm$ 13	44 $\pm$ 7	42 $\pm$ 3	54 $\pm$ 8	37 $\pm$ 7
56-63	129 $\pm$ 4	111 $\pm$ 14	103 $\pm$ 10	105 $\pm$ 12	121 $\pm$ 10
63-70	111 $\pm$ 23	93 $\pm$ 9	82 $\pm$ 16	92 $\pm$ 19	99 $\pm$ 16
70-77	56 $\pm$ 13	62 $\pm$ 10	83 $\pm$ 31	80 $\pm$ 25	58 $\pm$ 14
77-84	89 $\pm$ 22	60 $\pm$ 7	71 $\pm$ 17	60 $\pm$ 15	81 $\pm$ 17
6-84	51 $\pm$ 3	42 $\pm$ 2	46 $\pm$ 2	48 $\pm$ 5	46 $\pm$ 2

Tabla XV. Resultados de las pruebas de ANOVA con los datos obtenidos de la tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) durante el segundo ensayo experimental.

Edad (d)	DENSIDAD		FLUJO		BLOQUES		DENS*FLUJO	
	F	P	F	P	F	P	F	P
6-14	10.928	0.003	1.960	0.192	1.054	0.384	0.833	0.463
14-21	1.731	0.237	2.768	0.135	2.084	0.187	1.181	0.355
21-28	7.280	0.020	2.851	0.135	1.716	0.248	17.280	0.002
28-35	3.962	0.071	2.986	0.128	0.535	0.608	5.171	0.042
35-42	2.124	0.190	1.716	0.232	4.413	0.058	0.915	0.444
42-49	4.409	0.066	0.334	0.584	0.033	0.967	1.266	0.348
49-56	0.180	0.839	6.369	0.045	0.590	0.583	4.932	0.054
56-63	4.364	0.068	3.401	0.115	0.208	0.818	2.764	0.141
63-70	1.278	0.345	0.128	0.733	0.636	0.561	0.874	0.464
71-77	3.906	0.082	5.150	0.064	1.852	0.236	3.553	0.096
77-84	0.578	0.589	1.107	0.333	0.580	0.589	0.206	0.820
6-84	15.873	0.004	0.324	0.590	2.203	0.192	5.362	0.046

3.2.4. Relación de la tasa de crecimiento con la densidad

Las figuras 16,17 y 18 muestran las relaciones entre densidad de cultivo y tasa de crecimiento para los diferentes periodos. De acuerdo con el análisis de regresión (Anexos Tabla XXX) no hubieron regresiones significativas ($P < 0.05$). En la relación de la tasa de crecimiento con la densidad postlarval por fases y total (Figura 19 A, B, C), las regresiones lineales tampoco fueron significativas en ningún caso (Anexos Tabla XXX), lo cual indica que la tasa de crecimiento fue similar a pesar de que la densidad postlarval fue muy diferente.

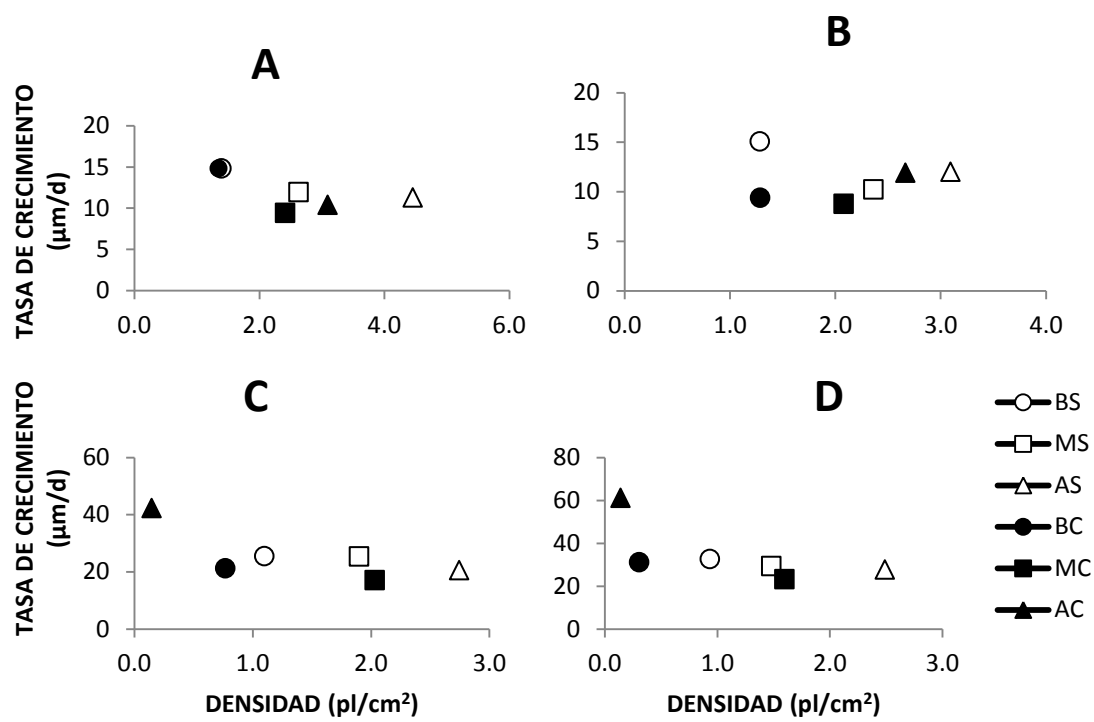


Figura 16. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2) del segundo ensayo experimental. A) primera semana de los 6 a los 14 días de edad. B) segunda semana de los 14 a los 21 días de edad. C) tercera semana de los 21 a los 28 días de edad. D) cuarta semana de los 28 a los 35 días de edad.

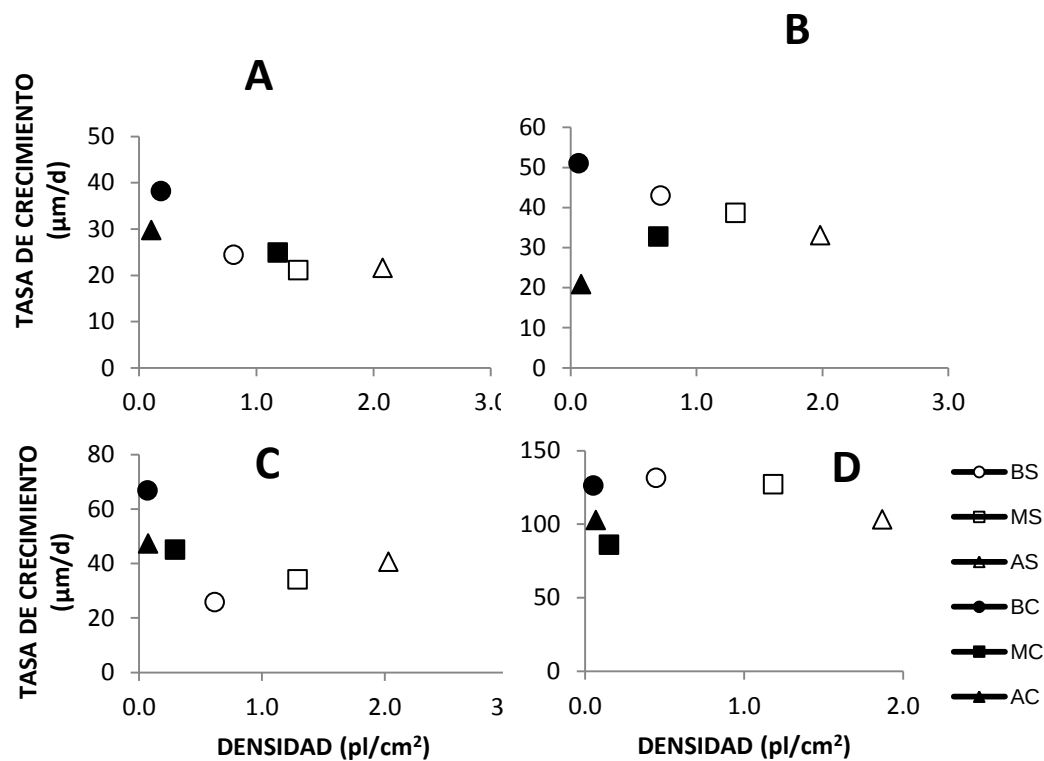


Figura 17. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2) del segundo ensayo experimental. A) quinta semana del de los 35 a los 42 días de edad. B) sexta semana de los 42 a los 49 días de edad. C) séptima semana de los 49 a los 56 días de edad. D) octava semana de los 56 a los 63 días de edad.

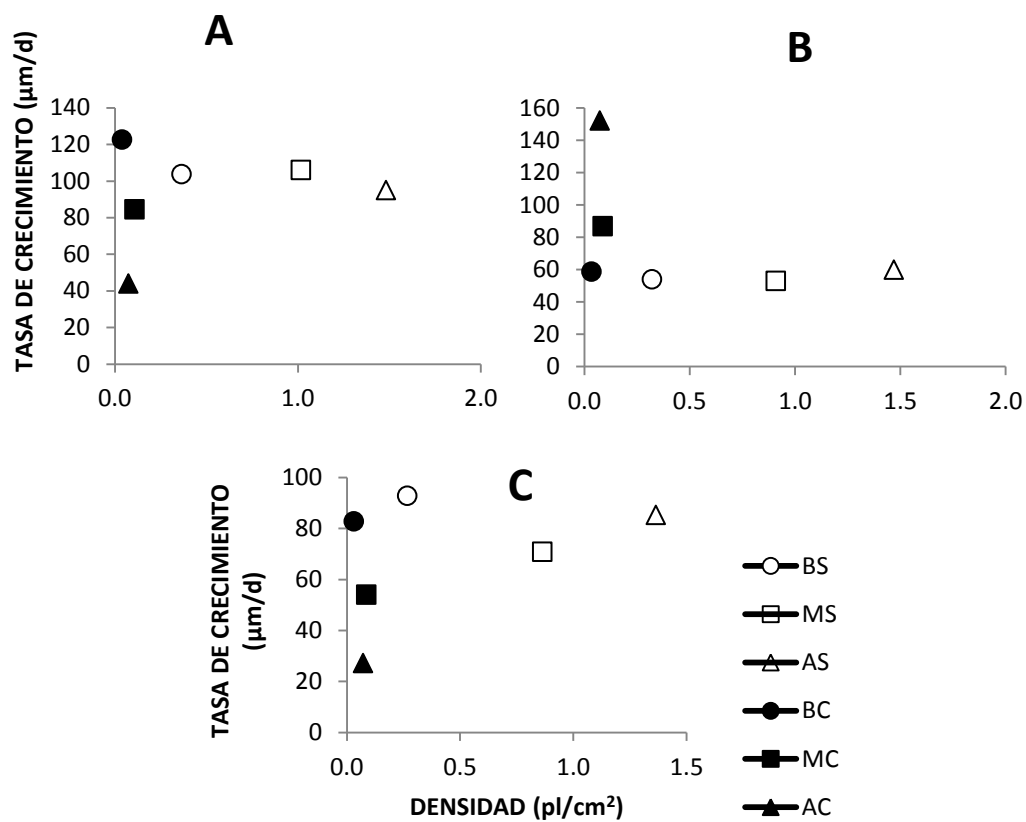


Figura 18. Tasa de crecimiento ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarvas (pl/cm^2) en el segundo ensayo experimental. A) novena semana de los 63 a los 70 días de edad. B) decima semana de los 70 a los 77 días de edad. C) onceava semana de los 77 a los 84 días de edad.

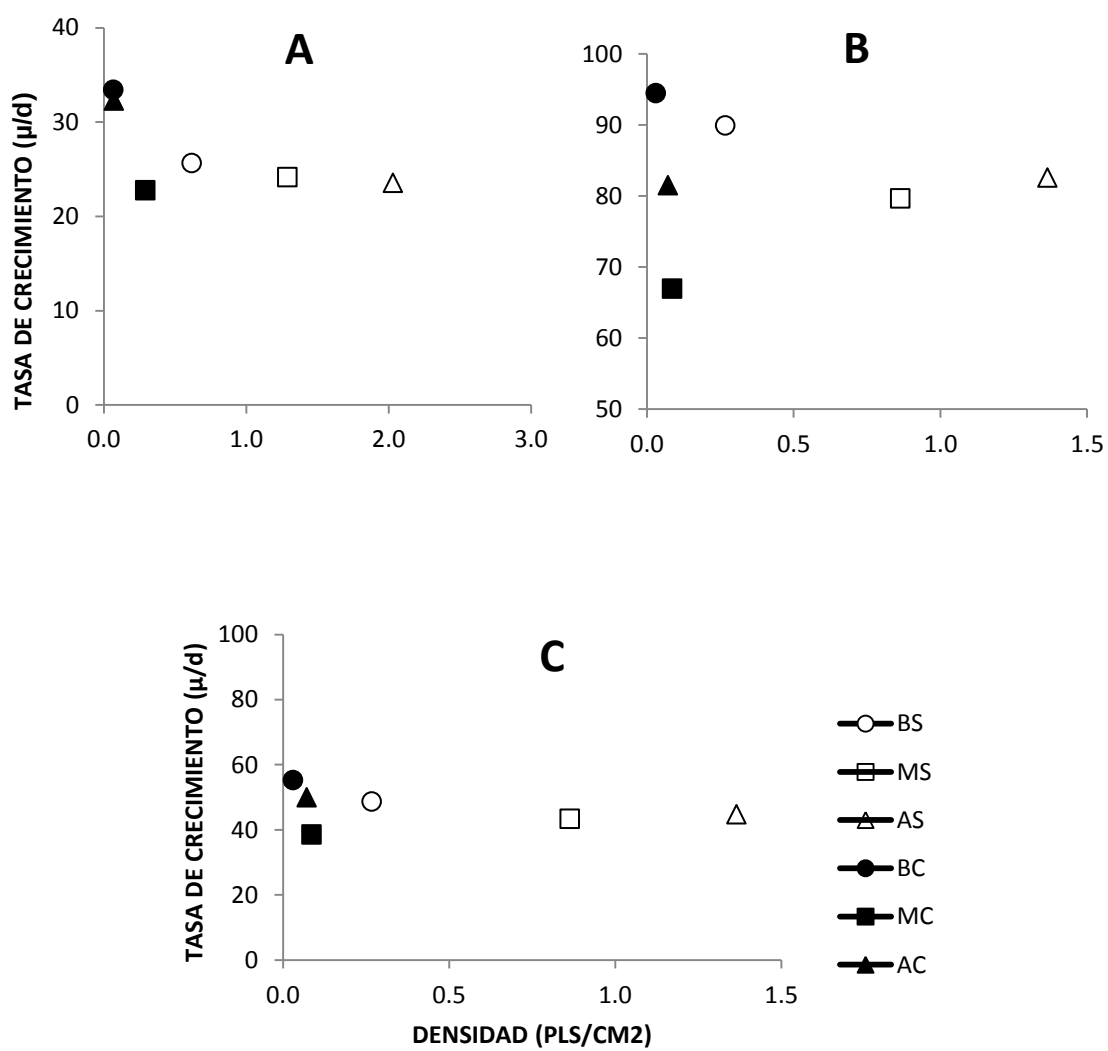


Figura 19. Tasa de crecimiento total ($\mu\text{m/d}$) contra densidad de postlarva (pl/cm^2) por fases. A) Fase 1 (6-56 días), B) fase 2 (56-84 días), C) fase total (6-84 días).

3.2.5. Parámetros ambientales

La figura 20 presenta los datos de los registros de parámetros ambientales. La temperatura promedio que se registró a lo largo del segundo experimento fue de 16.7 ± 0.3 °C en el ambiente y de 16.5 ± 0.3 °C en el agua (Figura 20 A). La intensidad luminosa promedio registrada para cada uno de los bloques fue de 296 ± 7 luxes en el bloque 1, de 258 ± 9 luxes en el bloque 2 y de 237 ± 8 luxes en el bloque 3 (Figura 20 B).

En lo que respecta al oxígeno disuelto se registró un promedio de 8.14 ± 0.19 y 8.05 ± 0.32 mg/l en el sistema de flujo cerrado, antes y después de proporcionar el alimento respectivamente; mientras que en el sistema de flujo abierto el promedio registrado fue de 8.22 ± 0.14 y 8.20 ± 0.17 mg/l antes y después de proporcionar el alimento respectivamente (Figura 20 C).

El pH promedio registrado durante el desarrollo del experimento fue de 7.99 ± 0.11 y de 8.23 ± 0.17 antes y después de alimentar a las postlarvas del sistema de flujo cerrado; mientras que en el sistema de flujo abierto el pH promedio registrado fue de 8.05 ± 0.09 y 8.04 ± 0.09 antes y después de alimentar a las postlarvas (Figura 20 D).

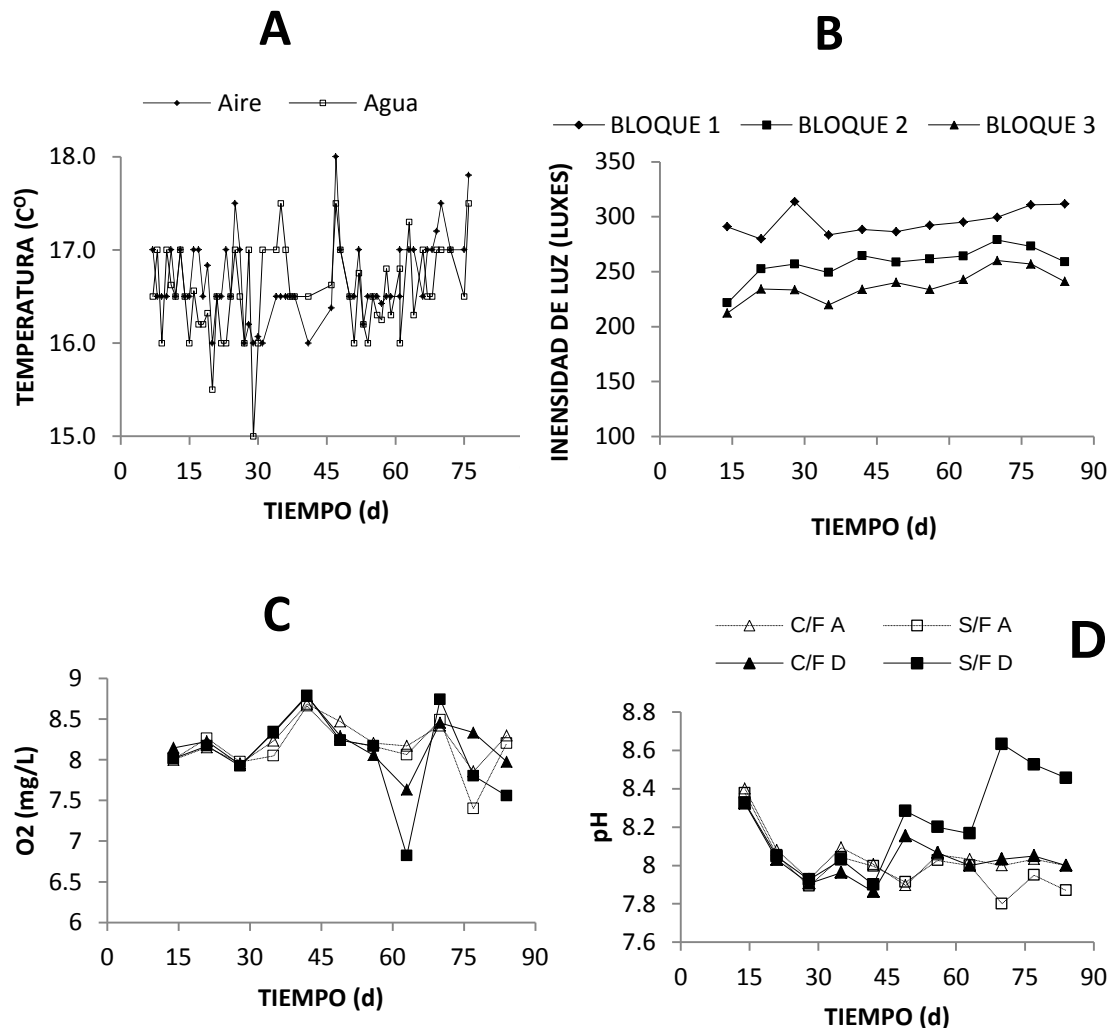


Figura 20. Parámetros ambientales registrados durante el desarrollo del ensayo experimental. A) Registros de la temperatura del ambiente y del agua. B) Registros de la intensidad luminosa. C) Registros del oxígeno disuelto. D) Registros del pH. En los registros de oxígeno disuelto y pH los símbolos utilizados significan lo siguiente: C/F A: sistema de flujo abierto y registro antes de alimentar a las postlarvas. C/F D: sistema de flujo abierto y registro después de alimentar a las postlarvas. S/F A: sistema de flujo cerrado y registro antes de alimentar a las postlarvas. S/F D: sistema de flujo cerrado y registro después de alimentar a las postlarvas.

4. DISCUSION

4.1. Efecto de la densidad postlarval.

En la tabla XVI se presentan las tasas de sobrevivencia y crecimiento de este estudio y de otros estudios publicados sobre postlarvas de *Haliotis rufescens*. En general las tasas de sobrevivencia y crecimiento registradas en este estudio están dentro de los rangos publicados anteriormente.

4.1.1. Efecto de la densidad postlarval en la sobrevivencia.

En ambos experimentos, se observó una sobrevivencia significativamente menor en la densidad alta durante las primeras semanas (Tabla IV y X). En el primero, esta diferencia se mantuvo a lo largo del experimento (Tabla IV) y en el segundo, la sobrevivencia tendió a ser similar entre densidades hacia el final del experimento (Tabla X).

Se sugiere que este efecto de la densidad puede estar asociado a diferentes factores como la competencia por alimento y espacio (Huchette *et al.*, 2003), proliferación de agentes patógenos como protozoarios, virus o bacterias (Ebert y Houk, 1984; Anguiano-Beltrán *et al.*, 1998) o a una supersaturación de oxígeno en la capa límite del sustrato (Searcy-Bernal 1996) debido al exceso de alimento en algunas unidades experimentales por las rutinas de alimentación utilizadas. A pesar de no ser evaluados estos factores, es probable que hayan contribuido a la mortalidad de postlarvas en este estudio.

Tabla XVI. Comparación de la tasa de crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de abulón rojo registradas en la literatura consultada a escala experimental y escala comercial (*).

LONGITUD INICIAL μm	LONGITUD FINAL μm	TIEMPO (d)	DENSIDAD (pl/cm ²)	TASA DE CRECIMIENTO FINAL $\mu\text{m/d}$	SOBREVIVENCIA FINAL %	TIPO DE ALIMENTO	AUTOR
453-496 410-420	3100-3800 3900-4700	69 84	1-4 1.5-5.5	48-56 C/F 43-49 S/F 39-55 C/F	1-7 C/F ⁽¹⁾ 1-2 C/F ⁽¹⁾ 17-24 S/F ⁽²⁾	<i>Navicula incerta</i>	Este trabajo
490	3200-4500	63	1	56-61 C/F 44-47 S/F	26-43 C/F 35-68 S/F	<i>Navicula incerta</i>	Anguiano-Beltrán y Searcy-Bernal (aceptado)
250	3476	82	1	39	-	<i>Navicula incerta</i>	Muñoz-Castro *2011
272	5000 C/F 2000 S/F	78	1	53-66 C/F 23-25 S/F	3-6 C/F 40-45 S/F	<i>Navicula incerta</i>	Miranda-Saucedo 2009
250	1,413	50	2.1	21.3	-	<i>Navicula incerta</i>	Correa-Reyes et al 2008
332	2,000 S/F 1,800 C/F	44	0.1	31-36 C/F 34-38 S/F	52 C/F 80 S/F	<i>Navicula incerta</i>	Searcy-Bernal y Gorrostieta-Hurtado, 2007
480	-	20 32	1	14.4-34.7 S/F 4.8-14.4 S/F	> 80 S/F <70 S/F	<i>Navicula incerta</i>	Gorrostieta-Hurtado 2005
-	6,800	121-145	1.5	40-59	8-11 C/F	-	Badillo-Sotelo* 2002
-	-	60	-	-	5-10 C/F	-	Searcy-Bernal* 1992 Hahn 1989

(1) C/F: condición de flujo estático.

(2) S/F: condición de flujo abierto.

Sin embargo, la competencia por alimento probablemente tuvo poco efecto, debido a que las dietas se suministraron con base en el número de postlarvas.

4.1.2. Efecto de la densidad postlarval en el crecimiento.

Las tasas de crecimiento y los factores que lo afectan son probablemente el elemento de mayor importancia económica en el cultivo de abulón, ya que los costos disminuyen mientras mayor es la tasa de crecimiento (Hahn, 1989).

La mayoría de los autores coinciden en que hay una relación inversa entre el crecimiento y la densidad de cultivo del abulón (Daume *et al.*, 2004; Huchette *et al.*, 2003; Miranda-Saucedo, 2009) asociada generalmente a una competencia por el alimento y/o espacio.

En ambos experimentos de este trabajo, los ANOVAs mostraron un efecto significativo de la densidad inicial de postlarvas sobre la tasa de crecimiento promedio final, así como en algunos muestreos intermedios (Tabla IX y XV).

En el primer experimento, el crecimiento promedio final fue mayor en la densidad baja, seguido de la alta y por último de la media (59, 53 y 50 $\mu\text{m}/\text{d}$, respectivamente) (Tabla VIII); sin embargo, la mortalidad en la condición de densidad alta produjo que esta terminara con una densidad intermedia entre las densidades baja y media (Tabla VIII, Fig. 11). De modo que esta evidencia estadística apoya la relación inversa entre densidad y tasa de crecimiento (menor crecimiento a mayor densidad).

Similarmente, en el segundo experimento, el crecimiento final fue mayor en la densidad baja, seguido de la alta y de la media (51, 46 y 42 $\mu\text{m}/\text{d}$,

respectivamente) (Tabla XIV); sin embargo, a diferencia del primer experimento, el orden de estas densidades sí se mantuvo hasta el final (Fig. 19). De esta forma, el hecho de obtener un crecimiento mayor en la densidad alta que en la densidad media, no soporta un patrón inverso de densidad-dependencia.

Las regresiones de la tasa de crecimiento con la densidad final, apoyan los patrones mencionados arriba, ya que en el primer experimento (Fig. 11) se observaron regresiones lineales significativas, tanto en el crecimiento por fases como en la total (Fig. 11, tabla XXIII del anexo) mientras que en el segundo experimento, dichas regresiones no fueron significativas (Fig. 19, tabla XXX del anexo). Esta diferencia entre experimentos, sugiere que la rutina alimenticia basada en la longitud es más eficiente para controlar problemas de densidad-dependencia, que la rutina basada en la edad postlarval.

Los resultados anteriores pueden ser de gran importancia para las granjas comerciales, ya que al igual que cualquier tipo de producción animal, la meta es obtener organismos de una manera controlada en altas densidades con crecimiento óptimo.

4.2. Efecto del flujo (experimento 2)

4.2.1. Efecto del flujo en la sobrevivencia.

A pesar de que el flujo abierto se recomienda en el cultivo de abulón debido a que regula la concentración de oxígeno, ayuda eliminando desechos y estimula la alimentación (Roberts *et al.*, 2000); también puede llegar a provocar que las condiciones ecológicas del fondo de los tanques no sean las adecuadas debido a la proliferación de bacterias o ciliados que pueden causar la mortalidad de las postlarvas (Searcy-Bernal *et al.*, 2007).

A partir de la tercer semana del segundo experimento la sobrevivencia fue significativamente mayor en el sistema de flujo cerrado que en el sistema de flujo abierto (Tabla XI). Si bien la sobrevivencia final en condiciones estáticas se encuentra por debajo de los porcentajes reportados por otros autores (Anguiano-Beltrán y Searcy-Bernal, aceptado; Miranda-Saucedo 2009; Gorrostieta-Hurtado, 2005; ver Tabla XVI), es importante señalar que las densidades de cultivo con las que se trabajaron en este estudio fueron mucho mayores, de hasta 5.5 pl/cm².

Se sugiere que esta diferencia entre condiciones de flujo se debió al lavado diario de los recipientes sin flujo, que si bien no eliminó a los agentes patógenos antes mencionados, si ayudó a controlar su proliferación debido a la remoción de postlarvas muertas, heces y exceso de alimento. Por otro lado, en los recipientes con flujo abierto que se lavaron una vez a la semana,

proliferaron los protozoarios debido a las postlarvas muertas y a la acumulación de heces y de alimento.

Searcy-Bernal *et al.*, (1992) consideran que la sobrevivencia de postlarvas de abulón en las granjas de cultivo en general es menor al 10% en los primeros dos meses después del asentamiento, por lo que las sobrevivencias reportadas en los tratamientos de la condición de flujo estático se encuentran por encima de las sobrevivencias reportadas en granjas de cultivo comercial, mientras que los tratamientos con condición de flujo abierto se encuentran dentro de estos porcentajes de sobrevivencia.

4.2.2. Efecto del flujo en el crecimiento

La tasa de crecimiento final fue similar entre tratamientos (Tablas XIV y XV), por lo que al igual que en el trabajo realizado por Anguiano-Beltrán y Searcy-Bernal (sometido), se sugiere que los cultivos se pueden llevar a cabo con éxito en condiciones de flujo estático.

El flujo tiende a promover un mayor desarrollo de la biopelícula de diatomeas, posiblemente por el aporte continuo de nutrientes y la disminución de la altura de la capa límite (Searcy-Bernal y Gorrostieta-Hurtado, 2007), lo que puede repercutir en un mayor crecimiento postlarval. Sin embargo, en este estudio la alimentación intensiva con *N. incerta* se realizó de acuerdo con los requerimientos para un crecimiento óptimo, y posiblemente esto favoreció a que no se observaran diferencias en el crecimiento respecto a la condición de flujo.

4.3. Efecto de la rutina alimenticia

4.3.1. Dieta completa vs dieta media (experimento 1)

En general, no se encontraron diferencias significativas en la sobrevivencia y crecimiento entre la dieta completa y la media dieta en el primer ensayo experimental, aunque la sobrevivencia final fue mayor en la media dieta (5.9 %) que en la completa (3.4 %), mientras que el crecimiento promedio final fue ligeramente mayor en la dieta completa (56 $\mu\text{m/d}$) que en la media (52 $\mu\text{m/d}$) ($P=0.077$) (Tablas IV, V, VIII y IX).

Ese resultado sugiere que la dieta utilizada en este experimento (Tabla II), diseñada con base en los datos de edad postlarval de Miranda-Saucedo (2009), resultó en sobre-estimaciones de los requerimientos óptimos de *N. incerta*, de modo que el utilizar sólo la mitad de la dieta sugerida con este enfoque produciría un crecimiento similar con el beneficio de la reducción de los costos de producción.

4.3.2. Rutina basada en la edad o longitud

A pesar de que la cantidad de células disponibles para cada postlarva en los dos ensayos no fue la misma, debido a que el modelo que se aplicó se basó en la edad de las postlarvas en el primer ensayo y en el segundo ensayo el modelo se basó en la longitud de las postlarvas (Tabla II y III, respectivamente), en los dos ensayos se sugiere que el crecimiento registrado fue el adecuado ya que se encuentra en el rango reportado por la mayoría de los autores que han trabajado con postlarvas de abulón (Tabla XVI).

Por otro lado, comparar una rutina con otra es difícil ya que se realizaron en diferentes tiempos y con distintos lotes de postlarvas, pero si tomamos en cuenta la relación tasa de crecimiento-densidad postlarval final, se puede sugerir que la rutina de alimentación con base en la longitud fue mejor ya que según los análisis de regresión lineal (Tabla XXIII y XXX anexos), se logró disminuir la relación inversa entre la tasa de crecimiento y la densidad de cultivo.

Aun así, durante el desarrollo del segundo ensayo experimental se observó que la rutina alimenticia utilizada pudo haber afectado la sobrevivencia de manera negativa, ya que el aumentar un 50% la cantidad de alimento dió como resultado que al día 63, al tener más de 1,000 postlarvas en las unidades experimentales de densidad alta, la cantidad excesiva de alimento se concentrara en el fondo de la unidad experimental provocando que la mayoría de las postlarvas que estaban en el fondo murieran, mientras que las que quedaron vivas se desplazaron hacia la parte alta de los recipientes. Por este motivo, se modificó nuevamente la rutina alimenticia y se utilizaron posteriormente los cálculos iniciales.

4.4. Efecto de las diatomeas en el oxígeno y pH

Si bien los registros de oxígeno y pH se tomaron de manera superficial y no a nivel de la capa límite, se encuentran dentro de los rangos óptimos para el cultivo de abulón (Hahn 1989, Searcy-Bernal 1996, Leighton 2000). Los registros de oxígeno a lo largo del tiempo en el segundo ensayo experimental, no muestran una tendencia clara de que la cantidad de diatomeas vertidas en las unidades experimentales haya afectado la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, ya que en la mayoría de las semanas los registros se mantuvieron similares, pero en el día 63 los registros se comportaron de manera diferente, lo cual se sugiere pudo haber pasado debido a que hubo un error al momento de tomar las muestra, ya que se cambió la membrana del oxímetro y se tuvo dificultades en la calibración.

Aunque cabe esperar un aumento de la concentración de oxígeno al agregar densidades altas de diatomeas, en condiciones de iluminación continua, posiblemente no se observó este efecto debido a que el oxímetro utilizado requería la agitación del sensor en el agua para tomar las lecturas, lo que pudo provocar el intercambio de gases con la atmósfera adyacente.

Por el contrario, los registros de pH, aumentaron conforme se aumentó la cantidad de diatomeas vertidas a partir del día 56 en los tratamientos con el flujo cerrado, sin embargo en los tratamientos con flujo abierto no se ve ese aumento debido posiblemente a la poca sobrevivencia de postlarvas en las últimas semanas del ensayo, lo cual hizo que la cantidad de células vertidas en

las unidades experimentales fuera mínima comparada con las células vertidas en los tratamientos con flujo cerrado.

El aumento de pH al suministrar inóculos densos de diatomeas, se puede deber a la disminución del ácido carbónico por efecto de la fotosíntesis (Caldeira y Wickett, 2003).

5. CONCLUSIONES

- En el primer experimento la sobrevivencia fue menor al 8 % en todos los tratamientos
- En el segundo experimento la sobrevivencia fue mayor en los tratamientos con flujo estático.
- La tasa de crecimiento final en ambos experimentos fue mayor en los tratamientos de baja densidad.
- La relación de la tasa de crecimiento con la densidad postlarval final en el primer experimento sugirió una relación inversa, mientras que en el segundo experimento no presentó un patrón inverso de densidad-dependencia en el crecimiento.
- El presente trabajo sugiere que los cultivos de postlarvas de abulón rojo (*Haliotis rufescens*) en densidades altas se pueden llevar a cabo con éxito ya que la sobrevivencia y el crecimiento de las postlarvas en ambos experimentos se encontraron entre los rangos adecuados reportados con anterioridad en otros trabajos (Tabla XVI), ya sea a escala experimental o escala comercial.

6. RECOMENDACIONES

1. Es importante hacer modificaciones a los cálculos de las rutinas de alimentación, de tal manera que se pueda proporcionar un mayor número de células de diatomea por postlarva sin llegar a ser excesivo, a partir del segundo mes del cultivo.
2. Para efectos del análisis estadístico, se recomienda contar con un mayor número de réplicas para que el análisis de varianza detecte con mayor potencia la variabilidad entre los tratamientos.
3. En casos de densidades postlarvales altas, podría ser conveniente dividir la ración de alimento disponible dos veces por día, para evitar mortalidad por acumulación de alimento en el fondo.
4. Es necesario hacer estudios de este tipo a una escala mayor para evaluar la aplicación de los resultados de este estudio a nivel comercial.

7. LITERATURA CITADA

- Anguiano-Beltrán, C., R. Searcy-Bernal, y M. L. Lizárraga-Partida, 1998. Pathogenic effects of *Vibrio alginolyticus* on larvae and postlarvae of the red abalone (*Haliotis rufescens*). Dis. Aquat. Org. 33: 111-118.
- Anguiano-Beltrán C. y R. Searcy-Bernal, (aceptado). Survival and growth of red abalone *Haliotis rufescens* under different static and flow conditions. J. Shellfish Res.
- Badillo-Sotelo, L. M., 2002. Comparación de metodologías para la fijación y cultivo del abulón. Documento recepcional para obtener la Licenciatura en Oceanología con la opción experiencia profesional. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada B. C., 20 pp.
- Caldeira, K. y M. E. Wickett, 2003. Anthropogenic carbon and ocean pH. Nat. 425: 365.
- Correa-Reyes, G., P. Sánchez-Saavedra, D. Siqueiros-Beltrones y N. Flores-Acevedo, 2001. Isolation and growth of eight strains of benthic diatoms cultured under two light conditions. J. Shellfish Res. 20: 603-610.
- Correa-Reyes, G., P. Sánchez-Saavedra, 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. 10.1007.
- Crim, R. N., J. M. Sunday y C. D. G. Harley, 2011. Elevated seawater CO² concentrations impair larval development and reduce larval survival in endangered northern abalone (*Haliotis kamtschtkana*). J. of Exp. Mar. Bio. and Eco. 400: 272-277.
- Daume, S., S. Huchette, S. Ryan y R. W. Day, 2004. Nursery culture of *Haliotis rubra*: The effect of cultured algae and larval density on settlement and juvenile production. Aquaculture 236:221–239.
- Day, R., P. Gilmour y S. Huchette, 2004. Effects of Density and food supply on postlarval abalone: Behaviour, Growth and Mortality. J. of Shellfish Res. 23 (4): 1009-1018.

- Ebert, E. E., y J. L. Houk, 1984. Elements and innovation in the cultivation of red abalone *Haliotis rufescens*. *Aquaculture* 39: 375-392.
- Gorrostieta-Hurtado, E., 2005. Efecto de la Densidad de alimento, la luz y el flujo de agua en el crecimiento de las postlarvas de abulón *Haliotis spp.* Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. Ensenada B. C. México. pp.: 243.
- Guzmán-Del Proó, S. A., 1992. A review of the biology of abalone and its fishery in México. En: S.A. Shepherd, M. J. Tegner, y S.A. Guzmán del Proó (Editores). *Abalone of the world: Biology, Fisheries, and Culture*. Fishing News Book, Oxford, UK. 341-360 pp.
- Hahn, K. O., 1989. Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. CRC Press. Boca Ratón Florida. 348 pp.
- Hone, P., S. Madigan y A. Fleming, 1997. "Abalone hatchery manual for Australia". South Australian Research and Development Institute. 34 pp.
- Huchette, S. M. H., C. S. Koh y R. W. Day, 2003. The effects of density on the behaviour and growth of juvenile blacklip abalone (*Haliotis rubra*). *Aquaculture International* 11:411-428.
- Kawamura, T., R. D Roberts y H. Takami, 1998. A review of the feeding and growth of postlarval abalone. *J. of Shellfish Res.* 17 (3): 615-625.
- Leighton, L. D., 2000. The biology and culture of the California abalones. Dorrance Publishing Co. Pittsburgh, Pennsylvania. 216 pp.
- Martinez-Ponce, D. R. y R. Searcy-Bernal, 1998. Grazing rates of red abalone (*Haliotis rufescens*) postlarvae feeding on the benthic diatom *Navicula incerta*. *J. Shellfish Res.* 17: 627-630.
- Miranda-Saucedo, C. M., 2009. Sobrevivencia y crecimiento de postlarvas y juveniles de *Haliotis rufescens* (Swainson, 1982) con diferentes rutinas de alimentación con *Navicula incerta*. Tesis de Licenciatura en Biología Marina, 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 en Biología. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán. México.

- Pérez-Muñoz, G. E., 1995. El Cultivo de abulón en México: Desarrollo histórico, estado actual y sus perspectivas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B. C. México. 121 pp.
- Ponce-Díaz, G., E. Chávez-Ortíz y M. Ramade-Villanueva, 2000. Evaluation of the green abalone *Haliotis fulgens* fishery in Bahía Asunción, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas. Vol. 26(3): 393-412.
- Ponce-Díaz, G., S. Sánchez-Hernández y E. Yuen-Sánchez, 2003. alternativas para fortalecer la cadena productiva de la pesquería de abulón. CONAPESCA-CIBNOR. La Paz, México: 157 pp.
- 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.
- Roberts, R. D., T. Kawamura y H. Takami, 2000. Diatoms for culture: a workshop for abalone famers. Cawthron Report No. 547. Japan: Tohoku National Fisheries Research Institute Japan. 28 pp.
- Roberts, R. D., N.P. Revsbech, y L.R. Daamgaard. 2007. Effect of water velocity and benthic diatom morphology on the water chemistry experienced by postlarval abalone. J. of Shellfish Res. 26 (3): 745-750.
- Rojo-Salazar, G., 2002. Sobrevivencia y crecimiento de postlarvas y juveniles de *Haliotis rufescens* alimentadas con diatomeas bentónicas. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B. C. 103 pp.
- Salas-Garza, A. y R. Searcy-Bernal, 1992. Desarrollo y estado actual del cultivo de abulón en México. Abalone of the world: Biology, Fisheries, and Culture. Fishing News Book, Oxford, UK. p. 538-545.
- Searcy-Bernal, R., A. E. Salas-Garza y R. A. Flores-Aguilar, 1988. Crecimiento de postlarvas de abulón azul (*Haliotis fulgens*) en un laboratorio mexicano. Ciencias Marinas 14 (4): 57-72.
- 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 rufescens*. Aquaculture 105: 241-250.

- Searcy-Bernal, R. 1996. Boundary layers and abalone postlarval culture. Preliminary studies. *Aquaculture* 140: 129-137.
- Searcy-Bernal, R. y C. Anguiano-Beltrán, 1998. Optimizing the concentration of gamma-aminobutyric acid (GABA) for inducing larval metamorphosis in the red abalone *Haliotis rufescens*. *J. World Aquaculture. Soc.* 29: 463-470.
- Searcy-Bernal, R., L. A. Vélez-Espino, y C. Anguiano-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. y E. Gorrostieta-Hurtado, 2007. Effect of darkness and water flow rate on survival, grazing and growth rates of abalone *Haliotis rufescens* postlarvae. *J. of Shellfish Res.* 26 (3): 789-794.
- Searcy-Bernal, R., M. R. Ramade-Villanueva y B. Altamira, 2010a. Current status of abalone Fisheries and culture in Mexico. *J. of Shellfish Res.* 29 (3): 573-576.
- Searcy-Bernal, R., J. A. Espinoza-Montes y C. Anguiano-Beltrán, 2010b. Repoblamiento de abulón en México. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C., 82 pp.
- SEPESCA, 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico del Cultivo del Abulón. Instituto Nacional de Ecología. 89 pp.
- Sokal, R. F., y J. Rohlf, 2002. Introducción a la bioestadística. Editorial Reverte.
- Stott, A., T. Takeuchi y Y. Koike, 2004. Performance of a new artificial abalone hatchery culture system in terms of settlement of larvae and growth and survival of postlarval *Haliotis discus discus* (Reeve). *Fish. Sci.* 70, 1070-1081.
- Toshihiro, O., T. Kawamura, S. Ohashi, S. Iwanaga, y T. Horii, 2011. Growth and survival of juvenile abalone *Haliotis diversicolor* fed on brown macroalgal gametophytes, a potential alternative initial diet. *Aquaculture* 311: 79-83
- Viana, M. T., G. Correa, J. P. Lazo, R. Frías-Díaz, E. Durazo-Beltrán y C. Vásquez-Peláez, 2007. Digestive physiology 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.

Watson, D., S. Daume, J. Prince, L. Beazley y B. Knott, 2005. The influence of culture conditions on the growth and biochemical composition of an algal feed for juvenile greenlip abalone (*Haliotis laevis*). *Moll. Res.* 25 (1): 1-8.

Wen-Rong, C., C. Y. Huang, y S. S. Sheen, 2010. Development of formulated diet for post-larval abalone, *Haliotis diversicolor supertexta*. *Aquaculture* 307: 89-94.

Zippay, M. L. y G. E. Hofmann, 2010. Effect of pH on gene expression and thermal tolerance of early life history of Red Abalone (*Haliotis rufescens*). *J. Shellfish Res.* 29 (3): 429-439.

8. ANEXOS

Tabla XVII. Porcentaje promedio ($\pm$ E.E) de sobrevivencia de postlarvas de abulón *Haliotis rufescens* en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con *N. incerta* durante el primer ensayo experimental.

Edad (días)	BC	MC	AC	BM	MM	AM
15	100	100	100	100	100	100
21	65.5 $\pm$ 14	55.2 $\pm$ 10	21.5 $\pm$ 4	67.6 $\pm$ 8	65.2 $\pm$ 10	34.4 $\pm$ 5
28	42.8 $\pm$ 12	44.1 $\pm$ 7	15.2 $\pm$ 5	39.9 $\pm$ 6	49.9 $\pm$ 6	26.2 $\pm$ 5
35	19.3 $\pm$ 8	28.9 $\pm$ 7	8.6 $\pm$ 4	32.6 $\pm$ 6	36.5 $\pm$ 7	16.8 $\pm$ 4
42	12.4 $\pm$ 5	25.1 $\pm$ 6	5.1 $\pm$ 2	20.8 $\pm$ 6	26.1 $\pm$ 6	11.3 $\pm$ 4
49	8.2 $\pm$ 3	16.8 $\pm$ 4	3.7 $\pm$ 2	13.7 $\pm$ 4	17.5 $\pm$ 3	6.4 $\pm$ 3
56	6.1 $\pm$ 2	12.7 $\pm$ 3	2.8 $\pm$ 1	10.8 $\pm$ 4	12.1 $\pm$ 3	4.4 $\pm$ 2
62	5.6 $\pm$ 2	10.4 $\pm$ 2	2.2 $\pm$ 1	9.9 $\pm$ 4	10.7 $\pm$ 2	3.8 $\pm$ 2
69	3.3 $\pm$ 1	5.8 $\pm$ 2	1.5 $\pm$ 0.5	7.5 $\pm$ 2	7.3 $\pm$ 3	3.8 $\pm$ 2

Tabla XVIII. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos transformados de sobrevivencia durante el primer ensayo experimental.

DÍA	COMPARACIONES	P
21	ALTA-BAJA	0.006640
	MEDIA-ALTA	0.006640
	BAJA-MEDIA	0.728995
28	ALTA-BAJA	0.019936
	MEDIA-ALTA	0.019936
	BAJA-MEDIA	0.711441
35	ALTA-BAJA	0.061348
	MEDIA-ALTA	0.006578
	BAJA-MEDIA	0.500638
42	ALTA-BAJA	0.089011
	MEDIA-ALTA	0.001809
	BAJA-MEDIA	0.140514
49	ALTA-BAJA	0.077569
	MEDIA-ALTA	0.001708
	BAJA-MEDIA	0.151477
56	ALTA-BAJA	0.084896
	MEDIA-ALTA	0.004314
	BAJA-MEDIA	0.301012
62	ALTA-BAJA	0.053590
	MEDIA-ALTA	0.004132
	BAJA-MEDIA	0.410369
69	ALTA-BAJA	0.113436
	MEDIA-ALTA	0.048783
	BAJA-MEDIA	0.889515

Tabla XIX. Longitud promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón *H. rufescens* durante el primer ensayo experimental en tres densidades diferentes de cultivo y dos rutinas de alimentación con *N. incerta*.

Edad (días)	BC	MC	AC	BM	MM	AM
15	496 $\pm$ 8	478 $\pm$ 10	460 $\pm$ 5	497 $\pm$ 9	496 $\pm$ 3	453 $\pm$ 14
21	589 $\pm$ 27	550 $\pm$ 24	503 $\pm$ 22	564 $\pm$ 7	521 $\pm$ 17	485 $\pm$ 8
28	807 $\pm$ 44	723 $\pm$ 36	677 $\pm$ 13	737 $\pm$ 20	718 $\pm$ 44	653 $\pm$ 22
35	1022 $\pm$ 69	913 $\pm$ 36	830 $\pm$ 76	969 $\pm$ 81	880 $\pm$ 54	913 $\pm$ 61
42	1336 $\pm$ 72	1267 $\pm$ 29	1157 $\pm$ 145	1364 $\pm$ 78	1199 $\pm$ 65	1145 $\pm$ 76
49	1873 $\pm$ 136	1549 $\pm$ 57	1540 $\pm$ 166	1817 $\pm$ 39	1495 $\pm$ 121	1472 $\pm$ 103
56	2731 $\pm$ 174	2313 $\pm$ 139	2359 $\pm$ 271	2674 $\pm$ 99	2227 $\pm$ 136	2212 $\pm$ 101
62	3195 $\pm$ 262	2649 $\pm$ 106	2645 $\pm$ 131	3035 $\pm$ 190	2787 $\pm$ 35	2655 $\pm$ 45
69	3854 $\pm$ 192	3230 $\pm$ 20	3446 $\pm$ 297	3516 $\pm$ 60	3147 $\pm$ 155	3169 $\pm$ 99

Tabla XX. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos la longitud durante el primer ensayo experimental.

DÍA	COMPARACIONES	P
15	ALTA-BAJA	0.000401
	MEDIA-ALTA	0.003276
	BAJA-MEDIA	0.423378
21	ALTA-BAJA	0.000859
	MEDIA-ALTA	0.076592
	BAJA-MEDIA	0.076851
28	ALTA-BAJA	0.002911
	MEDIA-ALTA	0.122778
	BAJA-MEDIA	0.158537
42	ALTA-BAJA	0.021227
	MEDIA-ALTA	0.439658
	BAJA-MEDIA	0.207979
49	ALTA-BAJA	0.014274
	MEDIA-ALTA	0.987281
	BAJA-MEDIA	0.019282
56	ALTA-BAJA	0.026148
	MEDIA-ALTA	0.993578
	BAJA-MEDIA	0.021140
63	ALTA-BAJA	0.002585
	MEDIA-ALTA	0.820657
	BAJA-MEDIA	0.008356
69	ALTA-BAJA	0.064096
	MEDIA-ALTA	0.720989
	BAJA-MEDIA	0.014269

Tabla XXI. Tasa de crecimiento promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón *H. rufescens* en tres densidades de cultivo y dos rutinas de alimentación con *N. Incerta* durante el primer ensayo experimental.

Edad (d)	BC	MC	AC	BM	MM	AM
15-21	15 $\pm$ 5	12 $\pm$ 4	7 $\pm$ 3	11 $\pm$ 2	6 $\pm$ 2	5 $\pm$ 2
21-28	31 $\pm$ 3	25 $\pm$ 6	25 $\pm$ 3	25 $\pm$ 4	28 $\pm$ 4	24 $\pm$ 3
28-35	31 $\pm$ 4	27 $\pm$ 8	22 $\pm$ 10	33 $\pm$ 10	23 $\pm$ 3	37 $\pm$ 6
35-42	45 $\pm$ 6	51 $\pm$ 6	47 $\pm$ 12	56 $\pm$ 4	46 $\pm$ 5	33 $\pm$ 4
42-49	77 $\pm$ 12	40 $\pm$ 7	55 $\pm$ 12	65 $\pm$ 10	42 $\pm$ 11	47 $\pm$ 8
49-56	123 $\pm$ 14	99 $\pm$ 8	111 $\pm$ 19	106 $\pm$ 10	105 $\pm$ 12	106 $\pm$ 21
56-62	77 $\pm$ 21	76 $\pm$ 24	63 $\pm$ 16	83 $\pm$ 24	93 $\pm$ 23	74 $\pm$ 24
62-69	94 $\pm$ 21	77 $\pm$ 12	107 $\pm$ 22	65 $\pm$ 30	51 $\pm$ 26	73 $\pm$ 20
15-49	43 $\pm$ 5	33 $\pm$ 2	35 $\pm$ 8	41 $\pm$ 4	31 $\pm$ 5	32 $\pm$ 3
49-69	99 $\pm$ 4	84 $\pm$ 2	95 $\pm$ 8	85 $\pm$ 5	83 $\pm$ 6	85 $\pm$ 5
15-69	62 $\pm$ 4	51 $\pm$ 1	55 $\pm$ 5	56 $\pm$ 1	49 $\pm$ 3	50 $\pm$ 2

Tabla XXII. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos de la tasa de crecimiento durante el primer ensayo experimental.

DÍA	COMPARACIONES	P
21-28	b1-b2	0.196951
	b2-b3	0.490985
	b3-b4	1.000000
	b3-b1	0.013875
	b-4-b2	0.485721
	b-1-b4	0.013626
42-49	ALTA-BAJA	0.082921
	MEDIA-ALTA	0.527377
	BAJA-MEDIA	0.009958
49-56	b1-b2	0.072493
	b2-b3	0.499548
	b3-b4	0.071655
	b3-b1	0.004657
	b-4-b2	0.603000
	b-1-b4	0.503184
15-69	ALTA-BAJA	0.103068
	MEDIA-ALTA	0.602304
	BAJA-MEDIA	0.016222

Tabla XXIII. Análisis de regresión para la relación densidad-tasa de crecimiento del primer experimento.

Semana	y	r^2	F	P
1	$-8.509x + 18.37$	0.502	4.046	0.115
2	$-2.931x + 28.48$	0.095	0.424	0.550
3	$-1.049x + 29.35$	0.001	0.006	0.940
4	$-11.48x + 50.20$	0.076	0.333	0.595
5	$-112.1x + 79.71$	0.873	27.645	0.006
6	$-82.41x + 121.7$	0.714	10.006	0.034
7	$65.51x + 68.4$	0.205	1.033	0.367
8	$-349.8x + 110.5$	0.646	7.298	0.054
Fase 1	$-35.353x + 43.97$	0.686	8.774	0.041
Fase 2	$-135.61x + 101.06$	0.818	18.075	0.013
Total	$-98.40x + 63.03$	0.877	28.681	0.006

Tabla XXIV. Supervivencia promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón *H. rufescens* durante el segundo ensayo experimental en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo, alimentadas con *N. incerta*.

Edad (días)	BS	BC	MS	MC	AS	AC
6	100	100	100	100	100	100
14	89.9 $\pm$ 2.3	87.3 $\pm$ 2.7	75.1 $\pm$ 2.6	68.7 $\pm$ 3.5	80.9 $\pm$ 3.8	56.0 $\pm$ 27.6
21	82.9 $\pm$ 3.1	83.3 $\pm$ 0.7	67.4 $\pm$ 3.3	39.4 $\pm$ 20.3	56.2 $\pm$ 8.5	17.1 $\pm$ 15.7
28	70.8 $\pm$ 1.9	49.6 $\pm$ 16.4	54.2 $\pm$ 3.0	38.5 $\pm$ 19.9**	49.8 $\pm$ 5.4	2.6*
35	60.3 $\pm$ 2.3	19.7 $\pm$ 15.0	42.3 $\pm$ 3.2	30.3 $\pm$ 15.2**	45.2 $\pm$ 4.6	2.6*
42	51.9 $\pm$ 3.4	11.9 $\pm$ 8.0	38.8 $\pm$ 1.5	22.4 $\pm$ 11.6**	37.7 $\pm$ 5.0	1.9*
49	46.1 $\pm$ 1.2	4.1 $\pm$ 2.6**	37.4 $\pm$ 1.0	13.2 $\pm$ 6.7**	36.0 $\pm$ 4.8	1.5*
56	39.8 $\pm$ 2.7	2.4 $\pm$ 1.3**	36.8 $\pm$ 0.9	5.5 $\pm$ 2.8**	36.9 $\pm$ 8.3	1.3*
63	37.2 $\pm$ 8.5	2.0 $\pm$ 1.0**	33.8 $\pm$ 1.9	2.9 $\pm$ 1.4**	34.0 $\pm$ 11.0	1.3*
70	31.4 $\pm$ 8.9	1.8 $\pm$ 0.9**	29.0 $\pm$ 3.2	2.0 $\pm$ 1.3**	18.3 $\pm$ 8.8	1.3*
77	28.2 $\pm$ 9.4	1.7 $\pm$ 0.9**	26.0 $\pm$ 3.9	1.7 $\pm$ 1.3**	18.0 $\pm$ 8.8	1.3*
84	23.6 $\pm$ 8.1	1.5 $\pm$ 0.8**	24.7 $\pm$ 4.7	1.6 $\pm$ 1.3**	16.7 $\pm$ 8.4	1.3*

* Una sola réplica con postlarvas, que se promedió con dos ceros

** Dos réplicas con postlarvas, que se promediaron con un cero

Tabla XXV. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos la sobrevivencia del segundo ensayo experimental.

DÍA	COMPARACIONES	P
14	ALTA-BAJA	0.014221
	MEDIA-ALTA	0.915452
	BAJA-MEDIA	0.027320
21	ALTA-BAJA	0.019640
	MEDIA-ALTA	0.123271
	BAJA-MEDIA	0.123271
28	ALTA-BAJA	0.002911
	MEDIA-ALTA	0.122778
	BAJA-MEDIA	0.451386

Tabla XXVI. Longitud promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón *H. rufescens* en tres densidades diferentes y dos condiciones de flujo alimentadas con *N. incerta* durante el segundo ensayo experimental.

Edad (días)	BS	BC	MS	MC	AS	AC
6	420 $\pm$ 4.7	416 $\pm$ 2	413 $\pm$ 2.8	411 $\pm$ 1.5	410 $\pm$ 2.9	410 $\pm$ 1.5
14	538 $\pm$ 4.2	534 $\pm$ 10	509 $\pm$ 9.7	491 $\pm$ 3	500 $\pm$ 4.3	493 $\pm$ 2.6
21	643 $\pm$ 6.8	600 $\pm$ 6	580 $\pm$ 3.9	549 $\pm$ 11	584 $\pm$ 5.4	574 $\pm$ 34
28	821 $\pm$ 15.3	748 $\pm$ 6.4	757 $\pm$ 15.6	669 $\pm$ 15	727 $\pm$ 21.6	912
35	1049 $\pm$ 40	966 $\pm$ 41.8	962 $\pm$ 35.4	831 $\pm$ 14	920 $\pm$ 21.4	1339
42	1220 $\pm$ 24	1233 $\pm$ 85	1110 $\pm$ 39.5	1005 $\pm$ 53	1071 $\pm$ 50	1547
49	1521 $\pm$ 24	1617 $\pm$ 139	1380 $\pm$ 17.4	1235 $\pm$ 19	1303 $\pm$ 40	1693
56	1701 $\pm$ 45	2084 $\pm$ 165	1621 $\pm$ 25.9	1550 $\pm$ 65	1586 $\pm$ 38	2023
63	2623 $\pm$ 35	2928 $\pm$ 190	2511 $\pm$ 28.6	2152 $\pm$ 138	2310 $\pm$ 51	2743
70	3312 $\pm$ 233	3737 $\pm$ 114	3087 $\pm$ 99	2743 $\pm$ 1.7	2883 $\pm$ 67	3050
77	3511 $\pm$ 28	4149 $\pm$ 144	3402 $\pm$ 102	3203 $\pm$ 122	3302 $\pm$ 127	3832
84	4218 $\pm$ 189	4729 $\pm$ 67	3850 $\pm$ 59	3425 $\pm$ 197	3899 $\pm$ 153	4306

Tabla XXVII. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos de la longitud del segundo ensayo experimental.

DÍA	COMPARACIONES	P
14	ALTA-BAJA	0.005684
	MEDIA-ALTA	0.884519
	BAJA-MEDIA	0.011940
21	ALTA-BAJA	0.017953
	MEDIA-ALTA	0.602008
	BAJA-MEDIA	0.004527
28	ALTA-BAJA	0.784700
	MEDIA-ALTA	0.050446
	BAJA-MEDIA	0.013056
35	ALTA-BAJA	0.757973
	MEDIA-ALTA	0.032889
	BAJA-MEDIA	0.008036
42	ALTA-BAJA	0.131783
	MEDIA-ALTA	0.532874
	BAJA-MEDIA	0.025397
56	ALTA-BAJA	0.249404
	MEDIA-ALTA	0.512100
	BAJA-MEDIA	0.045744
63	ALTA-BAJA	0.033435
	MEDIA-ALTA	0.871874
	BAJA-MEDIA	0.014388
77	ALTA-BAJA	0.131291
	MEDIA-ALTA	0.489419
	BAJA-MEDIA	0.022872
84	ALTA-BAJA	0.063757
	MEDIA-ALTA	0.153307
	BAJA-MEDIA	0.004302

Tabla XXVIII. Tasa de crecimiento promedio ($\pm$ E.E) de postlarvas de abulón *H. rufescens* en tres densidades y dos condiciones de cultivo alimentadas con *N. Incerta* durante el segundo ensayo experimental.

Edad (d)	BS	BC	MS	MC	AS	AC
6-14	15 $\pm$ 1	15 $\pm$ 2	12 $\pm$ 2	9 $\pm$ 1	11 $\pm$ 1	10 $\pm$ 1
14-21	15 $\pm$ 1	9 $\pm$ 2	10 $\pm$ 1	9 $\pm$ 2	12 $\pm$ 1	11 $\pm$ 5
21-28	25 $\pm$ 2	21 $\pm$ 2	25 $\pm$ 2	17 $\pm$ 1	20 $\pm$ 3	42
28-35	33 $\pm$ 8	31 $\pm$ 6	29 $\pm$ 3	23 $\pm$ 1	27 $\pm$ 2	61
35-42	24 $\pm$ 4	38 $\pm$ 10	21 $\pm$ 1	25 $\pm$ 5	21 $\pm$ 4	29
42-49	43 $\pm$ 3	51 $\pm$ 3	39 $\pm$ 7	33 $\pm$ 5	33 $\pm$ 3	20
49-56	25 $\pm$ 4	67 $\pm$ 4	34 $\pm$ 10	45 $\pm$ 7	40 $\pm$ 3	47
56-63	132 $\pm$ 4	126 $\pm$ 3	127 $\pm$ 6	86 $\pm$ 17	103 $\pm$ 12	102
63-70	104 $\pm$ 31	123 $\pm$ 1	106 $\pm$ 7	84 $\pm$ 11	95 $\pm$ 9	43
70-77	54 $\pm$ 19	59 $\pm$ 4	53 $\pm$ 7	87 $\pm$ 17	60 $\pm$ 19	152
77-84	93 $\pm$ 29	83 $\pm$ 11	70 $\pm$ 8	54 $\pm$ 7	85 $\pm$ 4	27
6-56	26 $\pm$ 1	33 $\pm$ 3	24 $\pm$ 1	23 $\pm$ 1	24 $\pm$ 1	32
56-84	90 $\pm$ 6	94 $\pm$ 3	80 $\pm$ 3	67 $\pm$ 5	83 $\pm$ 6	82
6-84	49 $\pm$ 3	55 $\pm$ 0.8	43 $\pm$ 0.7	39 $\pm$ 2.4	45 $\pm$ 1.9	50

Tabla XXIX. Análisis de comparaciones múltiples de Tukey para los datos de la tasa de crecimiento durante el segundo ensayo experimental.

DÍA	COMPARACIONES	P
6-14	ALTA-BAJA	0.006987
	MEDIA-ALTA	0.985549
	BAJA-MEDIA	0.005430
21-28	ALTA-BAJA	0.508890
	MEDIA-ALTA	0.278869
	BAJA-MEDIA	0.816404
6-84	ALTA-BAJA	0.068374
	MEDIA-ALTA	0.147503
	BAJA-MEDIA	0.004409

Tabla XXX. Análisis de regresión para la relación densidad-tasa de crecimiento del segundo ensayo experimental.

semana	Y	r^2	F	P
1	$-1.261x + 15.33$	0.419	2.885	0.164
2	$-0.258x + 11.76$	0.006	0.027	0.875
3	$6.727x + 34.99$	0.517	4.290	0.107
4	$-10.19x + 45.93$	0.437	3.112	0.152
5	$-6.925x + 33.25$	0.651	7.485	0.052
6	$-0.966x + 37.33$	0.004	0.019	0.896
7	$-8.322x + 49.29$	0.219	1.127	0.348
8	$1.245x + 112.0$	0.002	0.010	0.923
9	$9.905x + 87.48$	0.048	0.204	0.674
10	$-29.67x + 92.11$	0.195	0.972	0.379
11	$17.95x + 60.74$	0.16	0.762	0.431
Fase 1	$-3.83x + 29.748$	0.414	2.831	0.167
Fase 2	$-0.9604x + 82.938$	0.003	0.012	0.916
Total	$-3.621x + 48.39$	0.115	0.521	0.510