



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**CRECIMIENTO Y TASA DE INGESTIÓN DE
ALIMENTO DE JUVENILES DE CABRILLA
SARDINERA (*Mycteroperca rosacea*) BAJO
DIFERENTES DENSIDADES DE CULTIVO**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos
Naturales
(Orientación en Acuicultura)

p r e s e n t a

Gabriel Malta Rossi Rolim

La Paz, B.C.S. Julio de 2010

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 13:00 horas del día 25 del Mes de Junio del 2010, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

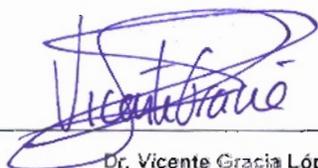
"Crecimiento y tasa de ingestión de alimento de juveniles de cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*) bajo diferentes densidades de cultivo"

Presentada por el alumno:

Gabriel Rolim Malta Rossi

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN Acuicultura

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes



Dr. Vicente Gracia López
DIRECTOR DE TESIS

LA COMISION REVISORA



Dr. Francisco Magallón Barajas
CO-TUTOR



Dr. Juan Carlos Pérez Urbiola
CO-TUTOR



DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL Y REVISORES DE TESIS

Dr. Vicente Gracia López

Director de tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Francisco Magallón Barajas

Asesor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Juan Carlos Pérez Urbiola

Asesor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

JURADO DEL EXAMEN DE GRADO

Dr. Vicente Gracia López

Director de tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Francisco Magallón Barajas

Asesor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Dr. Juan Carlos Pérez Urbiola

Asesor

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

RESUMEN

Se estudio el efecto de la densidad sobre el crecimiento, tasa de ingestión de alimento y coeficiente de variación en juveniles de cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea*. Las densidades probadas fueron 77, 154 y 230 peces.m⁻³ con tres réplicas cada una. Los juveniles (peso inicial 24.8 ±2.56g) fueron cultivados en nueve jaulas de 65 litros confinadas en un tanque circular de 7m³. La temperatura y la salinidad se mantuvieron entre 23.1-26.4°C y 38-39ups, respectivamente. El oxígeno se mantuvo arriba de 5.33 mg.L⁻¹. La alimentación fue suministrada *ad libitum* cuatro veces al día (8:00, 10:30, 13:00 y 15:30h) y se registró la cantidad de alimento suministrado y no consumido. Se utilizó alimento microparticulado Bernaqua® de 1.5mm con 50% proteína y 14% grasa neta. Se realizaron biometrías al inicio del experimento, al día 29 y 61 de cultivo, en las cuales se registró la longitud total en centímetros y el peso en gramos de todos organismos de cada jaula.

Se determinó diferencias en el crecimiento, tasa de ingestión de alimento, factor de conversión alimenticia y coeficiente de variación.

El mejor desempeño (peso final, longitud total final, tasa de crecimiento absoluta y específica, factor de conversión alimenticia y eficiencia alimenticia) fue obtenido en el grupo de menor densidad (77 peces.m⁻³). Se observó un aumento en la tasa de ingestión de alimento con el tiempo y una relación directa con la densidad de cultivo, en donde el grupo sembrado a mayor densidad presentó los mayores valores de ingesta de alimento. La supervivencia no se vio afectada por las densidades probadas, así como el coeficiente de variación, que aumentó con el tiempo de cultivo en todos los grupos.

Palabras clave: *Mycteroperca rosacea*, densidad de cultivo, tasa de ingestión de alimento.

ABSTRACT

The effect of stocking density on growth, food intake rate and growth variation of the juvenile leopard grouper *Mycteroperca rosacea* was tested for over 61 days. The stocking densities tested were 77, 154 y 230 fish.m⁻³. The juveniles (initial weight 24.8 ±2.56g) were raised in nine 65 liters PVC-cages with three cages each stocking density. Because water quality affect growth rate, differences in water quality were minimized by placing the nine cages into the same 7m³ tank. During experimental period dissolved oxygen, salinity and temperature were 5-6 mg.L⁻¹, 38-39ppt and 23.1-26.4°C respectively. Fish were fed to satiation four times a day (8:00, 10:30, 13:00 y 15:30h) with a commercial feed. Feed composition according producer was as follows: 1.5mm, crude protein 50%, crude fat 14%, crude fiber 0.5%, and crude ash 10%.

All fish were measured and weighed at day 29 and 61. Survival, final weight, total length, absolute growth rate, specific growth rate, feed conversion rate, food intake rate, feed efficiency and coefficient of variation for each cage were calculated.

To determine the effects of stocking density on growth, food conversion rate, coefficient of variation, food intake rate and feed efficiency an analysis of variance was used.

The best performance (final weight, final total length, absolute growth rate, specific growth rate, food conversion rate and feed efficiency) were obtained by the lowest density group (77 fish.m⁻³). The food intake rate where higher in the highest density group (230 fish.m⁻³) and showed a positive correlation with stocking density. Survival was not affected by the densities tested. The coefficient of variation increased with culture time in all groups.

Key words: *Mycteroperca rosacea*, stocking density, food intake rate.

DEDICATORIA

A mi familia por permitirme soñar.

AGRADECIMIENTOS

A todo el grupo de biología y cultivo de peces marinos del CIBNOR por su gran colaboración durante todo el curso y por permitir que este trabajo haya sido posible, muy particularmente a Marcos Fabián Quiñones Arreola, Gerardo García González, Ana Gabriela Trasviña Moreno, Roberto Alexander Martínez Lagos, Francisco Javier Encarnación Ramírez y Biviana Isabel Paz Raymundo y Brenda Berenice Castelo Bautista.

Al CIBNOR por brindarme un excelente ambiente de trabajo y por todas las facilidades otorgadas.

A Vicente Gracia López y al comité de tesis por revisar y enriquecer el presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo de la beca-crédito (294495/228321) de manutención otorgada durante el periodo 01 de febrero de 2009 hasta el 31 de julio de 2010.

A familia Portillo Hurtado por el apoyo incondicional en México.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. La acuicultura y los meros en México | 5 |
| 1.2. Características biológicas y ecológicas de los meros..... | 9 |
| 1.3. El panorama mundial del cultivo de meros..... | 10 |
| 1.4. La cabrilla sardinera..... | 17 |
| 1.5. Antecedentes de investigación..... | 22 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 30 |
| 3. OBJETIVOS | 32 |
| 3.1. General..... | 32 |
| 3.2. Particulares..... | 32 |
| 4. HIPÓTESIS DE TRABAJO | 33 |
| 5. MATERIALES Y METODOS | 34 |
| 5.1. Captura e inducción de reproductores..... | 35 |
| 5.2. Metodología de cultivo de larvas..... | 37 |
| 5.3. Metodología experimental..... | 39 |
| 5.4. Crecimiento..... | 43 |
| 5.5. Tasa de ingestión de alimento..... | 43 |
| 5.6. Factor de conversión alimenticia | 44 |
| 5.7. Eficiencia alimenticia..... | 44 |
| 5.8. Coeficiente de variación | 45 |
| 5.9. Supervivencia..... | 45 |
| 6. RESULTADOS | 47 |
| 6.1. Parámetros físico-químicos..... | 47 |
| 6.2. Datos registrados al inicio del experimento..... | 49 |
| 6.3. Crecimiento..... | 51 |
| 6.3.1. Peso..... | 51 |
| 6.3.2. Longitud total | 55 |
| 6.3.3. Tasa crecimiento..... | 59 |
| 6.4. Tasa de ingestión de alimento..... | 61 |
| 6.5. Factor de conversión alimenticia | 65 |
| 6.6. Eficiencia alimenticia | 66 |
| 6.7. Coeficiente de variación | 67 |
| 6.8. Supervivencia..... | 68 |
| 6.9. Resumen | 69 |
| 7. DISCUSIÓN | 71 |
| 8. CONCLUSIÓN | 89 |
| 9. BIBLIOGRAFIA | 91 |

LISTA DE FIGURAS

Página.

| | |
|--|----|
| Figura 1. Tendencia de la producción mundial de meros en el período 1995-2006. | 12 |
| Figura 2. La cabrilla sardinera (<i>Mycteroperca rosacea</i>). | 18 |
| Figura 3. Distribución geográfica de la cabrilla sardinera. | 19 |
| Figura 4. Cambio de color total. | 21 |
| Figura 5. Cambio de color parcial. | 21 |
| Figura 6. La localización y el Laboratorio de Biología Reproductiva del CIBNOR. | 34 |
| Figura 7. Medición de un adulto de cabrilla sardinera recién capturado. | 35 |
| Figura 8. Canulación para determinar el estado de madurez gonadal. | 36 |
| Figura 9. Organismos seleccionados para iniciar el experimento. | 41 |
| Figura 10. Jaulas de PVC distribuidas aleatoriamente en el tanque. | 41 |
| Figura 11. Comportamiento de la temperatura durante el período experimental. | 48 |
| Figura 12. Distribución de medias de la variable peso al inicio del experimento. | 50 |
| Figura 13. Distribución de medias de la variable longitud al inicio del experimento. | 51 |
| Figura 14. Tendencia del crecimiento de la cabrilla sardinera cultivada a 77 peces.m ⁻³ | 53 |
| Figura 15. Tendencia del crecimiento de la cabrilla sardinera cultivada a 154 peces.m ⁻³ | 54 |
| Figura 16. Tendencia del crecimiento de la cabrilla sardinera cultivada a 230 peces.m ⁻³ | 55 |
| Figura 17. Tendencia del crecimiento en longitud de la <i>M. rosacea</i> cultivada a 77 peces.m ⁻³ | 57 |
| Figura 18. Tendencia del crecimiento en longitud de la <i>M. rosacea</i> cultivada a 154 peces.m ⁻³ | 58 |
| Figura 19. Tendencia del crecimiento en longitud de la <i>M. rosacea</i> cultivada a 230 peces.m ⁻³ | 59 |
| Figura 20. Comparación de la tasa de ingestión de alimento (%) durante el periodo experimental en los diferentes tratamientos. | 62 |
| Figura 21. Regresión lineal entre la tasa de ingestión de alimento y la densidad de cultivo. | 64 |
| Figura 22. Coeficiente de variación en las diferentes densidades de cultivo durante el periodo experimental. | 68 |

LISTA DE TABLAS

Página.

| | |
|--|----|
| Tabla I. Participación de la acuicultura en el valor de la producción pesquera nacional y en el Noroeste de México. | 6 |
| Tabla II. Volumen (t) de la producción mundial de meros en el período 1995-2006..... | 12 |
| Tabla III. Volumen (t) de la producción de meros por ambiente y países..... | 13 |
| Tabla IV. Tabla comparativa de las tasas de supervivencia alcanzadas en los meros. | 15 |
| Tabla V. Tabla comparativa entre las densidades de cultivo utilizadas en peces. | 25 |
| Tabla VI. Densidades equivalentes utilizadas en los tratamientos..... | 40 |
| Tabla VII. Valores de oxígeno disuelto (mg.L^{-1}) registrados durante el periodo experimental. | 48 |
| Tabla VIII. Valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) registrados durante el periodo experimental..... | 48 |
| Tabla IX. Datos registrados al inicio del experimento (día 0). | 49 |
| Tabla X. Peso promedio (g) de la cabrilla sardinera durante el período experimental. | 52 |
| Tabla XI. Comparación entre medias de la variable peso en el día 61. | 52 |
| Tabla XII. Longitud total (cm) de la cabrilla sardinera durante el período experimental. | 56 |
| Tabla XIII. Comparación entre medias de la variable longitud total en el día 29. | 56 |
| Tabla XIV. Comparación entre medias de la variable longitud total en el día 61. | 57 |
| Tabla XV. Comparativo entre las tasas de ingestión de alimento (%) promedio en los dos periodos experimentales. | 62 |
| Tabla XVI. Cuadro resumen de la cantidad promedio de alimento suministrado y consumido (todos valores en gramos) por tratamiento..... | 65 |
| Tabla XVII. Factor de conversión alimenticia durante el periodo experimental..... | 66 |
| Tabla XVIII. Resumen de resultados del experimento..... | 69 |
| Tabla XIX. Resumen de los análisis estadísticos del los dos períodos experimentales..... | 70 |

LISTA DE ABREVIATURAS

APROMAR. Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos de España.

art.mL⁻¹. *Artemia* por mililitro.

B.C. Baja California.

B.C.S. Baja California Sur.

CIAD. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

CIBNOR. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

CICESE. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

CICIMAR. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

cm. Centímetro.

C.v. Coeficiente de variación.

dah. Sigla en inglés que corresponde a días después de la eclosión (*days after hatch*).

d.e. Diámetro externo.

d.i. Diámetro interno.

DS. Desviación estándar.

EA. Eficiencia alimenticia (en inglés *feed efficiency*)

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

g. Gramo.

GCH. Gonadotropina Coriónica Humana.

h. Hora.

IUCN. *International Union for Conservation of Nature.*

kg. Kilogramo.

kg.m⁻³. Kilogramo por metro cúbico.

kg.m⁻². Kilogramo por metro cuadrado.

km. Kilometro.

L. Litro.

LHRHa. Sigla en inglés que corresponde a los análogos de la hormona liberadora de gonadotropina de mamíferos.

m. Metro.

m². Metro cuadrado.

m³. Metro cúbico.

mg.L⁻¹. Miligramos por litro.

ml. Mililitro.

mm. Milímetro.

MS-222. Anestésico a base de triclaína metanosulfato.

N°. Número.

ppt. Sigla en inglés que corresponde a partes por mil (*parts per thousand*). Referente a la salinidad.

PVC. Sigla en inglés que corresponde al cloruro de polivinilo. Material plástico.

rot.mL⁻¹. Rotífero por mililitro.

SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

s. Segundo. Referente al tiempo.

t. Tonelada.

TEC. Tasa específica de crecimiento. En inglés: *specific growth rate* (SGR)

TAC. Tasa absoluta de crecimiento. En inglés: *absolute growth rate* (AGR).

TIA. Tasa de ingestión de alimento. En inglés: *food intake rate* (FIR).

TIAD. Tasa de ingestión de alimento diario.

Trash fish. Término utilizado para definir los peces de bajo valor comercial que son generalmente utilizados para la alimentación de otros peces o para la fabricación de alimento microparticulado.

U.I. Unidades Internacionales.

ups. Unidades prácticas de salinidad.

USD. Dólares de los Estados Unidos de América.

UV. Radiaciones ultravioleta.

W. Watts.

°C. Grado centígrado.

µm. Micra.

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años la acuicultura ha sido el área de mayor crecimiento en el campo de la producción alimenticia. Su contribución al suministro de organismos acuáticos ha pasado de un 3.9% en 1970 a un 36% en 2006. El crecimiento de la producción acuícola fue tal que, en el mismo período, se observó un aumento en el consumo *per cápita* de 0.7kg a 7.8kg respectivamente. En el 2006 la actividad alcanzó un total de 51.7 millones de toneladas¹ y un valor de 78,800 millones de USD, lo que representó el 47% del suministro de pescado para la alimentación de la población humana (FAO 2009).

Entre los principales grupos de organismos cultivados están los moluscos, crustáceos y peces. El grupo de los peces dulceacuícolas siguen siendo el principal grupo de organismos cultivados, alcanzando en 2006 la marca de 27.8 millones de toneladas y un valor de 29,500 millones de USD, lo que representó el 54% del volumen total de la producción mundial acuícola y el 37% del valor total. El cultivo de peces marinos por otro lado contribuyó con apenas el 3% del volumen; no obstante, obtuvo el 8% del valor total. Esto es debido a que la mayor parte de las especies de esta categoría poseen un valor comercial relativamente elevado, como los peces planos y los meros; además, en algunas ocasiones las poblaciones naturales son reducidas o están disminuyendo, como es el caso de la perca japonesa (*Lateolabrax japonicus*), la dorada (*Sparus aurata*), el corvinón ocelado (*Sciaenops ocellatus*) y el lenguado del Japón (*Paralichthys olivaceus*), que las cantidades producidas

¹ No se contabilizan las plantas acuáticas. Si se incluyen este grupo, la producción acuícola mundial en el 2006 fue de 66.7 millones de toneladas, con un valor de 85,900 millones de USD (FAO 2009).

en la actualidad por la acuicultura son notablemente superiores a las capturas registradas por la pesca (FAO 2009).

La piscicultura marina experimentó en la última década un crecimiento anual promedio de 11.9%, pasando de un 0.53 millones de toneladas en 1995 a un 1.65² millones de toneladas en 2005. Este crecimiento fue mayor que el alcanzado por el grupo de los peces dulceacuícolas (7.2%), peces diádromos (6.6%) y moluscos (5.1%) en el mismo período (FAO 2009). Esto se debe principalmente al desarrollo y optimización de tecnologías de cultivo en jaulas, así como al mejoramiento de las técnicas de producción de juveniles, lo que ha permitido incrementar el número de especies sobre las cuales es factible una producción a nivel industrial (Martínez-Lagos y Gracia-López 2009).

Diversos países han incursionado en la piscicultura marina y han obtenido resultados importantes, sobretodo en la región oriental de Asia y en el mar Mediterráneo, en donde se encuentra la mayor parte de la producción de peces marinos. Entre las principales especies cultivadas están las corvinas (*Sciaenidae* spp.), espáridos (*Sparidae* spp.), carángidos (*Carangidae* spp.) y peces planos (*Soleidae* spp., *Paralichthyidae* spp., *Pleuronectidae* spp. y *Psettodidae* spp.); recientemente, también los meros (*Serranidae* spp.), bacalao (*Gadidae* spp., *Moridae* spp., *Hexagrammidae* spp. y *Anoplopomatidae* spp.) y la cobia (*Rachycentron canadum*) (FAO 2007).

² Excluyendo los salmónidos (*Salmonidae* spp.). Estos animales corresponden a uno de los grupos de organismos de mayor producción en la acuicultura mundial. En 2006 la producción del salmón del Atlántico (*Salmo salar*) alcanzó un poco más de 1.3 millones de toneladas. Las principales regiones productoras son el norte del Atlántico y el norte y sur oriental del Pacífico. Noruega, Chile, Gran Bretaña y Canadá son los principales países productores (FAO 2009).

En Japón se ha logrado con éxito el cultivo de la dorada del Pacífico (*Pagrus auratus*) y del medregal del Japón (*Seriola quinqueradiata*), que en el 2006 alcanzó una producción total de 155 mil toneladas. En el mismo año en la Republica de Corea el cultivo del lenguado del Japón (*Paralichthys olivaceus*) y del pez piedra de Corea (*Sebastes schlegeli*) alcanzaron una producción de 43.8 y 27.5 mil toneladas respectivamente. Indonesia, Taiwán, Tailandia y Malasia han producido cantidades significantes de meros, y de acuerdo con datos de la FAO estos tres países juntos produjeron poco más de 19.9 mil toneladas de meros (FAO 2007). En China actualmente se produce una gran variedad de especies de peces marinos. En el 2006 este país produjo 94.6 mil toneladas de la perca japonesa (*Lateolabrax japonicus*), 69.8 mil toneladas de corvina japonesa (*Larimichthys croceus*), 48.2 mil toneladas de corvinón ocelado (*Sciaenops ocellatus*), 48 mil toneladas de meros (*Serranidae spp.*), 22.4 mil toneladas de cobia (*Rachycentron canadum*), entre otros. Recientemente esta última especie ha despertado el interés de muchos países debido a los avances en la investigación y en el desarrollo de tecnologías para la especie, sobre todo en China y en la Republica de Taiwán (FAO 2007; Halwart *et al.* 2007; Webb *et al.* 2007).

En la Unión Europea se ha desarrollado con éxito la tecnología de cultivo de la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*), sobre todo en la región del Mediterráneo, en donde casi todos países ribereños producen las dos especies (APROMAR 2004). En 1998 las dos especies ya eran producidas por 90 laboratorios de producción de juveniles y cultivadas en más 700 unidades de producción en 15 países de la región (APROMAR *op cit.*). Se ha logrado producir cantidades importantes en España, Italia, Francia, Portugal, Croacia y principalmente Grecia, en donde en el 2006 se logró producir poco más de 43.6 y 33.8 mil toneladas de dorada y lubina respectivamente. El continente

europeo logró en la última década un crecimiento impresionante en la producción de las dos especies, pasando de un 42.6 mil toneladas en 1996 a un 130.6 mil toneladas en el 2006 (FAO 2007).

El desarrollo tecnológico del cultivo en jaulas flotantes en regiones oceánicas y costeras, ha contribuido al rápido crecimiento del cultivo de peces marinos durante la última década, sobretodo en Asia, Europa y Australia (Benetti *et al.* 1998). El desarrollo de este tipo de producción pesquera es una solución de largo alcance para responder a la demanda mundial de productos pesqueros y también ofrece oportunidades económicas para pescadores desplazados (Bucklin y Howell 1998). México, con una línea costera de 11,500km en los océanos Pacífico y Atlántico y con una gran cantidad de vida marina identificada, podría desarrollar este tipo de producción pesquera.

En la República Mexicana la piscicultura marina tiene un escaso desarrollo productivo, limitándose a la engorda de algunas pocas especies, principalmente el atún (*Thunnus thynnus* y *T. albacares*) y el jurel (*Seriola lalandi* y *S. dorsalis*) (Hernández-Martínez *et al.* 2005). Sin embargo se ha dedicado mucho esfuerzo al cultivo experimental de algunas especies, como el lenguado (*Paralichthys californicus*) (Zacarias-Soto *et al.* 2006) y la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) (Áviles-Quevedo *et al.* 1995).

En México diferentes especies de meros representan un importante recurso pesquero de alto valor comercial, muy especialmente en el Estado de Baja California Sur, que junto con Baja California durante el periodo 2001-2005 registraron capturas anuales por arriba de las 200 toneladas en promedio (Aburto-Oropeza *et al.* 2008).

La especie *Mycteroperca rosacea*, comúnmente llamada de cabrilla sardinera, es una de las especies de serránidos de importancia comercial presentes en la costa peninsular del

Pacífico de la República Mexicana (Gracia-López *et al.* 2004a, 2004b, 2005). El principal Estado en términos de captura es Baja California Sur, sobre todo la región de la Bahía de La Paz y sus áreas adyacentes (Peláez-Mendoza 1997; Díaz-Uribe *et al.* 2001).

La reducción de las poblaciones naturales en los últimos diez años, generadas por un intenso esfuerzo pesquero, introdujo en 1996 la cabrilla sardinera en la lista roja de especies amenazadas de la *International Union of Conservation of Nature*, que consideró la especie como vulnerable y con riesgo a la extinción en mediano plazo (Craig y Sadovy 2008).

El cultivo de cabrilla sardinera es una actividad que puede contribuir con el suministro de pescado y complementar la producción generada por las pesquerías, además de tornar posible la repoblación de la especie. Para esto es necesario sentar las bases biológicas y técnicas del cultivo de la especie a una escala piloto, para posteriormente establecer la metodología de cultivo de la *M. rosacea*. El estudio de los efectos de la densidad de siembra sobre el crecimiento, tasa de ingestión de alimento y coeficiente de variación propuesto en este trabajo es una contribución a este propósito.

1.1. La acuicultura y los meros en México.

En México la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, con lo cual se pretendía abastecer de alimento a grupos sociales marginados, así que los trabajos iniciales se desarrollaron en gran parte en aguas interiores con peces dulceacuícolas como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), la carpa (*Cyprinus carpio*), el bagre del canal (*Ictalurus punctatus*) y la tilapia (*Oreochromis* spp.) (Juárez-Palacios 1987).

Actualmente las estadísticas de producción acuícola disponibles de la República Mexicana corresponden al Anuario Estadístico de Pesca de la SAGARPA. De acuerdo con la SAGARPA (2008) el volumen de la producción acuícola en el país en el 2008 fue de aproximadamente 283.6 mil toneladas con un valor de 7,149 millones de pesos, lo que representó 16.25% del volumen y el 42.34% del valor de la producción pesquera total del país. Los grupos de especies de mayor producción fueron: camarones (130.2 mil toneladas), mojarra³ (71 mil toneladas), ostiones (42.1 toneladas) y carpas (24.1 mil toneladas).

La participación del Noroeste de México representó el 52.2% en el volumen de la producción acuícola nacional y el 8.48% de la producción pesquera nacional total (SAGARPA 2008). La participación de la acuicultura en el valor de la producción pesquera nacional se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Participación de la acuicultura en el valor de la producción pesquera nacional y en el Noroeste de México.

| Entidad | Valor nacional (miles de pesos) | Valor acuicultura (miles de pesos) | Participación (%) |
|----------------------------|--|---|--------------------------|
| México | 16,884,106 | 7,149,114 | 42.34 |
| Baja California | 798,901 | 253,984 | 31.79 |
| Baja California Sur | 994,121 | 124,614 | 12.54 |
| Sonora | 4,847,817 | 3,413,897 | 70.42 |
| Sinaloa | 3,828,799 | 1,531,566 | 40.00 |
| Nayarit | 55.938 | 262.062 | 47.48 |

Fuente: SAGARPA (2008)

³ En los datos de la SAGARPA las tilapias (*Tilapia* spp., *Oreochromis* spp. y *Sarotherodon* spp.) están incluidas en el grupo de las mojarra.

La piscicultura marina se inició en el país a finales de la década de los 80, cuando se realizaron estudios sobre la engorda en jaulas flotantes del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* en Sinaloa (CIFSA 1990) y sobre el pámpano (*Trachinotus paitiensis*) en Baja California Sur (Avilés 2000). A partir de 1989 la actividad empezó a desarrollarse de manera experimental, iniciándose básicamente con los estudios biológico-reproductivos de especies de alto valor comercial como la cabrilla, pargo, robalo, huachinango, corvina, pámpano, totoaba y lenguado (Avilés *op. cit.*). Al principio de la década de los 90 fue cuando por la primera vez se intentó engordar el atún aleta azul (*Thunnus thynnus*); posteriormente se ha engordado también atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), pero no con el mismo éxito (Hernández-Martínez *et al.* 2005).

Se han realizado diversos estudios en este campo, principalmente en el noroeste del país. Podemos mencionar los trabajos realizados por el Instituto Nacional de la Pesca en el Estado de Sonora y por la Universidad de Baja California sobre el cultivo de totoaba (*Totoaba macdonaldi*) (Cisneros-Mata 1995; López *et al.* 2006); por el CIAD de Mazatlán, Sinaloa, sobre el cultivo de botete (*Sphoeroides annulatus*) (Duncan *et al.* 2003; De la Parra *et al.* 2006); por el Centro Regional de Investigación Pesquera y el CICIMAR de La Paz, B.C.S., que pudieron desarrollar toda la metodología de cultivo de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) (Áviles-Quevedo *et al.* 1995); por el CICESE de B.C. sobre el cultivo de lenguado (*Paralichthys californicus*) (Zacarias-Soto *et al.* 2006) y por el CIBNOR de La Paz, B.C.S., donde se han desarrollado estudios sobre el cultivo del pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) (Muhlía *et al.* 2003; Guerrero-Tortolero *et al.* 1999; Serrano-Pinto y Caraveo-Patiño 1999) y la cabrilla sardinera (*M. rosacea*) (Kiewek-

Martínez 2004, 2009; Gracia-López *et al.* 2004a, 2004b, 2005; Martínez-Lagos y Gracia-López 2009).

Las diferentes especies de meros (*Serranidae* spp.) son un recurso pesquero importante en México que sostienen pesquerías artesanales y de mediana altura en el litoral del Golfo de México y Mar del Caribe. Representan la pesquería marina más importante en Campeche, que reporta la mayor producción de este recurso a nivel nacional. De las especies de peces presentes en el Golfo de México y Mar del Caribe, el mero rojo (*Epinephelus morio*) aporta el 75.3% de la captura total de la flota de mediana altura mientras que el restante está comprendido por: huachinangos, pargos y rubias (*Lutjanus* spp.) con 10.8% y el 13.9% restante se constituye principalmente de otras especies de meros (SAGARPA 2007).

En el Golfo de California, en donde se concentra un tercio de los pescadores ribereños de todo el país, al menos 22 especies de serránidos son capturadas comercialmente. Ellas están clasificadas de acuerdo a su valor de mercado como especies de primera, segunda y tercera clase. Las especies de primera clase son las más apreciadas en la región, se pescan estacionalmente y alcanzan altos precios en mercados nacionales e internacionales. Son consideradas de primera clase: la cabrilla sardinera (*M. rosacea*), el mero (*Epinephelus itajara*), la baqueta (*E. acanthistius*), la baqueta ploma (*E. niphobles*), la baya (*M. jordani*), la garropa aserrada (*M. prionura*) y la garropa (*M. xenarcha*) (Aburto-Oropeza *et al.* 2008).

El agotamiento y la sobreexplotación de muchas especies de meros en México hizo que en el 2007, en conformidad con los objetivos determinados en el artículo 2° de la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables, se estableciesen los términos y condiciones para regular el aprovechamiento de las especies de meros y especies asociadas en aguas de

la jurisdicción federal del litoral del Golfo de México y Mar del Caribe. En estas normas se establecen las artes de pesca, cuotas de capturas, tallas mínimas de captura, entre otros (SAGARPA 2007). Además, ellas representan un paso adelante hacia una estrategia de manejo sustentable para estas especies tan importantes.

1.2. Características biológicas y ecológicas de los meros.

Los meros son serránidos (*Serranidae* spp.) y pertenecen a la subfamilia *Epinephelinae*. Con poco más de 150 especies distribuidas en 15 géneros, los meros son considerados un grupo cosmopolita de peces que habitan preferentemente regiones rocosas e insulares de bajas profundidades (<100m). En gran parte son piscívoros, aunque también pueden alimentarse de crustáceos y cefalópodos (Heemstra y Randall 1993). Su longitud puede variar de los 12cm a los 4m (Tucker 1999).

Los huevos de estos peces son pelágicos, sus larvas de tipo planctónico y cuando son juveniles buscan aguas más someras para encontrar refugio y alimento (Tucker 1999). Muchas especies pueden permanecer en un mismo local por largos períodos de tiempo y a excepción del período reproductivo, cuando forman grandes agregaciones, son animales solitarios. Los miembros de la subfamilia *Epinephelinae* son de dos tipos: los que presentan cuerpo robusto y hábitos bentónicos, y los que poseen cuerpo fusiforme y hábitos pelágicos. Poseen dientes pequeños y finos en la mandíbula, vómer y palatino. Algunas especies tienen dientes caninos en la parte frontal de la boca sin presencia de molares y el maxilar inferior se encuentra expuesto al tener el pez la boca cerrada (Heemstra y Randall 1993).

A juzgar por la mayoría de las especies estudiadas, los serránidos son hermafroditas protogínicos, lo que representa el cambio secuencial de sexo de hembra a macho. Esta forma de reproducción representa un problema para el manejo de las pesquerías una vez que los individuos machos por lo general son más grandes y menos numerosos que las hembras (Marino *et al.* 2003). Además, la pesca de meros es comúnmente muy selectiva por lo que las poblaciones de machos están decreciendo rápidamente.

Sin embargo, investigaciones recientes demuestran que el patrón sexual de los meros puede ser más complejo y diverso. Sadovy y Colin (1995) diagnosticaron el mero *Epinephelus striatus* como gonocórico funcional, pero bajo determinadas condiciones el cambio de sexo puede ocurrir. Otras especies son protogínicas diandricas, que representa el desarrollo de machos directamente de juveniles o directamente de hembras que cambian de sexo (Siau 1994; Ferreira 1995; Chan y Sadovy 2002; Fennessy y Sadovy 2002). Especies protándricas o que presenten cambios de sexo bidireccionales nunca han sido reportadas en poblaciones naturales, no obstante unas pocas especies han sido experimentalmente inducidas (Tanaka *et al.* 1990; Liu y Sadovy 2004a).

1.3. El panorama mundial del cultivo de meros.

En los últimos años los meros han sido considerados como un grupo de peces marinos con potencial para la acuicultura, sobre todo por su importancia comercial y calidad (Gracia-López *et al.* 2004a), su rápido crecimiento en altas temperaturas y resistencia a las condiciones de cultivo (Pierre *et al.* 2008).

Es en Asia donde el cultivo de meros se encuentra más desarrollado, especialmente por su alto valor comercial en los mercados consumidores de Hong Kong, Singapur y Taiwán

(Pierre *et al.* 2008). Después de experimentar algunos años de baja producción, se observó en la última década un alto crecimiento en el cultivo de meros. La actividad pasó de un total de poco más de 5 mil toneladas en 1995 a las 69 mil toneladas en el 2006 (Figura 1; Tabla II). De acuerdo con datos de la FAO, actualmente los líderes en producción son China, Taiwán, Malasia e Indonesia. Los cuatro países representaron en 2006 el 97% de la producción total (FAO 2007) (Tabla III).

En el 2002 la producción total de meros alcanzó las 22.5 mil toneladas y un poco más del 63% provinieron de cultivos en ambientes salobres. En el 2003 China representó el 50.7% de la producción total y 72% de la producción en aguas marinas, alcanzando las 26.7 mil toneladas. En 2006 logró producir 48 mil toneladas lo que representó sorprendentes 69.5% de la producción total y 91.6% de la producción en aguas marinas (FAO 2007).

Sin embargo la producción no declarada puede ser sustancial (Rimmer *et al.* 2004; Pierre *et al.* 2008). De acuerdo con la NACA/TNC (1998) China produjo 8,256 toneladas de meros en 1997, diferentemente de los datos de la FAO que no reportan producción de meros en este país hasta el 2002. De acuerdo con Le (2002), en Vietnam se produjo poco más de dos mil toneladas de meros en el 2001, y el país no está incluido en los datos de la FAO de producción de meros. Según Rimmer *et al.* (*op cit.*) la producción acuícola de meros en Asia durante el 2001 apenas puede haber llegado a las 23 mil toneladas con un valor de 160 millones de USD, valor superior a las 12.9 mil toneladas reportadas por la FAO referentes a la producción mundial total de este grupo de peces en el mismo año.

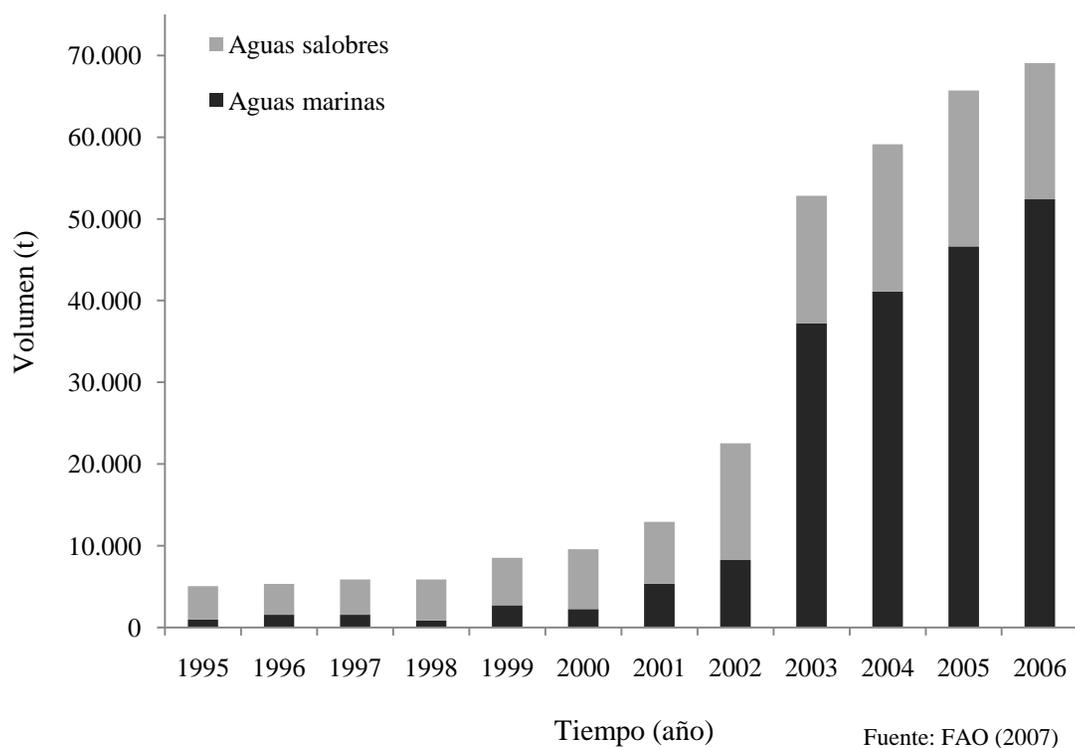


Figura 1. Tendencia de la producción mundial de meros en el período 1995-2006.

Tabla II. Volumen (t) de la producción mundial de meros en el período 1995-2006.

| Año | Aguas marinas | | Aguas salobres | | TOTAL |
|-------------|---------------|------|----------------|------|--------|
| | Volume | % | Volume | % | |
| 1995 | 950 | 18.8 | 4,098 | 81.2 | 5,048 |
| 1996 | 1,553 | 29.2 | 3,768 | 70.8 | 5,321 |
| 1997 | 1,564 | 26.6 | 4,316 | 73.4 | 5,880 |
| 1998 | 844 | 14.4 | 5,028 | 85.6 | 5,872 |
| 1999 | 2,703 | 31.8 | 5,806 | 68.2 | 8,509 |
| 2000 | 2,256 | 23.6 | 7,321 | 76.4 | 9,577 |
| 2001 | 5,354 | 41.5 | 7,554 | 58.5 | 12,908 |
| 2002 | 8,264 | 36.7 | 14,281 | 63.3 | 22,545 |
| 2003 | 37,206 | 70.4 | 15,616 | 29.6 | 52,822 |
| 2004 | 41,119 | 69.5 | 18,027 | 30.5 | 59,146 |
| 2005 | 46,640 | 71.0 | 19,074 | 29.0 | 65,714 |
| 2006 | 52,410 | 75.9 | 16,664 | 24.1 | 69,074 |

Fuente: FAO (2007)

Tabla III. Volumen (t) de la producción de meros por ambiente y países.

| País | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Aguas marinas | | | | | | | | |
| Arabia Saudita | - | - | - | - | - | - | - | 55 |
| China | - | - | - | - | 26,790 | 33,003 | 38,915 | 48,023 |
| Filipinas | 145 | 151 | 97 | 88 | 120 | 171 | 197 | 240 |
| Hong Kong | 280 | 523 | 910 | 325 | 832 | 798 | 514 | 525 |
| Indonesia | 1,759 | 1,159 | 3,818 | 7,057 | 8,665 | 6,552 | 6,493 | 3,132 |
| Rep. de Corea | 5 | 6 | 20 | 39 | 101 | 36 | 155 | 46 |
| Singapur | 94 | 111 | 88 | 64 | 92 | 150 | 183 | 197 |
| Taiwán | 413 | 297 | 415 | 685 | 603 | 409 | 133 | 192 |
| SUBTOTAL | 2,696 | 2,247 | 5,348 | 8,258 | 37,203 | 41,119 | 46,640 | 52,410 |
| Aguas salobres | | | | | | | | |
| Indonesia | - | - | - | - | - | - | 390 | - |
| Malasia | 948 | 1,217 | 1,101 | 1,399 | 1,977 | 2,284 | 2,572 | 4,256 |
| Filipinas | 6 | 16 | 39 | 30 | 329 | 50 | 76 | 64 |
| Taiwán | 3,709 | 4,756 | 4,971 | 11,682 | 10,961 | 12,103 | 13,449 | 11,655 |
| Tailandia | 1,143 | 1,332 | 1,443 | 1,170 | 2,338 | 3,574 | 2,582 | 689 |
| SUBTOTAL | 5,806 | 7,321 | 7,554 | 14,281 | 15,605 | 18,011 | 19,069 | 16,664 |
| TOTAL | 8,509 | 9,577 | 12,908 | 22,545 | 52,822 | 59,146 | 65,714 | 69,074 |

Fuente: FAO (2007)

Los meros también son cultivados en Tailandia, Hong Kong, Republica de Corea, Filipinas, Arabia Saudita y Singapur. También existen reportes de cultivos en el sudeste del Estados Unidos (Tucker 1998), Caribe (Pierre *et al.* 2008), India, Sri Lanka, Vietnam, Australia (Ottolenghi *et al.* 2004), Kuwait, Tunisia y Brasil (FAO 2007).

En términos de acuicultura los géneros más importantes son: *Epinephelus*, *Mycteroperca*, *Plectropomus* y *Cromileptes*. Según Sadovy (2001) dieciséis especies son

cultivadas en el sudeste asiático: *Epinephelus coioides*, *E. malabaricus*, *E. bleekeri*, *E. akaara*, *E. awoara*, *E. areolatus*, *E. amblycephalus*, *E. fuscoguttatus*, *E. lanceolatus*, *E. sexfasciatus*, *E. trimaculatus*, *E. quoyanus*, *E. bruneus*, *Cromileptes altivelis*, *Plectropomus leopardus* y *P. maculatus*.

Actualmente el cultivo de meros es bastante dependiente de la captura de juveniles del medio natural (Sim *et al.* 2005b). Esto no permite que la actividad tenga una producción estable, debido a que la captura de semilla es frecuentemente insuficiente en cantidad y calidad. Además, el volumen de captura excede cientos de millones a cada año y si comparamos la cantidad producida con la de captura de juveniles, los resultados son sorprendentes y sugieren malas prácticas de cultivo. Para producir 23 mil toneladas de peces con tamaño comercial son necesarios 60 millones de juveniles (Sadovy 2000).

En el 2000 apenas el 20% de la actividad productiva utilizaba juveniles producidos en laboratorios comerciales (Sadovy 2000). Las bajas e irregulares tasas de supervivencias alcanzadas durante el período larvario representan una barrera a la expansión del cultivo de muchas especies de meros. Se atribuye principalmente al pequeño tamaño de la boca, fragilidad, bajas reservas endógenas, lenta formación de los elementos óseos que conforman la cavidad oral (Kohno *et al.* 1997) y canibalismo (Lim 1993) como los principales responsables por las dificultades y altas mortalidades del cultivo larvario de meros.

Las tasas de supervivencia alcanzadas siguen bajas para muchas especies. Ellas van de menos del 1% a alrededor del 10% (Pierre *et al.* 2008). Watanabe *et al.* (1996) alcanzaron los 1.4% (62 *dah*) con *Epinephelus striatus*, Duray *et al.* (1997) los 3.2% (60 *dah*) con *E. coioides*, Al-Thobaiti & James (1997) los 4.7% (50 *dah*) con *E. polyphekadion*, Kitajima *et*

al. (1991) los 1.7% (80 *dah*) con *E. septemfasciatus*, Tookwinas (1990) los 4.4% (50 *dah*) con *E. malabaricus*, Tucker y Woodward (1996) los 5% (98 *dah*) con *E. striatus*, entre otros (Tabla IV). De acuerdo con Sim (2005) la alta tasa de fecundidad de los meros es lo que ha permitido en la actualidad tornar la producción de larvas una actividad viable.

Tabla IV. Tabla comparativa de las tasas de supervivencia alcanzadas en los meros.

| Especie | Supervivencia (%) | <i>dah</i> | Autor |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------------|
| <i>Epinephelus striatus</i> | 1.4 | 62 | Watanabe <i>et al.</i> 1996 |
| <i>E. striatus</i> | 5.0 | 98 | Tucker y Woodward 1996 |
| <i>E. polyphkadion</i> | 4.7 | 50 | Al-Thobaiti & James 1997 |
| <i>E. septemfasciatus</i> | 1.7 | 80 | Kitajima <i>et al.</i> 1991 |
| <i>E. malabaricus</i> | 4.4 | 50 | Tookwinas 1990 |
| <i>E. coioides</i> | 3.2 | 60 | Duray <i>et al.</i> 1997 |
| <i>M. rosacea</i> | 1.4 | 40 | Gracia-López <i>et al.</i> 2005 |

* *dah* = días después de la eclosión.

Además de las dificultades relacionadas con el cultivo de larvas, las altas tasas de conversión alimenticia durante el período de engorda también contribuyen para el retraso en la expansión de la actividad. Actualmente, debido a la falta de un alimento peletizado específico para este grupo de peces, la principal fuente de alimento es el pescado fresco (*trash fish*) (Cesar y Hempel 2000). A pesar de la aparente abundancia de este producto en muchas regiones, existen diversos problemas asociados a su utilización, como lo es el corto tiempo de vida útil, su disponibilidad frecuentemente variable y estacional (Sim *et al.* 2005b), transmisión de patógenos, problemas ambientales (Suwirya y Giri 2005) y composición nutricional variable.

Estos obstáculos y la disminución de los estoques naturales de semillas hicieron que países como China, Indonesia, Malasia, Tailandia y especialmente Taiwán, desarrollasen tecnologías para el cultivo de larvas y juveniles (Pierre *et al.* 2008). De acuerdo con Cesar y Hempel (2000) la industria de producción de meros se encuentra más exitosa en Taiwán, debido a los avances en la producción de huevos fertilizados, grado de desarrollo de los sistemas de producción de juveniles, eficiencia en la producción de alimento vivo y utilización de alimento peletizado, además de un fuerte apoyo gubernamental y asociaciones bien organizadas. En Taiwán dos tercios de la producción ya utiliza juveniles producidos en laboratorios comerciales (Ottolenghi *et al.* 2004).

En 2002 el Centro de Desarrollo e Investigación de Pesquerías Krabi en Tailandia (*Kabri Coastal Fisheries Research and Development Center*) reportó su primero éxito en la reproducción y producción de larvas del mero *E. fuscoguttatus*, logrando una tasa de supervivencia de 2% a los 70 *dah*. El centro también logró producir juveniles de *E. coioides* durante algunos años y ahora provee 100,000-200,000 juveniles por año a los productores tailandeses (Sim *et al.* 2005b).

En el 2003, debido a los últimos avances en el campo de la nutrición y técnicas de cultivo, se obtuvo un avance significativo en la producción de juveniles de *Epinephelus coioides* y *Cromileptes altivelis* en Indonesia. Las tasas de supervivencia de estas dos especies pasaron de un 3% y 10% a un 20-40% y 30-50% respectivamente, y se estima que en el mismo año el país ya contaba con 67 laboratorios que juntos produjeron 3.35 millones de juveniles de meros (Sugama 2003).

Otro ejemplo de un grupo que promueve la investigación y el desarrollo de tecnologías y sistemas de producción de meros es el Centro Australiano de Investigación Agrícola

Internacional (*Australian Centre for International Agricultural Research - ACIAR*). Con el proyecto *Improved Hatchery and Grow-out Technology for Marine Finfish in the Asia-Pacific Region*, el centro ha contribuido de modo satisfactorio para el desarrollo de la industria en el sudeste asiático, produciendo una gran cantidad de juveniles para diferentes productores. Además, juntos con sus colaboradores en Indonesia, Filipinas y Vietnam, los australianos ahora tienen el objetivo de desarrollar un alimento peletizado para el cultivo de meros que sea menos impactante al medio ambiente y una alternativa más costo-efectiva que el alimento fresco, lo que tornaría la actividad más sustentable y lucrativa, además de reducir la competencia entre acuicultores y pescadores por el *trash fish* (Williams *et al.* 2005), lo que también disminuiría el costo de producción a los productores.

1.4. La cabrilla sardinera.

Según Allen y Robertson (1998) la clasificación taxonómica de la especie es:

Clase: *Actinopterygii*.

Orden: *Perciformes*.

Familia: *Serranidae*.

Subfamilia: *Epinephelinae*.

Género: *Mycteroperca*.

Especie: *Mycteroperca rosacea* (Figura 2).



Figura 2. La cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*).

Los individuos de esta especie generalmente poseen una aleta dorsal única que presenta de VII a IX espinas y de 10 a 21 radios. La aleta anal con III espinas y de 7 a 13 radios. La aleta caudal puede ser truncada o cóncava con 13 a 15 radios ramificados. Las aletas pélvicas con I espina y 5 radios ramificados que se encuentran insertados por debajo o hacia atrás de la base de la aleta pectoral. El borde del pre-opérculo es aserrado. El opérculo posee 3 espinas planas. El borde superior del opérculo se encuentra libre y las membranas branquiales separadas. Poseen una sola línea lateral con escamas separadas y pequeñas (Heemstra y Randall 1993). Posee el quinto ó sexto radio alargado en la aleta anal. La membrana inter-espinal no es dentada. Los organismos de esta especie poseen de 37 a 43 branquio-espinas y el arco branquial superior más de 21. La línea lateral tiene 72 a 77 escamas estenoideas (Peláez-Mendoza 1997).

La especie *M. rosacea*, comúnmente llamada de cabrilla sardinera (inglés: *leopard grouper*; francés: *mérou leopard*) es una de las cinco especies del género *Mycteroperca* presente en las aguas tropicales del Pacífico. Se distribuye desde la costa sudoeste de la península de Baja California y a lo largo de todo Golfo de California hasta Jalisco, México (Figura 3). Habita preferentemente regiones rocosas de baja profundidad (<50m) cerca de la línea de costa e islas (Allen y Robertson 1998; Heemstra y Randall 1993) donde la temperatura anual puede fluctuar entre los 20 y 30°C, y la salinidad entre las 34 y 35ups respectivamente (Kiewek-Martínez 2004). Por lo general su dieta se compone de bancos de arenque (*Harengula thrissina*), anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) y otros peces (Peláez-Mendoza 1997) y los juveniles se alimentan durante el día de peces y crustáceos bentónicos (Hobson 1968). La talla máxima reportada de un individuo capturado es de 86cm y el peso máximo es de 9,640g (Fishbase 2010).



Figura 3. Distribución geográfica de la cabrilla sardinera.

La cabrilla sardinera presenta dos patrones de coloración: el más común es entre verde oscuro, marrón y gris, cubierto con manchas irregulares marrones y rojas, y al final de la aleta caudal presenta un margen blanco. El patrón menos frecuente es una coloración brillante entre el naranja y amarillo; y es común observar manchas negras (Heemstra y Randall 1993). Este último patrón es un efecto del cambio de color que ocurre en el animal cuando aún son juveniles (Heemstra y Randall *op cit.*). El proceso de cambio de color fue observado en animales de esta especie producidos y cultivados en el CIBNOR (Gracia-López *com. pers.*). Los progenitores fueron animales silvestres capturados e inducidos a la reproducción en cautiverio; el macho presentaba un color anaranjado brillante y la hembra el patrón normal de coloración. Algunos animales cambiaron completamente su color (Figura 4) en aproximadamente 3 semanas, mientras que otros permanecieron con algunas manchas de su coloración original (Figura 5). Se observó el fenómeno en juveniles de talla promedio de 150g y 22cm; con la aparición de manchas en diferentes partes del cuerpo del animal que gradualmente aumentaban.

Los estudios de la edad y crecimiento indican que la cabrilla sardinera es un pez con baja tasa de crecimiento, atribuido principalmente por sus hábitos alimenticios (Díaz-Uribe *et al.* 2001). Alcanza tallas de 1 metro a la edad de 21 años, y tanto machos como hembras alcanzan la madurez sexual entre los 3 y 5 años de edad, con tallas superiores a los 30cm (Aburto-Oropeza *et al.* 2008).

La especie posee ovarios de tipo sincrónico por grupo (Kiewek-Martínez 2004) y una época de reproducción de noviembre a junio, con un periodo de puesta entre marzo y junio (Kiewek-Martínez 2004; Aburto-Oropeza *et al.* 2008).



Figura 4. Cambio de color total.



Figura 5. Cambio de color parcial.

La cabrilla sardinera es un recurso muy importante en las pesquerías de la República Mexicana, sobretodo en la costa peninsular del Pacífico. El principal Estado en términos de captura es Baja California Sur, especialmente la Bahía de La Paz y sus áreas adyacentes (Peláez-Mendoza 1997; Díaz-Uribe *et al.* 2001). La disminución de las poblaciones naturales en los últimos diez años, generadas por intenso esfuerzo pesquero, introdujo en 1996 la cabrilla sardinera en la lista roja de especies amenazadas de la *International Union of Conservation of Nature*. En 2008 la especie pasó a la clasificación VU (A2ad+4ad), lo que considera la especie como vulnerable y con riesgo a la extinción en mediado plazo (Craig y Sadovy 2008).

Debido al anteriormente expuesto y al interés comercial de la especie, considerada un pez con excelente calidad de carne y alto valor comercial (Gracia-López *et al.* 2004a, 2004b, 2005), se han hecho esfuerzos para sentar las bases biológicas y tecnológicas de la especie con el objetivo de desarrollar técnicas de cultivo más eficientes que permitan incrementar la producción.

1.5. Antecedentes de investigación.

Sobre la especie existen estudios sobre su biología y ecología, y ellos se han basado en la alimentación natural (Peláez-Mendoza 1997), edad y crecimiento (Díaz-Uribe *et al.* 2001), patrones de desove (Erisman *et al.* 2007), patrón sexual (Erisman *et al.* 2008) y zonas de reclutamiento (Mendoza-Bustamante 2002).

En el área de la acuicultura hay estudios sobre la maduración sexual en cautiverio, la época de reproducción y el tipo de ovario, en donde se reporta la inducción al desove de la especie en organismos silvestres por medio de la hormona Gonadotropina Coriónica

Humana (GCH) y la hormona liberadora (LHRHa) (Kiewek-Martínez 2004). Se describió el desarrollo embrionario y morfológico de huevos y larvas hasta la apertura de la boca (Gracia-López *et al.* 2004a); el efecto de la temperatura y salinidad en los huevos y larvas (Gracia-López *et al.* 2004b), y la producción de larvas y juveniles (Gracia-López *et al.* 2005). Se han realizado estudios sobre la inmunología, específicamente la vacunación genética (Zepeda-Núñez 2007), susceptibilidad de juveniles de la especie a infecciones con bacterias *Aeromonas hydrophila* (Gómez-Rojo 2007) y la ingestión de probióticos para el mejor desarrollo del sistema inmune de juveniles (Reyes-Becerril *et al.* 2008). También, el efecto de la incorporación de levaduras en el alimento en la capacidad digestiva de la especie (Linares-Aranda 2007). Recientemente se ha estudiado el desarrollo morfológico, patrones de crecimiento y ontogenia digestiva de las larvas (Martínez-Lagos y Gracia-López 2009) y se ha descrito el desarrollo gonadal, el ciclo reproductivo, la concentración de esteroides sexuales (estradiol, testosterona y 11-ketosterona) y se comparó el efecto de las hormonas (LHRHa y GCH) en la maduración final de los ovocitos (Kiewek-Martínez 2009).

De acuerdo con Tucker (1998) el crecimiento puede ser afectado no sólo por diferencias genéticas entre organismos y por factores ambientales, pero también por competencia por alimento, espacio y dominancia social. Esta competencia intraespecífica hace que los individuos también interactúen de manera indirecta debido a la interferencia competitiva, en la cual uno o más animales no permiten que otros puedan utilizar los recursos (Wootton 1998). Una forma de interferencia competitiva es la jerarquía o dominancia social, que disminuye el potencial de crecimiento de algunos animales mediante la defensa o monopolio de determinado sitio o recurso (Staffan *et al.* 2002). La dominancia social puede

generar una gran variación en el crecimiento de los peces, daños en las aletas y altos niveles de estrés (Brännäs *et al.* 2001). Entonces es útil determinar cuál es la densidad de cultivo más adecuada para cada especie, la que promueva un desarrollo favorable y continuo en las diferentes etapas del crecimiento.

Los estudios enfocados a observar los efectos de la densidad de siembra sobre el desempeño y respuestas fisiológicas de peces (crecimiento, ingestión de alimento, comportamiento, entre otros), han sido reportados en su gran mayoría para especies dulceacuícolas y peces diádromos, como la tilapia (*Tilapia nilotica*) (Carro-Anzalotta y McGinty 1986), el bagre del canal (*Ictalurus punctatus*) (Schmittou 1969; Allen 1974), la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (Trzebiatowski *et al.* 1981), el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) (Refstie y Kittelsen 1976; Soderberg *et al.* 1993; Hosfeld *et al.* 2009) y la trucha alpina (*Salvelinus alpinus*) (Wallace *et al.* 1988).

Existen reportes de este tipo de estudios con peces marinos, como los carángidos *Seriola lalandi* y *S. purpurascens* (Hirata 1996), el rodaballo (*Scophthalmus maximus*) (Irwin *et al.* 1999; Ma *et al.* 2006), la lubina (*Dicentrarchus labrax*) (Papoutsoglou *et al.* 1998; Paspatis *et al.* 2003; Lupatsch *et al.* 2010), la dorada (*Sparus aurata*) (Montero *et al.* 1999), el lenguado del Japón (*Paralichthys olivaceus*) (Bolasina *et al.* 2006), el fletán (*Hippoglossus hippoglossus*) (Björnsson 1994), el pargo *Pagrus pagrus* (Maragoudaki *et al.* 1999), el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) (Guerrero-Tortolero *et al.* 1999), el pargo de manglar (*L. argentimaculatus*) (Doi y Singhagraiwan 1993; Moree *et al.* 1996), la cobia (*Rachycentron canadum*) (Webb *et al.* 2007), entre otros. En el grupo de los meros: la cabrilla estuarina (*Epinephelus salmoides*) (Teng y Chua 1978; Chua y Teng 1979), la cabrilla roja (*E. akaara*) (Tseng 1983), el mero *E. tauvina* (Chou y Wong 1985; Abdullah *et al.* 1987), el

mero *E. coioides* (Ahmad *et al.* 1999) y la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) (Grayeb-Del Alamo 2001; Anguas-Vélez *et al.* 2003) (Tabla V).

Tabla V. Tabla comparativa entre las densidades de cultivo utilizadas en peces.

| Especie | Sistema | Densidad | Autor |
|--|---------------------------------------|--|------------------------------|
| Jundiá <i>Rhamdia quelen</i> | Jaulas | 100, 200 y 300 peces.m ⁻³ | Barcellos <i>et al.</i> 2004 |
| Perca plateada australiana <i>Bidyanus bidyanus</i> | Jaulas y tanques | 50, 100 y 200 peces.m ⁻³ | Rowland <i>et al.</i> 2004 |
| Bagre del canal <i>Heterobranchus longifilis</i> | Jaulas | 50, 100, 200, 500 y 1000 peces.m ⁻³ | Coulibaly <i>et al.</i> 2007 |
| Tilapia <i>Oreochromis sp.</i> | Jaulas | 100, 200 y 300 peces.m ⁻³ | Watanabe <i>et al.</i> 1990 |
| Mero <i>Epinephelus salmoides</i> | Jaulas | 15, 30, 60, 90 y 120 peces.m ⁻³ | Chua y Teng 1979 |
| Mero <i>Epinephelus coioides</i> | Jaulas y tanques | 250, 500 y 1000 peces.m ⁻³ | Ahmad <i>et al.</i> 1999 |
| Lubina <i>D. labrax</i> | Tanques | 100, 400 y 1000 peces.m ⁻³ | Paspatis <i>et al.</i> 2003 |
| Trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> | Tanques | 10, 40 y 80 kg.m ⁻³ | North <i>et al.</i> 2006 |
| Dorada <i>Sparus aurata</i> | Tanques | 0.35, 1.3 y 3.2 kg.m ⁻³ | Canario <i>et al.</i> 1998 |
| Lubina <i>Dicentrarchus labrax</i> | Tanques | 5.5 y 36 kg.m ⁻³ | Lupatsch <i>et al.</i> 2010 |
| Rodaballo <i>Scophthalmus maximus</i> | Tanques | 0.7, 1.1, 1.5 y 1.8 kg.m ⁻² | Irwin <i>et al.</i> 1999 |
| Cobia <i>Rachycentron canadum</i> | Tanques con sistema de recirculación. | 0.04, 0.22 y 0.44 g.L ⁻¹ | Webb <i>et al.</i> 2007 |

En la gran mayoría de estos estudios se determinó el efecto de la densidad sobre el crecimiento, pero también existen estudios sobre el efecto de la densidad en los niveles de

cortisol en la sangre (Barcellos *et al.* 2004; Bolasina *et al.* 2006; Lupatsch *et al.* 2010), glucosa en la sangre (Lupatsch *et al.* 2010), ingestión de alimento (Jørgensen *et al.* 1993; Lambert y Dutil 2001; Paspatis *et al.* 2003; Lupatsch *et al.* 2010), factor de conversión alimenticia (Papoutsoglou *et al.* 1998; Rowland *et al.* 2006; Ma *et al.* 2006), pigmentación (Ma *et al.* 2006), coeficiente de variación (Irwin *et al.* 1999; Rowland *et al.* 2006), gasto energético (Lupatsch *et al.* 2010), consumo de oxígeno (Jørgensen *et al.* 1993), actividad enzimática (Bolasina *et al.* 2006) y comportamiento (Papoutsoglou *et al.* 1998).

De acuerdo con los resultados reportados sobre el crecimiento, no se observa una relación igual entre densidad y crecimiento para todas las especies. Clark *et al.* (1990) observaron una mayor biomasa en los tratamientos de mayor densidad pero no encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso diaria, tasa de crecimiento específica y supervivencia en las diferentes densidades probadas en la tilapia roja de Florida (*Oreochromis hornorum x O. Mossambicus*). Además, los autores observaron un mayor coeficiente de variación en los animales sometidos a menores densidades. Bolasina *et al.* (2006) también encontraron una mayor tasa de crecimiento en juveniles de lenguado del Japón (*Paralichthys olivaceus*) cultivados en altas densidades.

Lambert y Dutil (2001) y Irwin *et al.* (1999) encontraron mayores tasas de crecimiento en los tratamientos de menor densidad con el bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*) y el rodaballo (*Scophthalmus maximus*) respectivamente. Coulibaly *et al.* (2007) encontraron mayores tasa de supervivencia, ganancia de peso y peso final y menores coeficientes de variación y factor de conversión alimenticia en juveniles del bagre del canal (*Heterobranchus longifilis*) cultivados en bajas densidades.

Lupatsch *et al.* (2010) no encontraron diferencias significativas en el crecimiento de

juveniles de lubina (*Dicentrarchus labrax*) en las diferentes densidades probadas, pero observaron que los animales mantenidos a altas densidades presentan mayores niveles de cortisol en la sangre. Rowland *et al.* (2006) observaron que la densidad de cultivo no afecta el peso final, tasa específica de crecimiento y tasa absoluta de crecimiento en la perca plateada australiana (*Bidyanus bidyanus*), pero que el factor de conversión alimenticia fue mayor en densidades medianas. Ahmad *et al.* (1999) no observaron el efecto de la densidad en el crecimiento, supervivencia y factor de conversión alimenticia en juveniles del mero *E. coioides*, pero observaron que estos animales presentaron mejor desempeño en jaulas que en tanques. Chua y Teng (1979) determinaron que el cultivo de juveniles del mero *E. salmoides* presenta mejores resultados cuando se utiliza densidades de siembra medianas.

Las divergencias en los resultados observados en diferentes especies o mismo en especies de igual grupo taxonómico nos demuestra que es importante estudiar el efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento, tasa de ingestión de alimento y coeficiente de variación en juveniles de cabrilla sardinera, con el objetivo de desarrollar técnicas de cultivo más eficientes para la especie.

La tasa de ingestión de alimento (TIA) es un índice útil en la acuicultura. El representa la cantidad de alimento consumido en relación a la cantidad de alimento suministrada, y puede ser un excelente indicativo del estado de salud y crecimiento de los animales, malas prácticas de alimentación y calidad del alimento. Se sabe que la cantidad adecuada de alimento está relacionada principalmente con factores ambientales y el número, tamaño y condición fisiológica de los animales, y que estos factores están cambiando constantemente en condiciones de cultivo. Para asegurar que los animales tengan alimento suficiente, las cantidades de alimento suministradas son ligeramente sobreestimadas, resultando en exceso

de alimento en el ambiente de cultivo. El TIA puede variar de acuerdo con el sistema de cultivo y especie cultivada, y determinarlo es un paso importante en el desarrollo de una adecuada estrategia de alimentación (You *et al.* 2008). Además, la determinación de la cantidad real de alimento consumido por los animales nos permite determinar con exactitud el factor de conversión alimenticia.

La eficiencia alimenticia aparente, por otro lado determina la cantidad del alimento asimilada por un animal con relación a la consumida, o sea, la parte del alimento que se transformó en peso corporal.

Katersky y Carter (2005) determinaron el efecto de la temperatura en el crecimiento y ingestión de alimento en juveniles de la perca gigante (*Lates calcarifer*) cultivados en peceras de 150 litros. Petit *et al.* (2003) determinaron la influencia del fotoperíodo en la tasa de ingestión de alimento y crecimiento en juveniles de la perca americana (*Micropterus salmoides*) cultivados en pequeñas peceras de 15 litros. Kubitza *et al.* (1997) buscando alcanzar mayores tasas de crecimiento en juveniles de la perca americana, determinaron cuáles sustancias químicas promueven una mayor tasa de ingestión de alimento de esta especie cultivada en acuarios de 45 litros. Los autores utilizaron una variación del TIA y determinaron el promedio de la tasa de ingestión de alimento diaria (TIAD; en inglés: *daily food intake*) por cada 100 gramos de peso corporal mediante la fórmula: (1) $DFI = [\text{consumo diario} / (\text{peso inicial} + \text{peso final})/2] * 100$. Zonneveld y Fadholi (1991) estudiaron el efecto de la densidad en el crecimiento y tasa de ingestión de alimento en juveniles de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados en estanques de concreto de 32 m². Rubio *et al.* (2003) estudiaron la influencia de la alimentación nocturna de juveniles de la dorada (*Dicentrarchus labrax*) en su capacidad de capturar el

alimento microparticulado durante la noche. Los autores también expresaron la tasa de ingestión de alimento como tasa de ingestión de alimento diaria por cada 100 gramos de peso corporal. Lambert y Dutil (2001) estudiaron el efecto de la densidad y frecuencia alimenticia en la tasa de ingestión de alimento y crecimiento del bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*) y también expresaron el TIA como TIAD por cada 100 gramos de peso corporal.

El coeficiente de variación nos indica la dispersión o variabilidad relativa que tiene determinado grupo de organismos (Zar 1996), por lo tanto, mientras mayor dispersa sea la misma mayor será el coeficiente de variación. Se sabe que el crecimiento en la mayoría de los organismos no es equitativo y, como se mencionó inicialmente, las dominancias sociales pueden generar una gran variación en el crecimiento de los peces, daños en las aletas y altos niveles de estrés (Brännäs *et al.* 2001), así que determinar cual densidad produce animales con menor coeficiente de variación también es necesario.

Es muy importante mencionar que este tipo de estudios contribuyeron en algún momento a establecer las bases experimentales para el cultivo de estas especies a escala piloto y posteriormente a escala comercial (Hirata 1996).

2. JUSTIFICACIÓN.

La piscicultura marina es un campo en pleno crecimiento y desarrollo que contribuye de modo satisfactorio a la economía de muchos países, mediante la generación de empleos y divisas. Por muchos años la actividad dependió exclusivamente de la captura de juveniles del medio natural, sin embargo la disminución de los estoques naturales y la variación estacional en la captura de semilla ha limitado su expansión de cierta forma. Actualmente son pocas las especies en las cuales se dominan con éxito todas las etapas del ciclo productivo, como es el caso de la dorada y la lubina en el mar Mediterráneo y el jurel en Japón.

La producción consistente de juveniles de calidad y a un menor costo al productor es un requerimiento indispensable en el proceso productivo, además de disminuir el impacto generado por el esfuerzo pesquero. Para esto es necesario contar con técnicas de cultivo adecuadas y sistemas de producción eficientes que permitan que la especie cultivada alcance un desempeño satisfactorio.

En el cultivo de organismos acuáticos es necesario conocer la densidad de cultivo que permita un desarrollo favorable y continuo en las diferentes etapas del crecimiento, que la supervivencia sea alta y el crecimiento y la conversión alimenticia no se vean afectados por razones de competencias, estrés, comportamiento social, entre otros.

En México no se ha desarrollado el cultivo de meros a nivel comercial. Por lo tanto, el estudio que aquí se presenta es una contribución para ese propósito, ya que se determinará la mejor densidad de siembra durante una fase del ciclo de engorda en laboratorio de la cabrilla sardinera utilizando jaulas flotantes como medio de cultivo. Además, la

determinación de la tasa de ingestión de alimento, factor de conversión alimenticia, homogeneidad de tallas y crecimiento de juveniles de cabrilla sardinera, bajo diferentes densidades de cultivo nos ayudarán a comprender mejor el comportamiento y el desempeño de esta especie en cautiverio.

3. OBJETIVOS.

3.1. General.

Estudiar el efecto de la densidad de cultivo en el crecimiento de juveniles de cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*).

3.2. Particulares.

Determinar la densidad de cultivo más adecuada que favorezca el crecimiento, tasa de ingestión de alimento, factor de conversión alimenticia y homogeneidad de tallas durante la etapa inicial del cultivo de juveniles de la cabrilla sardinera en laboratorio.

Determinar la tasa específica y tasa absoluta de crecimiento para cada densidad.

Determinar la relación densidad de cultivo/tasa de ingestión de alimento.

Evaluar la supervivencia en función de cada densidad.

4. HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Mediante la utilización de tres densidades de cultivo de juveniles de cabrilla sardinera (*M. rosacea*) en etapas tempranas de engorde, se espera observar que la tasa de ingestión de alimento presente una relación directa con la densidad de cultivo de esta especie y que este fenómeno se vea reflejado en un mayor crecimiento en el grupo cultivado a mayor densidad.

5. MATERIALES Y METODOS.

Este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Reproductiva (anexo O) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en La Paz, B.C.S., México (Figura 6).

El CIBNOR se localiza a aproximadamente 15km al noroeste del centro de la ciudad de La Paz. Frente a este se encuentra la ensenada de La Paz localizada entre los $24^{\circ}06'$ y $24^{\circ}10'$ de latitud norte y entre los $110^{\circ}19'$ y $110^{\circ}25'$ de longitud oeste.

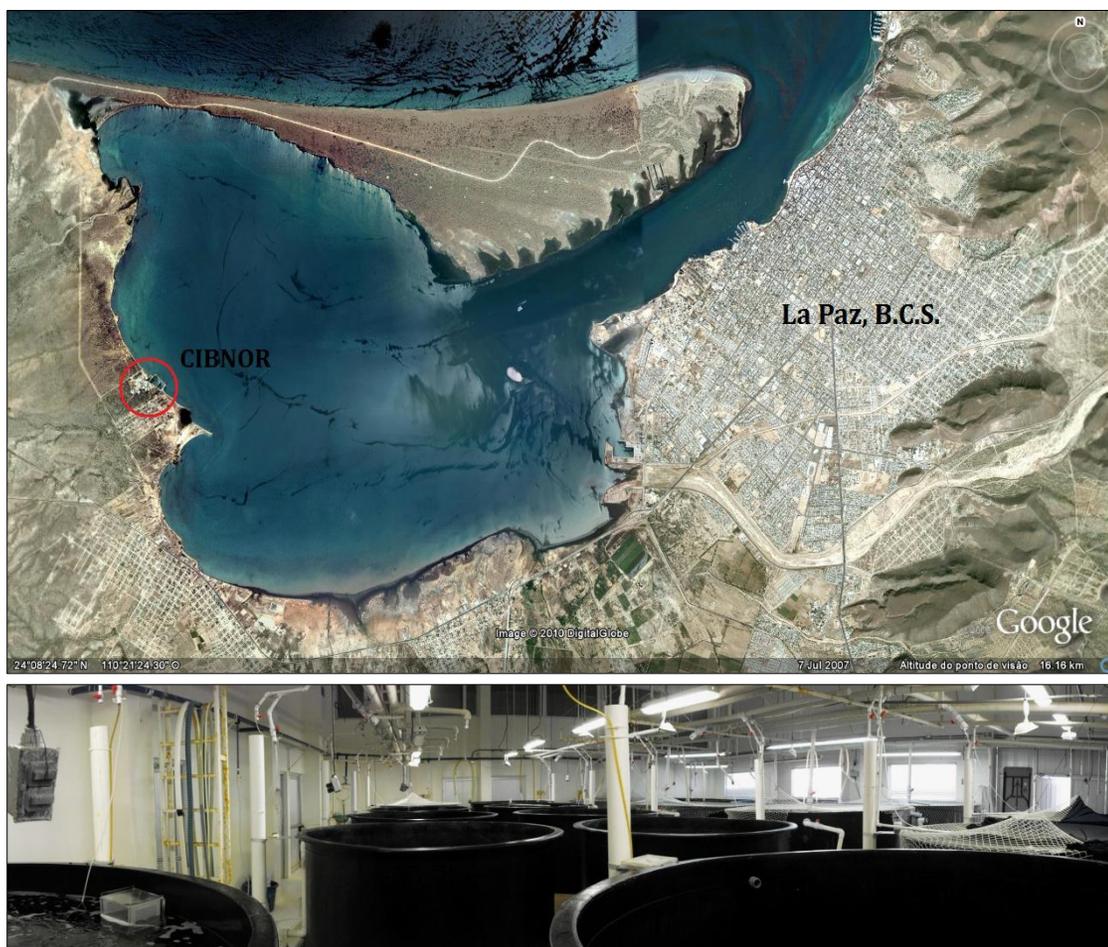


Figura 6. La localización y el Laboratorio de Biología Reproductiva del CIBNOR.

5.1. Captura e inducción de reproductores

Se capturaron cabrillas adultas con anzuelo en la Isla San José, Baja California Sur, durante el período de puesta (marzo a junio) y se transportaron los organismos al Laboratorio de Biología Reproductiva en tanques cilíndricos de 500L complementados con oxígeno puro. A su llegada al laboratorio los animales fueron transferidos a un tanque de 1.5m³ y posteriormente fueron anestesiados⁴, medidos (Figura 7), pesados, identificados⁵ y sometidos a un baño de agua dulce.



Figura 7. Medición de un adulto de cabrilla sardinera recién capturado.

⁴ Se utilizó el anestésico MS-222 a una concentración de 75mg.L⁻¹.

⁵ Marcados en la musculatura dorsal con identificadores (Spaghetti Floy Tags®) enumerados.

Se tomaron muestras de esperma de los machos aplicando una ligera presión abdominal para observar la motilidad espermática bajo un microscopio. De cada una de las hembras se obtuvo una muestra de gónada mediante la introducción de una cánula de polietileno (1.6mm d.e.; 0.8mm d.i.) en el oviducto (Figura 8), determinándose la madurez gonadal (diámetro del ovocito y grado de madurez).



Figura 8. Canulación para determinar el estado de madurez gonadal.

Las hembras maduras (vitelogénesis tardía; ovocitos hidratados) fueron inducidas a desovar con dos inyecciones de Gonadotropina Coriónica Humana (HCG); a la primera inyección de 1000 UI.kg^{-1} le siguió 24h más tarde una segunda inyección de 500 UI.kg^{-1} . Al momento del desove, los óvulos y espermias se obtuvieron mediante presión abdominal. Se utilizó el método seco para la fecundación de los huevos. Este método consistió en

mantener los huevos en un recipiente y adicionar el esperma extraído, se mezcló todo el material con una pluma de ave y se dejó reposar durante 3 minutos el contenido. Después se agregó agua de mar esterilizada entre 25 y 27°C para la activación espermática. Se dejó transcurrir 15 minutos y entonces los huevos ya fertilizados fueron transferidos a una bolsa de malla de 300µm para que pudieran ser enjuagados y así eliminar el excedente de esperma. Se transfirieron los huevos a un volumen de 40L en donde se dejó reposar con aireación suave. Veinte minutos después se suspendió la aireación y se separaron los huevos fertilizados (flotantes) de los no fertilizados. Se hizo el conteo del número de huevos fertilizados homogenizando la columna de agua del recipiente con volumen conocido. Se tomaron 10 alícuotas de 25mL cada y se determinó el número promedio de huevos por alícuota y se calculó el número total de huevos extrapolando los resultados al volumen del recipiente. La tasa de eclosión de huevos fue de 78%.

5.2. Metodología de cultivo de larvas

Se transfirieron los huevos ($60 \cdot 10^3$) a un tanque circular negro de 2.8m^3 previamente desinfectado con hipoclorito de sodio y llenados con agua de mar filtrada (>50 , 5 y $1\mu\text{m}$) y esterilizada (UV), complementado con luz artificial y aeración.

La temperatura del tanque se mantuvo en los 25°C, la salinidad entre 35 y 36ups, la concentración de oxígeno disuelto siempre mayor a $5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. La aireación en los primeros días del desarrollo larvario, se mantuvo muy baja para evitar grandes turbulencias. Para la iluminación se utilizaron 4 pequeñas lámparas de halógeno de 60W encendidas las 24h del día, alcanzando una luminosidad total en la superficie del centro del tanque de 1,500lux. El

recambio de agua fue gradualmente aumentando de un 10% ($\pm 0.19 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$) en los primeros días a un 100% ($\pm 1.94 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$) cuando las larvas empezaron a comer *Artemia*.

A partir del 2 *dah*, al principio y al final del día se limpió cuidadosamente el fondo del tanque con el auxilio de un sifón.

El tanque utilizado posee un sistema de drenaje superficial con una caja de acrílico transparente con mallas removibles (Figura 9). Una manguera de PVC transparente de 0.5mm de diámetro con perforaciones es conectada al sistema de aireación y puesta junto con la caja de acrílico. Las burbujas producidas evitan el acercamiento de larvas y la salida del alimento. Al inicio del cultivo larvario se utilizaron mallas de $50\mu\text{m}$ y al final de $300\mu\text{m}$. La salinidad fue controlada por el flujo de entrada de agua marina y dulce por el fondo del tanque, lo que permitió una homogenización del agua eficiente.

Cuatro días previos al depósito de los huevos fertilizados al tanque de cultivo larvario se sembraron 350 mil copépodos (*Pseudodiaptomus euryhalinus*). Se alimentaron los copépodos con 2 tipos de microalgas: *Isochrysis galbana* y *Tetraselmis suecica*. Las cuales se suministraron diariamente en tres dosis a una concentración total de $3\text{-}6\cdot 10^6 \text{ células}\cdot\text{mL}^{-1}$. Esto permitió al tanque “madurar” y aumentar la cantidad de copépodos (adultos y copepoditos) para que al momento de la apertura de la boca de las larvas (3 *dah*) hubiera suficiente alimento, sobre todo de pequeño tamaño (copepoditos $\leq 60\mu\text{m}$).

Además de la fuente de alimento ya disponible dentro del tanque (copépodos), se suministró diariamente en dos dosis: rotífero (*Brachionus plicatilis*) filtrado ($\leq 75\mu\text{m}$) del 3-10 *dah* a una concentración de $10 \text{ rot}\cdot\text{mL}^{-1}$, a partir del 11-30 *dah* se les suministró rotífero no filtrado enriquecido con $125 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de *Ratio Hufa Enrich* (Salt Creek®) a una

concentración de 10 rot.mL^{-1} , y a partir del 23 *dah* nauplios de *Artemia* (INVE, Great Salt Lake, Grantsville, UT, USA) a una concentración de 2 art.mL^{-1} .

Al final del periodo larvario se llevó a cabo el proceso de substitución alimenticia. El cual se define como; el cambio gradual del alimento vivo a un alimento microparticulado balanceado. A partir del 35 *dah* los animales ya se alimentaban de alimento particulado de $200\mu\text{m}$.

Al 45 *dah* (15 de julio del 2009) se observó una tasa de supervivencia de 1.3%. Se logró producir 610 individuos de longitud total de aproximadamente 3cm.

5.3. Metodología experimental

Se realizó una biometría y se seleccionaron 90 individuos (Figura 9). Los animales presentaron un peso promedio de $23.64 \pm 2.95\text{g}$ y una longitud total promedio de $11.69 \pm 0.55\text{g}$ y fueron aleatoriamente distribuidos en las jaulas. Los peces fueron mantenidos en el sistema de cultivo hasta que se observó que respondían bien a las condiciones de cultivo y al alimento. Después de dos semanas (01 al 15 de octubre) se decidió iniciar el experimento de densidades y nuevamente se realizó una biometría. Se realizó un análisis estadístico para verificar que no había diferencias significativas en el peso y longitud total entre tratamientos.

El experimento evaluó tres densidades de cultivo ($77, 154$ y 230 peces.m^{-3}), en el cual cada densidad representó un tratamiento (Tabla VI).

Tabla VI. Densidades equivalentes utilizadas en los tratamientos

| Tratamiento | Densidad | | | |
|-------------|-------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| | peces/jaula | g.L ⁻¹ | kg.m ⁻³ | peces.m ⁻³ |
| A | 5 | 1.9 | 1.9 | 77 |
| B | 10 | 3.8 | 3.8 | 154 |
| C | 15 | 5.8 | 5.8 | 230 |

Se utilizaron un total de nueve jaulas (3 jaulas por tratamiento) de 65L (0.36*0.36*0.50m), hechas de tubos de PVC de ½” y mallas plástica de 2mm de apertura. Todas las jaulas se pusieron dentro de un tanque circular negro de 7m³ con aire, flujo continuo y drenaje superficial y de fondo. Toda el agua fue bombeada de la ensenada de La Paz, por medio de bombas hidráulicas y posteriormente filtrada (>50, 5 y 1µm) y esterilizada (UV) antes de llegar al laboratorio. Se hizo una distribución aleatoria de las jaulas de cada tratamiento en el tanque (Figura 10).



Figura 9. Organismos seleccionados para iniciar el experimento

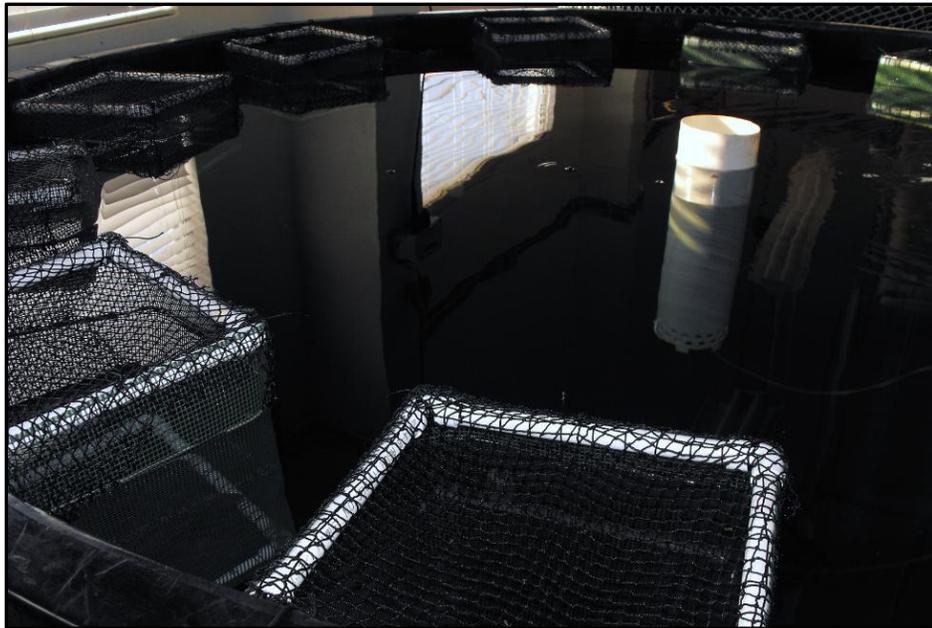


Figura 10. Jaulas de PVC distribuidas aleatoriamente en el tanque.

Diariamente se registraron en una bitácora, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto con el auxilio de un oxímetro (YSI 55/12ft).

La alimentación se realizó *ad libitum* cuatro veces al día (8:00, 10:30, 13:00 y 15:30h) y se registró la cantidad de alimento suministrado y el no consumido en cada jaula después de cada alimentación. Para la determinación del alimento no consumido se utilizó la metodología similar a la descrita por Kubitzia *et al.* (1997), Petit *et al.* (2003) y Katersky y Carter (2005). Después de la alimentación se disminuyó la aireación, se esperó diez minutos y se realizó el conteo del número de partículas no consumidas que se fueron al fondo del tanque. Después del conteo de partículas no consumidas todo el alimento excedente fue retirado del tanque con el auxilio de un sifón.

El peso seco total del alimento no consumido fue determinado multiplicando el número de partículas no consumidas por el peso seco promedio de cada partícula. Se utilizó un bascula de precisión (Balanza precisa XT220A) para determinar el peso seco promedio de las partículas del alimento peletizado ($0.003756 \pm 0.000657\text{g}$) antes de empezar el experimento.

Se realizaron biometrías al inicio del experimento (15 de octubre), al día 29 (13 de noviembre) y 61 (14 de diciembre) de cultivo, en la cual se determinó la longitud total en centímetros y el peso en gramos de todos los organismos de cada jaula. Los peces fueron anestesiados con aceite de clavo diluido en agua ($1\text{ml} \cdot 30\text{L}^{-1}$) antes de cada biometría.

Con los parámetros biométricos fueron calculadas las siguientes ecuaciones:

5.4. Crecimiento.

Se decidió determinar la tasa específica de crecimiento (TEC) y la tasa absoluta de crecimiento (TAC).

La tasa de crecimiento específica se determinó mediante la fórmula:

$$(2) \text{ TEC} = 100 * \{[\ln (W_F) - \ln (W_I)] / t\}$$

Donde: $\ln (W_F)$ = logaritmo natural del peso húmedo final, $\ln (W_I)$ = logaritmo natural del peso húmedo inicial, t = tiempo en días. Los valores son presentados en $\% \cdot \text{día}^{-1}$.

Al final del experimento se determinó la tasa específica de crecimiento promediando los valores de TEC de cada jaula.

La ganancia de peso diaria se determinó mediante la diferencia del peso final e inicial por el tiempo de cultivo.

Al final de cada período experimental se determinó la ganancia de peso en gramos por día promediando los valores de cada jaula. Además se determinó la ganancia de peso total considerando el peso inicial el día 0 y el final el día 61.

5.5. Tasa de ingestión de alimento (TIA).

La tasa de ingestión de alimento se determinó en cada alimentación por jaula de la siguiente manera:

$$(3) \text{ TIA} = 100 * (\text{alimento total consumido} / \text{alimento total suministrado})$$

Al final del día se determinó la tasa de ingestión de alimento por tratamiento promediando los valores de la tasa de ingestión de alimento en cada alimentación en cada jaula (You *et al.* 2008).

5.6. Factor de conversión alimenticia (FCA).

El factor de conversión alimenticia se determinó mediante la cantidad de alimento necesario para producir una unidad de peso por pez húmedo (*unit weight of wet fish*).

Se evaluó considerando la cantidad de alimento utilizado para obtener una determinada biomasa de peces de acuerdo a la siguiente proporción:

$$(4) \text{ FCA} = \text{total de alimento consumido} / (W_F - W_I)$$

El valor es expreso en gramos de alimento seco por gramos de pez húmedo.

Se alimentaron los animales *ad libitum*, y se determinó el alimento suministrado y el consumido. Para el cálculo de determinación del FCA se utilizó el dato del alimento consumido, lo que permitió generar un valor más cercano a la realidad.

Al final de cada biometría se determinó el factor de conversión alimenticia por tratamiento promediando el factor de conversión alimenticia de cada jaula (Gracia-López y Castello-Órvay 1996).

5.7. Eficiencia alimenticia (EA).

La eficiencia alimenticia se determinó al final de cada biometría para cada jaula de la siguiente manera:

$$(5) \text{ EA} = 100 * [(W_F - W_I) / \text{alimento total consumido}]$$

Al final de cada biometría se determinó la eficiencia alimenticia promedio por grupo promediando los valores de cada jaula correspondiente a cada tratamiento (You *et al.* 2008).

5.8. Coeficiente de variación (CV).

Se determinó el coeficiente de variación por jaula de la siguiente manera:

$$(6) CV = 100 * (\text{desviación estándar} / \text{peso promedio de la jaula})$$

Al final de cada biometría se determinó el coeficiente de variación por tratamiento promediando los CV de cada jaula (Irwin *et al.* 1999).

5.9. Supervivencia

La supervivencia se determinó al final del periodo experimental mediante el conteo de organismos vivos. (Gracia-López y Castello-Órvay 1996). Los valores fueron expresos en porcentaje.

Para verificar diferencias significativas entre el peso y longitud total obtenida bajo las distintas densidades utilizadas en el estudio se aplicó un análisis de varianza de un factor (*one-way* ANOVA) una vez comprobada la normalidad y homogeneidad de varianza de los grupos analizados. Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey HSD para determinar la diferencia mínima significativa entre los grupos y establecer las relaciones de diferencias entre tratamientos. En el caso de ausencia de normalidad o/y homogeneidad se aplicó una transformación de los datos (logaritmo de base 10) y se aplicó la prueba de Tukey HSD (Zar 1996), después de comprobada la normalidad de los datos transformados.

Para la comparación de los parámetros biométricos, factor de conversión alimenticia, tasa absoluta de crecimiento, tasa específica de crecimiento, coeficiente de variación, tasa

de ingestión de alimento y eficiencia alimenticia se utilizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis (Zar 1996).

Se realizó una regresión lineal para establecer la relación densidad de cultivo/tasa de ingestión de alimento, ajustando los valores al modelo estadístico más adecuado al comportamiento de los datos mediante el coeficiente de correlación mayor (r). Se promediaron los valores de la TIA entre jaulas de cada tratamiento al día y posteriormente se promediaron los valores TIA de cada semana para cada tratamiento y se graficaron con la densidad de cultivo.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SIGMAPLOT 11. Las graficas se realizaron con el programa SIGMA PLOT 11 y el Microsoft Office EXCEL 2007.

Los valores son presentados de la siguiente manera: media aritmética \pm desviación estándar.

6. RESULTADOS.

6.1. Parámetros físico-químicos.

Los parámetros ambientales que se registraron; salinidad, temperatura y oxígeno disuelto, fueron comunes a todos los peces que se utilizaron en el presente estudio y en los diferentes tratamientos evaluados, por lo que el efecto de estos sobre su crecimiento y la supervivencia, se refleja de manera igual durante el proceso experimental.

Al inicio del experimento (15 de octubre) se registró una temperatura de 25.4°C, una concentración de oxígeno disuelto de 5.56 mg.L⁻¹ y una salinidad de 38ups.

Durante el periodo experimental se registró una temperatura y concentración de oxígeno disuelto promedio de 24.2°C y 6.02 mg.L⁻¹ (Tabla VII y VII). Se observó una disminución gradual de la temperatura durante el período experimental (Figura 11), en donde en los primeros días del experimento (17 de octubre) se registró la temperatura máxima de 26.4°C y en las primeras semanas de diciembre próximo a la llegada del solsticio de invierno (12 de diciembre) se registró el valor mínimo de 23.1°C.

La concentración de oxígeno disuelto se mantuvo entre los 5.33 mg.L⁻¹ y 6.99 mg.L⁻¹, siendo estos valores el mínimo y el máximo registrados durante el experimento. La salinidad fluctuó entre 37 y 39ups durante el período experimental.

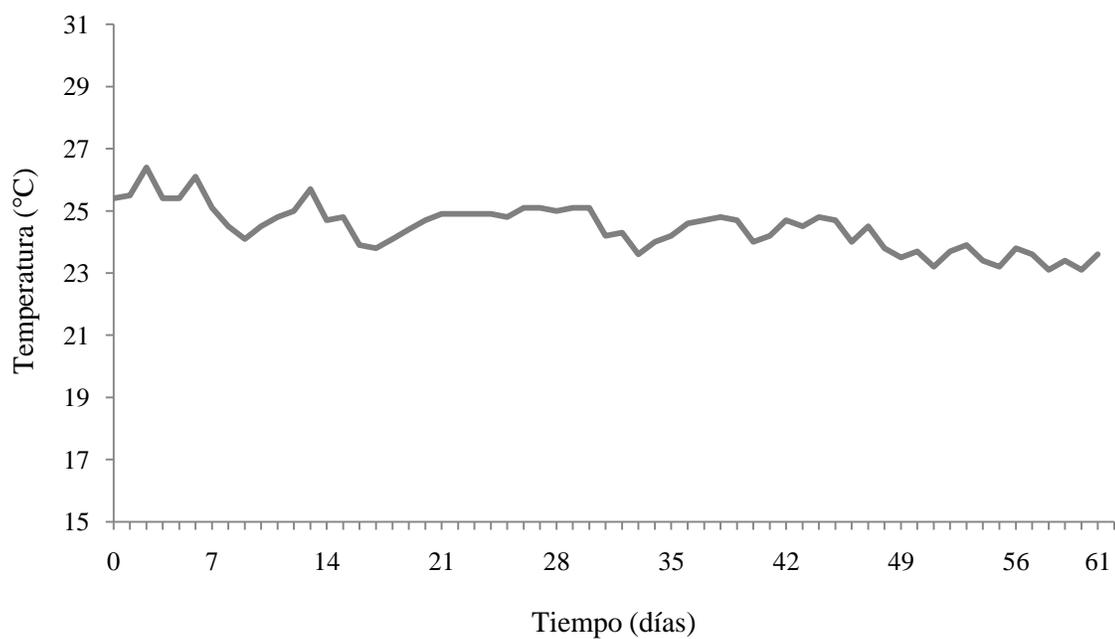


Figura 11. Comportamiento de la temperatura durante el período experimental.

Tabla VII. Valores de oxígeno disuelto (mg.L^{-1}) registrados durante el periodo experimental.

| Período (días) | Promedio | Mínima | Máxima |
|----------------|----------|--------|--------|
| 0-29 | 6.07 | 5.33 | 6.76 |
| 29-61 | 5.99 | 5.40 | 6.99 |

Tabla VIII. Valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) registrados durante el periodo experimental.

| Período (días) | Promedio | Mínima | Máxima |
|----------------|----------|--------|--------|
| 0-29 | 24.90 | 23.80 | 26.40 |
| 29-61 | 23.62 | 23.10 | 25.10 |

6.2. Datos registrados al inicio del experimento.

Después de dos semanas en período de climatización al sistema de cultivo se inició el experimento. En la Tabla IX se encuentran los datos registrados al inicio del experimento.

Tabla IX. Datos registrados al inicio del experimento (día 0).

| Peces.m⁻³ | Peso (g) | Longitud total (cm) | Biomasa (kg) | C.v. |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------|-------------|
| 77 | 24.44 ±2.49 | 12.34 ±0.49 | 0.1222 | 0.10 |
| 154 | 24.29 ±2.19 | 12.34 ±0.42 | 0.2429 | 0.09 |
| 230 | 23.92 ±2.13 | 12.26 ±0.47 | 0.3508 | 0.09 |

De acuerdo con los análisis estadísticos iniciales, las variables peso y longitud total presentaron distribución normal ($P=0.127$ y $P=0.151$ respectivamente) y homogeneidad de varianza ($P=0.374$ y $P=0.082$ respectivamente). Se aplicó el análisis ANOVA y no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) en el peso ($P=0.597$) tampoco en la longitud total ($P=0.774$) entre los tratamientos, estableciendo la aceptación de la hipótesis nula ($H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C$); o sea, que no existían diferencias estadísticas significativas entre las medias del peso y longitud total entre tratamientos al inicio del experimento.

En las Figuras 12 y 13 se grafica la distribución de medias y los rangos de las variables peso y longitud total para cada réplica al día 0.

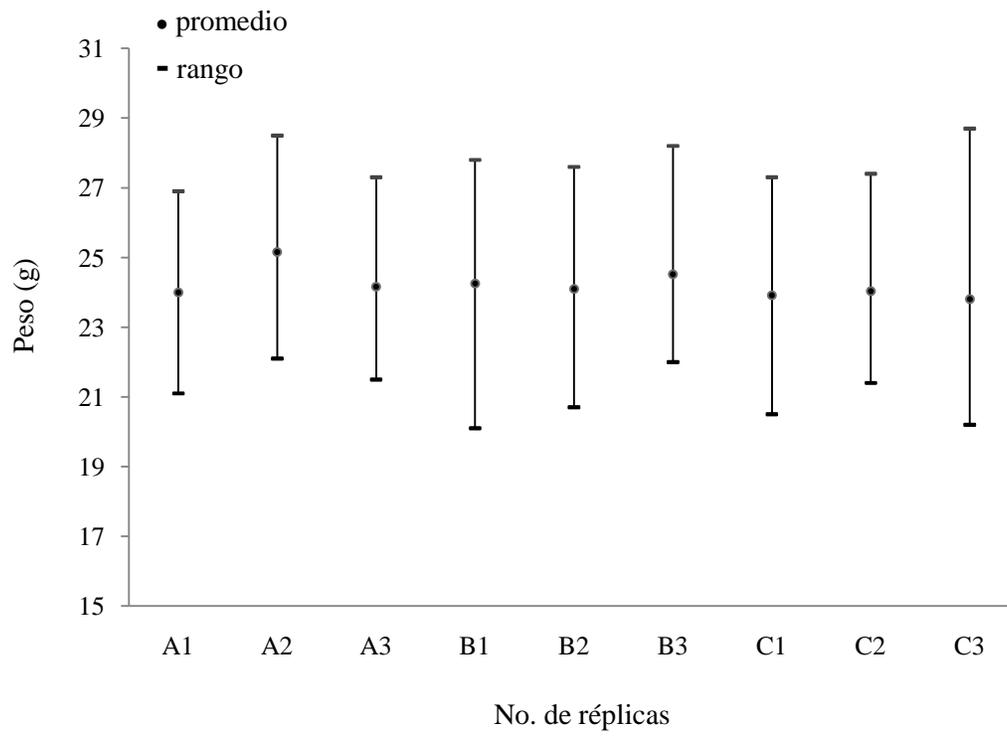


Figura 12. Distribución de medias de la variable peso al inicio del experimento.

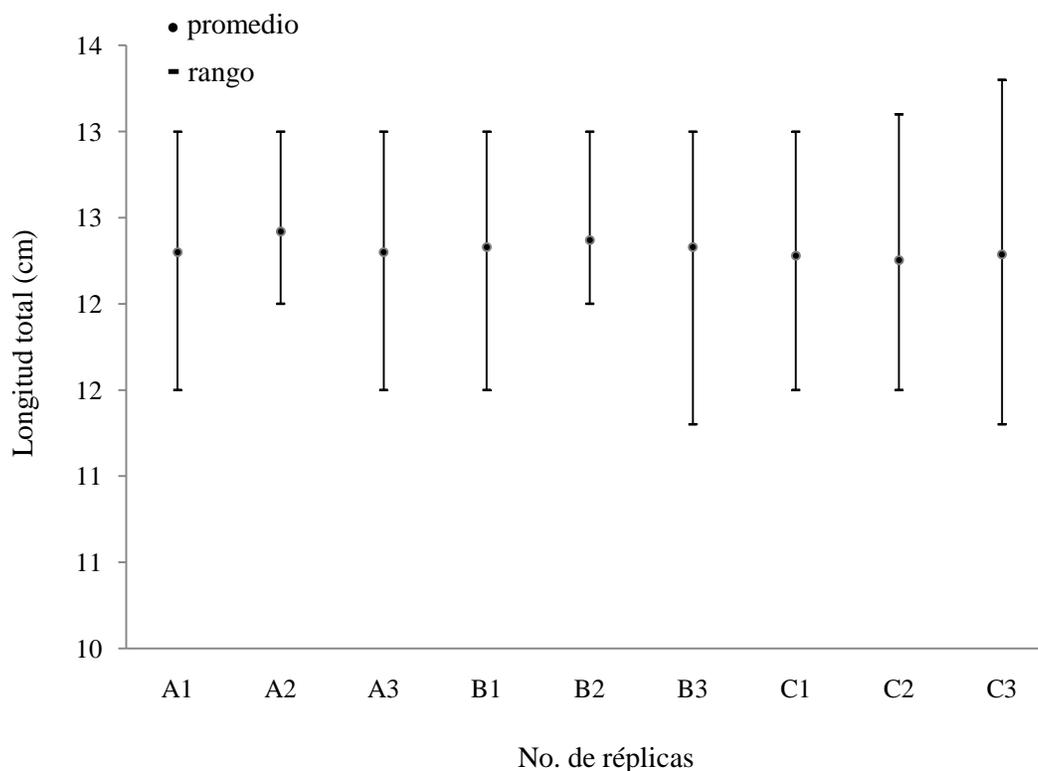


Figura 13. Distribución de medias de la variable longitud al inicio del experimento.

6.3. Crecimiento

6.3.1. Peso.

En la Tabla X se observa un resumen de los datos registrados durante el período experimental (día 0, 29 y 61), para la variable peso en cada tratamiento.

En el día 29 los datos no presentaron distribución normal y se aplicó una transformación de los datos para poder realizar el análisis ANOVA. Los valores transformados en logaritmo de base diez (\log_{10}) presentaron una distribución normal ($P=0.254$) y homogeneidad de varianza ($P=0.755$). No se observaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) en el peso ($P=0.081$) entre los tres tratamientos al día 29.

En el día 61 los datos presentaron distribución normal ($P=0.133$) y homogeneidad de varianza ($P=0.745$). Se aplicó el análisis ANOVA y se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.016$).

Los organismos cultivados a 77 y 154 peces.m⁻³ no presentaron diferencias significativas en el peso ($P=0.162$), así como el grupo de 154 y 230 peces.m⁻³ ($P=0.445$). Sin embargo el grupo de 77 peces.m⁻³ presentó diferencias estadísticas significativas con relación al grupo de 230 peces.m⁻³ ($P=0.012$) (Tabla XI).

Tabla X. Peso promedio (g) de la cabrilla sardinera durante el período experimental.

| Día | 77 peces.m⁻³ | 154 peces.m⁻³ | 230 peces.m⁻³ |
|------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 24.44 ±2.49 | 24.29 ±2.19 | 23.92 ±2.13 |
| 29 | 40.04 ±7.19 | 37.50 ±7.00 | 35.56 ±6.41 |
| 61 | 54.45 ±12.16 | 48.10 ±11.10 | 44.96 ±10.33 |

Tabla XI. Comparación entre medias de la variable peso en el día 61.

| Comparación | Diferencia de medias | q | P |
|--------------------|-----------------------------|----------|---------------|
| A y C | 9.484 | 4.126 | 0.012 (<0.05) |
| A y B | 6.350 | 2.605 | 0.162 (>0.05) |
| B y C | 3.134 | 1.725 | 0.445 (>0.05) |

* A = 77 peces.m⁻³; B = 154 peces.m⁻³; C = 230 peces.m⁻³

En las Figuras 14, 15 y 16 se grafica la tendencia del crecimiento en peso corporal en cada tratamiento. Se observa una tendencia en aumentar el peso con el tiempo de cultivo. El grupo cultivado a menor densidad obtuvo los mejores resultados alcanzando mayor peso corporal.

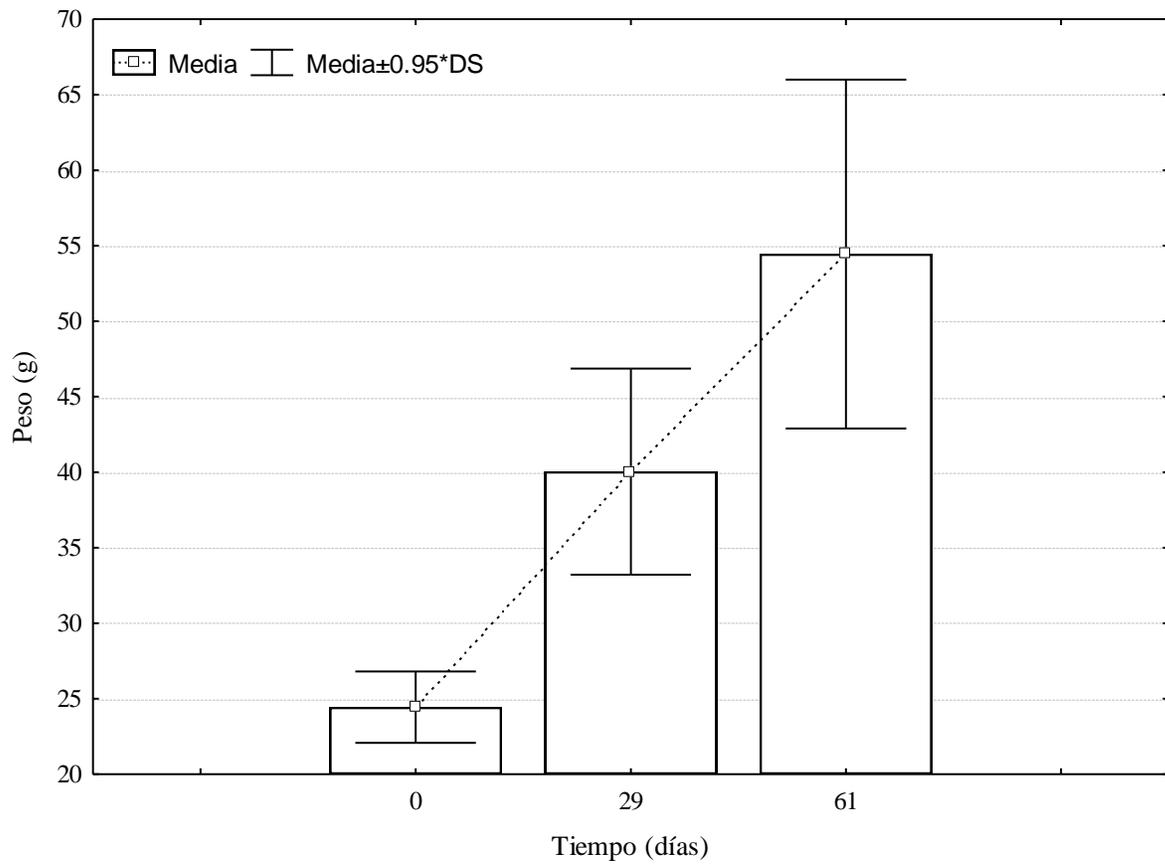


Figura 14. Tendencia del crecimiento de la cabrilla sardinera cultivada a 77 peces.m⁻³.

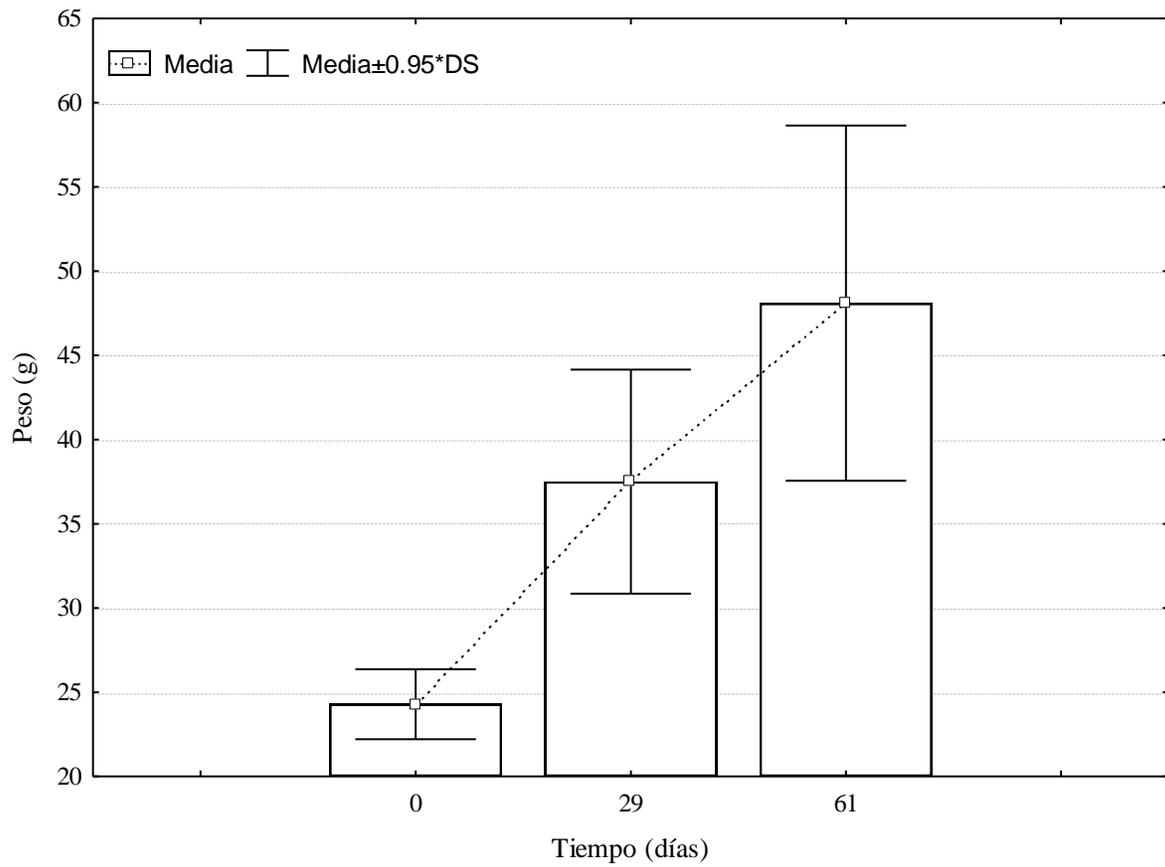


Figura 15. Tendencia del crecimiento de la cabrilla sardinera cultivada a 154 peces.m⁻³.

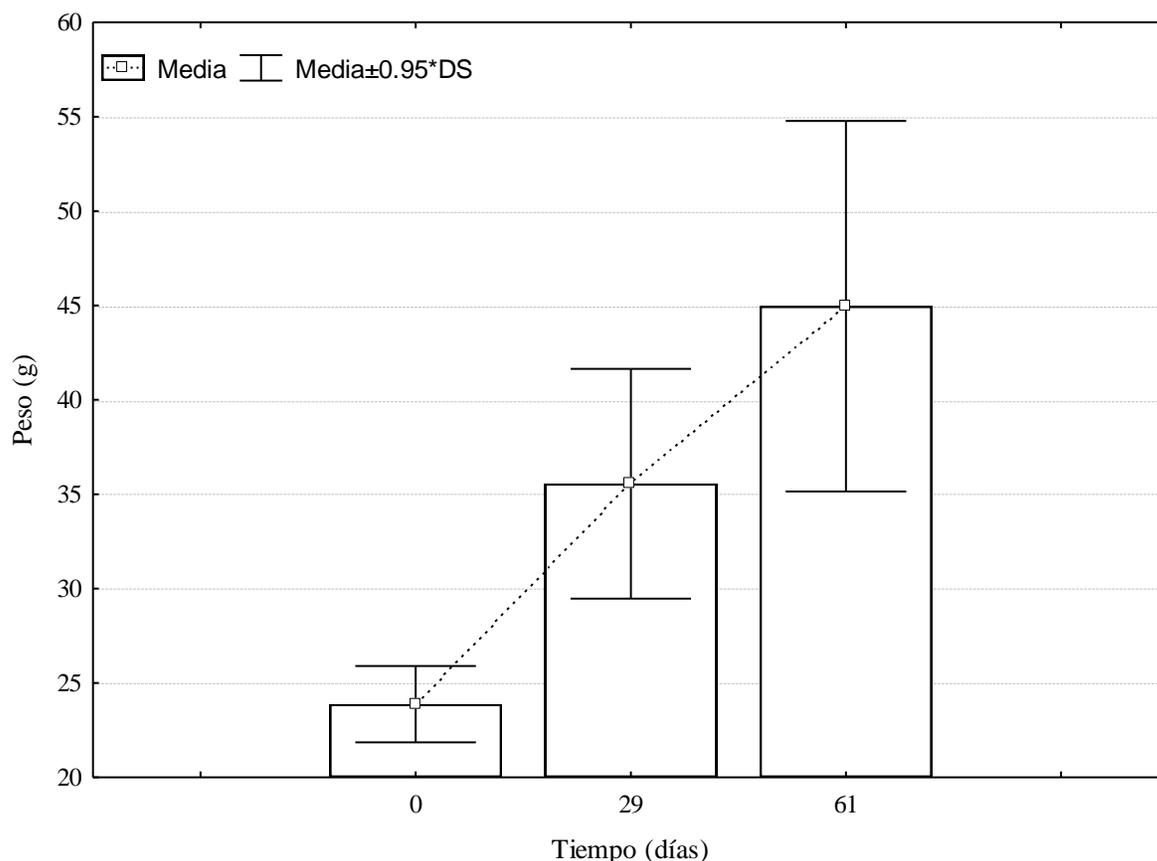


Figura 16. Tendencia del crecimiento de la cabrilla sardinera cultivada a 230 peces.m⁻³.

6.3.2. Longitud total.

En la Tabla XII se observa un resumen de los datos registrados durante el período experimental (día 0, 29 y 61), para la variable longitud total en cada tratamiento.

En el día 29 los datos presentaron distribución normal ($P=0.106$) y homogeneidad de varianza ($P=0.847$). Se observaron diferencias estadísticas significativas ($P=0.041$) en la variable longitud total promedio al día 29. Los organismos cultivados a 77 y 154 peces.m⁻³ no presentaron diferencias significativas ($P=0.378$), así como el grupo de 154 y 230 peces.m⁻³ ($P=0.361$). Sin embargo el grupo de 77 peces.m⁻³ presentó diferencias estadísticas significativas con relación al grupo de 230 peces.m⁻³ ($P=0.037$) (Tabla XIII).

En el día 61 los datos presentaron distribución normal ($P=0.830$) y homogeneidad de varianza ($P=0.954$). Se aplicó el análisis ANOVA y se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.009$). Los organismos cultivados a 77 y 154 peces.m⁻³ no presentaron diferencias significativas en la longitud total ($P=0.060$), así como el grupo de 154 y 230 peces.m⁻³ ($P=0.640$). Sin embargo el grupo de 77 peces.m⁻³ presentó diferencias estadísticas significativas con relación al grupo de 230 peces.m⁻³ ($P=0.006$) (Tabla XIV).

Tabla XII. Longitud total (cm) de la cabrilla sardinera durante el período experimental.

| Día | 77 peces.m⁻³ | 154 peces.m⁻³ | 230 peces.m⁻³ |
|------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 12.34 ±0.49 | 12.34 ±0.42 | 12.26 ±0.47 |
| 29 | 13.88 ±0.78 | 13.52 ±0.87 | 13.22 ±0.85 |
| 61 | 15.48 ±1.11 | 14.68 ±1.09 | 14.45 ±1.08 |

Tabla XIII. Comparación entre medias de la variable longitud total en el día 29.

| Comparación | Diferencia de medias | q | P |
|--------------------|-----------------------------|----------|---------------|
| A y C | 0.629 | 3.541 | 0.037 (<0.05) |
| A y B | 0.357 | 1.894 | 0.378 (>0.05) |
| B y C | 0.272 | 1.939 | 0.361 (>0.05) |

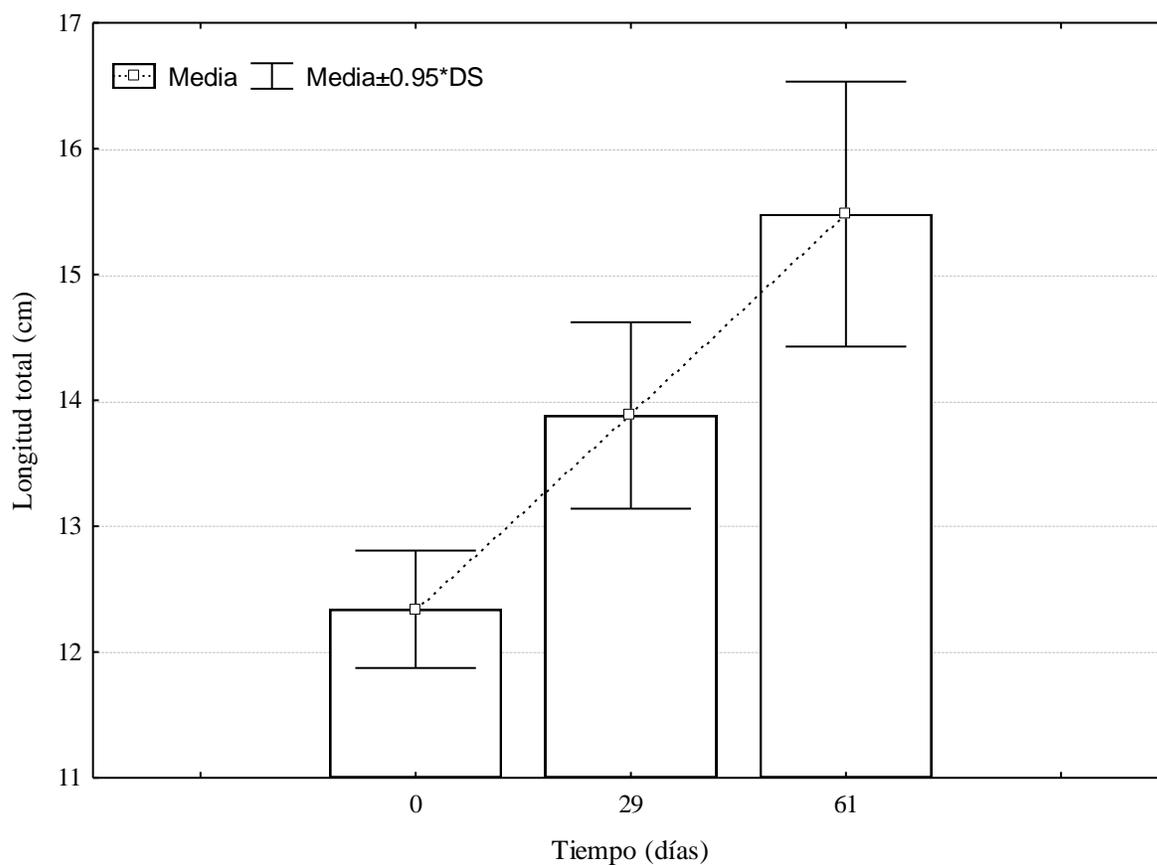
* A = 77 peces.m⁻³; B = 154 peces.m⁻³; C = 230 peces.m⁻³

Tabla XIV. Comparación entre medias de la variable longitud total en el día 61.

| Comparación | Diferencia de medias | q | P |
|-------------|----------------------|-------|---------------|
| A y C | 1.029 | 4.472 | 0.006 (<0.05) |
| A y B | 0.797 | 3.264 | 0.060 (>0.05) |
| B y C | 0.232 | 1.277 | 0.640 (>0.05) |

* A = 77 peces.m⁻³; B = 154 peces.m⁻³; C = 230 peces.m⁻³

En las Figuras 17, 18 y 19 se grafica la tendencia del crecimiento en longitud total en cada tratamiento. Se observa una tendencia en aumentar la longitud total con el tiempo de cultivo. El grupo cultivado a menor densidad alcanzó una mayor talla.

**Figura 17.** Tendencia del crecimiento en longitud de la *M. rosacea* cultivada a 77 peces.m⁻³.

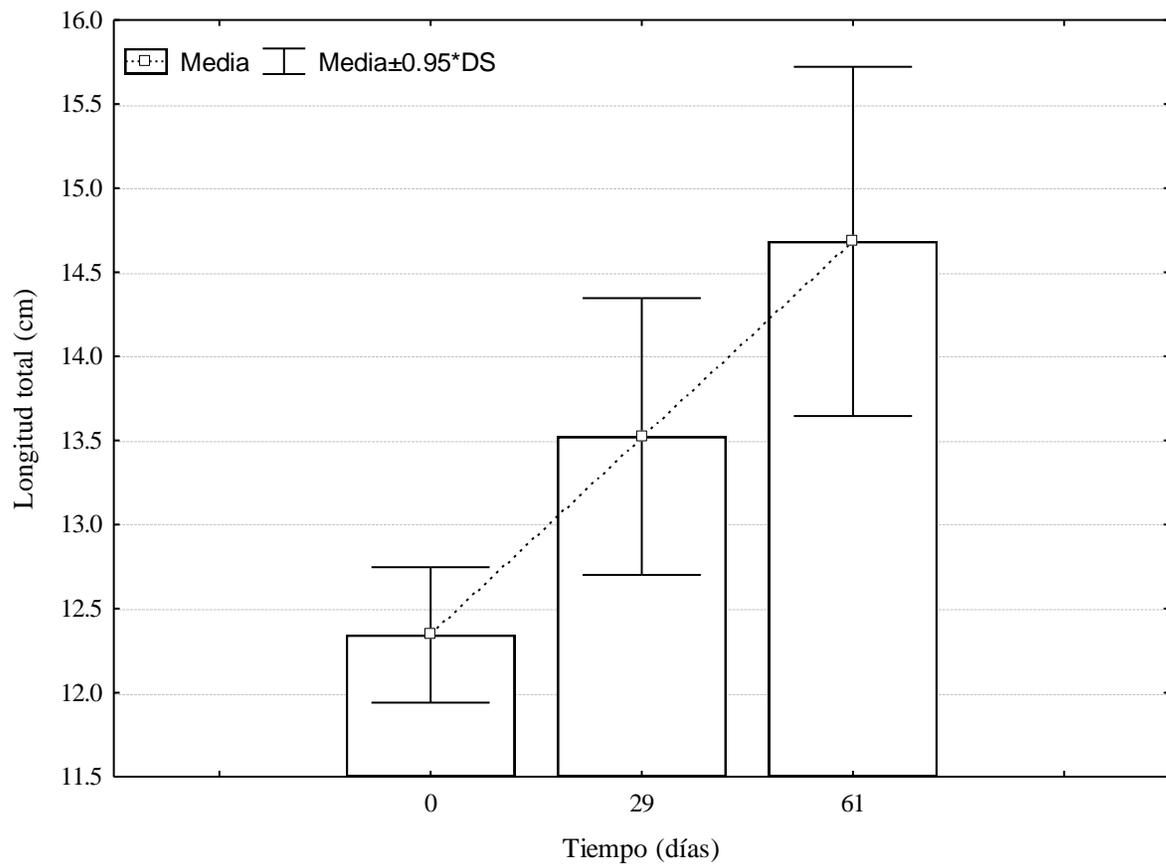


Figura 18. Tendencia del crecimiento en longitud de la *M. rosacea* cultivada a 154 peces.m⁻³.

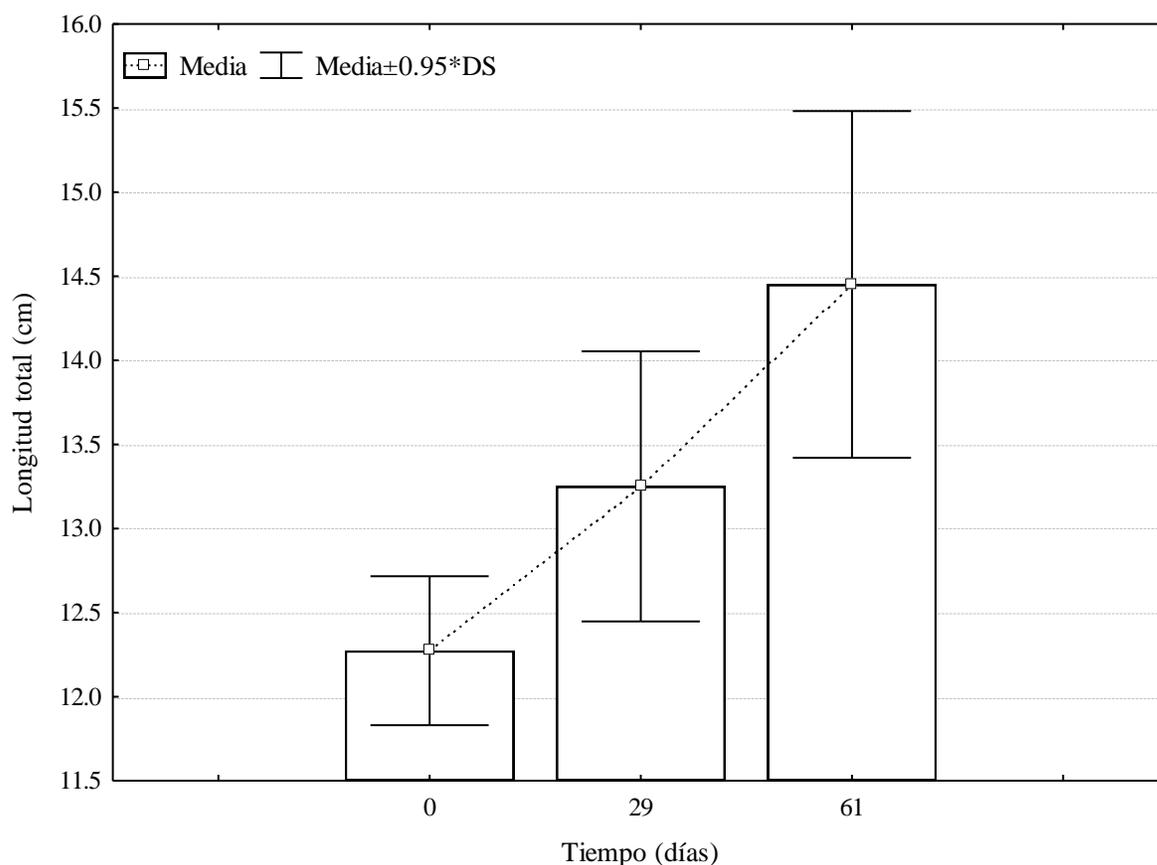


Figura 19. Tendencia del crecimiento en longitud de la *M. rosacea* cultivada a 230 peces.m⁻³.

6.3.3. Tasa de crecimiento.

Los organismos cultivados a 77, 154 y 230 peces.m⁻³ presentaron al final del experimento una tasa específica de crecimiento promedio de 1.36, 1.15 y 1.06 %·día⁻¹ respectivamente.

Considerando cada periodo experimental, se observó una disminución de la TEC en el segundo periodo comparado con el primero. En el primero se registró una TEC de 1.70, 1.50 y 1.37 %·día⁻¹ para los organismos cultivados a 77, 154 y 230 peces.m⁻³

respectivamente. En el segundo periodo se registró una TEC de 0.96, 0.78 y 0.73 $\% \cdot \text{día}^{-1}$ para los organismos cultivados a 77, 154 y 230 peces. m^{-3} respectivamente.

Se observó una diferencia significativa en la TEC entre los tratamientos ($P=0.016$) al final del primero periodo experimental. El grupo cultivado a la menor densidad presentó diferencias estadísticas significativas con relación al grupo de mayor densidad ($P=0.014$) pero no presentó diferencias significativas con el grupo cultivado a la densidad de 154 peces. m^{-3} ($P=0.09$). El grupo cultivado a 154 peces. m^{-3} no presentó diferencias significativas con el grupo cultivado a la densidad de 230 peces. m^{-3} . Al día 61 no hubieron diferencias significativas en la tasa específica de crecimiento.

De manera similar a la tasa específica de crecimiento, la ganancia de peso diaria presentó mayores valores al final del primer periodo, en donde los organismos cultivados a 77, 154 y 230 peces. m^{-3} alcanzaron valores promedios de TAC correspondientes a 0.54, 0.41 y 0.36 $\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$, lo que representa 3.78, 2.87 y 2.52 $\text{g} \cdot \text{semana}^{-1}$, respectivamente. En el segundo periodo se observó una menor ganancia de peso en relación al primero periodo, en donde los organismos cultivados a 77, 154 y 230 peces. m^{-3} alcanzaron valores promedios de 0.45, 0.33 y 0.29 $\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$, lo que representa un 3.15, 2.31 y 2.03 $\text{g} \cdot \text{semana}^{-1}$, respectivamente.

El análisis estadístico realizado en el primer período experimental demostró diferencias estadísticas significativas en la TAC entre las densidades probadas ($P=0.028$). Los organismos cultivados a 77 y 230 peces. m^{-3} presentaron diferencias estadísticas significativas ($P=0.034$), mientras que el primero no presentó diferencias estadísticas significativas con relación al grupo de 154 peces. m^{-3} ($P=0.056$), que a su vez tampoco

presentó diferencias significativas con relación al grupo cultivado a 230 peces.m⁻³ ($P=0.914$).

Considerando la ganancia de peso promedio de todo el periodo experimental, el peso inicial y el peso final al día 61, los organismos cultivados a 77, 154 y 230 peces.m⁻³ alcanzaron valores promedios de TAC correspondientes a 0.51, 0.40 y 0.36 g.día⁻¹, lo que representa un 3.57, 2.80 y 2.52 g.semana⁻¹, respectivamente.

En el segundo periodo experimental los datos no presentaron diferencias estadísticas significativas entre las densidades probadas.

6.4. Tasa de ingestión de alimento (TIA)

La TIA presentó comportamiento similar en todas densidades probadas durante el periodo experimental. Se observó un aumento gradual en la tasa de ingestión de alimento en los tres tratamientos. Sin embargo, al final de la última semana el grupo cultivado a 77 peces.m⁻³ alcanzó el mayor aumento en la TIA con relación a la primera semana (49%) en comparación con el grupo cultivado a 154 (29%) y 230 peces.m⁻³ (30%) (Figura 20).

Se aplicaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y se detectaron diferencias significativas entre todos tratamientos en el día 29 ($P<0.001$) y 61 ($P<0.001$) en donde el grupo cultivado a la densidad de 230 peces.m⁻³ presentó la mayor tasa de ingestión de alimento seguido por el grupo cultivado a 154 y 77 peces.m⁻³. Se observó una relación directa entre la TIA y la densidad de cultivo, en donde los organismos cultivados a mayor densidad presentaron mayores tasas de ingestión de alimento (Tabla XV).

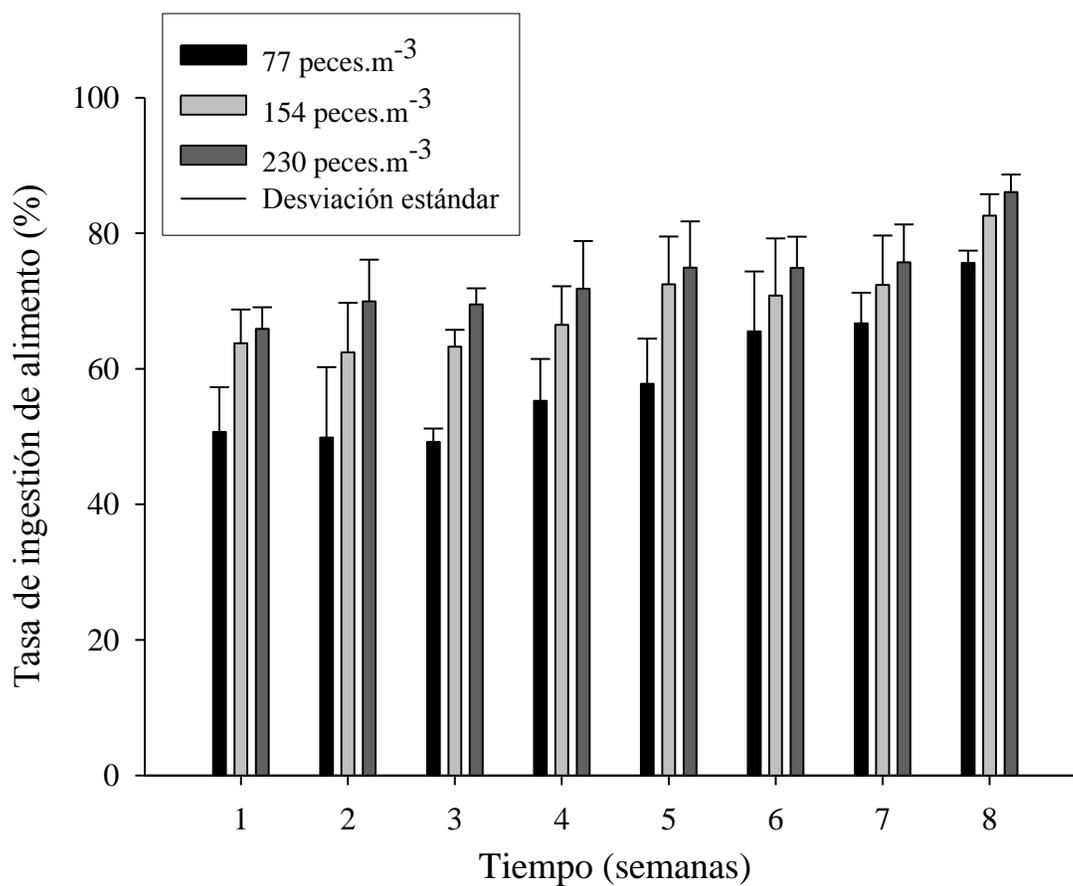


Figura 20. Comparación de la tasa de ingestión de alimento (%) durante el periodo experimental en los diferentes tratamientos.

Tabla XV. Comparativo entre las tasas de ingestión de alimento (%) promedio en los dos periodos experimentales.

| Densidad de cultivo | TIA (día 0 – 29) | TIA (día 29 – 61) |
|---------------------------|------------------|-------------------|
| 77 peces.m ⁻³ | 54.5 | 66.7 |
| 154 peces.m ⁻³ | 66.4 | 74.8 |
| 230 peces.m ⁻³ | 71.3 | 78.1 |

Se observó un aumento en la tasa de ingestión de alimento en el segundo periodo (día 29 al 61) con relación al primero (día 0 al 29). El grupo cultivado a 77 peces.m⁻³ aumentó en 22% (54.5 → 66.7%) la ingestión de alimento con relación al primer periodo, el grupo cultivado a 154 peces.m⁻³ aumentó en 12% (66.4 → 74.8%) y el grupo cultivado a 230 peces.m⁻³ aumentó en 9% (71.3 → 78.1%).

En el primer periodo las tasas de ingestión de alimento máximas registradas fueron de 73.4, 82.9 y 86.5% para los grupos cultivados a la densidad de 77, 154 y 230 peces.m⁻³. Durante el segundo periodo experimental se registraron tasas de ingestión de alimento máximas de 88.3, 90.2 y 93.2% al día para los grupos cultivados a la densidad de 77, 154 y 230 peces.m⁻³ respectivamente.

La regresión lineal demostró una relación directa positiva ($r^2 = 0.636$) entre la densidad de cultivo y la tasa de ingestión de alimento (Figura 21):

$$(7) \text{ TIA} = 52.654 + (0.0957 * \text{densidad de cultivo})$$

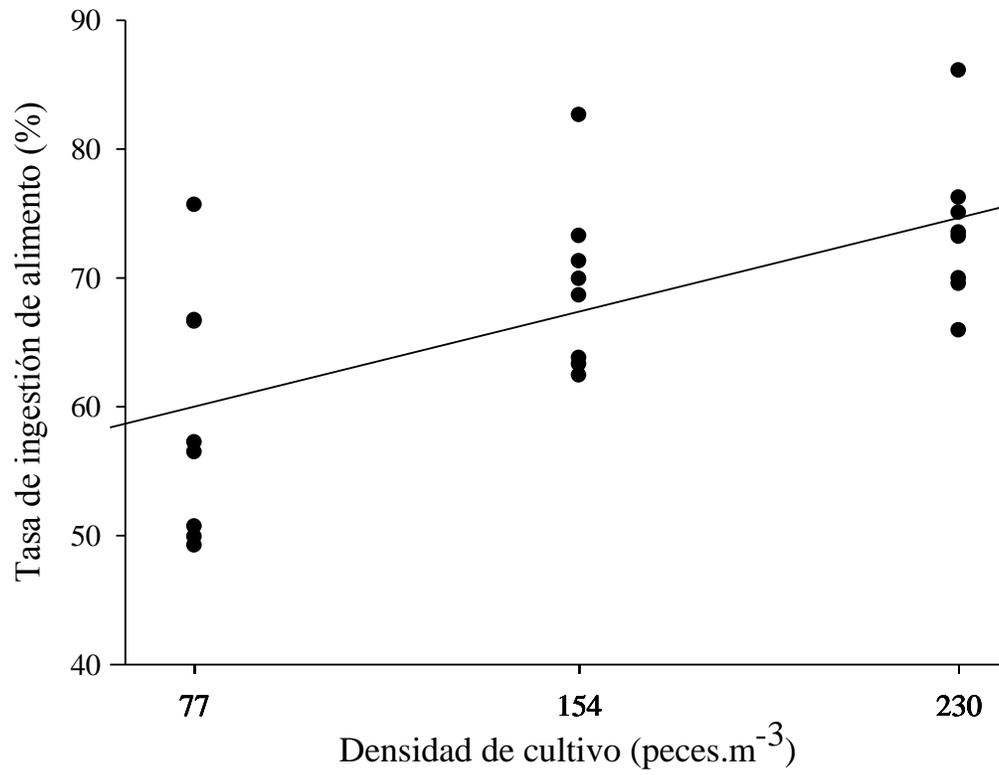


Figura 21. Regresión lineal entre la tasa de ingestión de alimento y la densidad de cultivo.

En la Tabla XVI se observa un resumen de los valores promedios de la cantidad de alimento suministrado y consumido para cada tratamiento durante el experimento.

Tabla XVI. Cuadro resumen de la cantidad promedio de alimento suministrado y consumido (todos valores en gramos) por tratamiento.

| Periodo | Tratamiento | Suministrado | Suministrado/pez | Consumido | Consumido/pez |
|------------------|-------------|--------------|------------------|-----------|---------------|
| Día 0-29 | A | 127.57 | 25.51 | 66.67 | 13.33 |
| | B | 170.50 | 17.05 | 111.25 | 11.12 |
| | C | 220.03 | 14.67 | 154.32 | 10.29 |
| Día 29-61 | A | 123.40 | 24.68 | 83.45 | 16.69 |
| | B | 161.14 | 16.11 | 120.15 | 12.01 |
| | C | 208.37 | 13.89 | 162.28 | 10.82 |
| Día 0-61 | A | 250.97 | 50.19 | 150.11 | 30.02 |
| | B | 331.64 | 33.16 | 231.40 | 23.14 |
| | C | 428.39 | 28.56 | 316.59 | 21.11 |

6.5. Factor de conversión alimenticia (FCA)

El FCA mostró un ligero aumento del día 29 al día 61 en los organismos cultivados a 77 peces.m⁻³, mientras que en los organismos cultivados a 154 y 230 peces.m⁻³ el aumento fue mayor. Se observó una tendencia hacia una relación directa entre los valores de FCA y la densidad de siembra en donde el análisis estadístico aplicado en el día 29 no detectó diferencias significativas entre el grupo cultivado a densidad de 77 y 154 peces.m⁻³ ($P>0.05$), así como entre el grupo cultivado a 154 y 230 peces.m⁻³ ($P>0.05$). Sin embargo se observó diferencias estadísticas significativas entre el grupo cultivado a densidad de 77 y 230 peces.m⁻³ ($P<0.05$).

Al final del segundo periodo se observaron diferencias significativas entre todas densidades de cultivo: 77 y 230 peces.m⁻³ ($P<0.001$), 154 y 230 peces.m⁻³ ($P=0.007$) y 154 y 230 peces.m⁻³ ($P=0.011$). En donde el grupo cultivado a 77 peces.m⁻³ presentó el mejor FCA, seguido del grupo de 154 y 230 peces.m⁻³ (Tabla XVII).

Tabla XVII. Factor de conversión alimenticia durante el periodo experimental.

| Periodo | 77 peces.m ⁻³ | 154 peces.m ⁻³ | 230 peces.m ⁻³ |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0-29 | 4.27 ±0.27 | 8.44 ±0.32 | 13.25 ±1.04 |
| 29-61 | 5.91 ±0.86 | 11.47 ±1.17 | 17.60 ±2.27 |

6.6. Eficiencia alimenticia (EA)

Se registró una EA total de 45.4, 21.4 y 13.64% para los grupos cultivados a 77, 154 y 230 peces.m⁻³.

La EA presentó comportamiento similar en todas densidades probadas durante el periodo experimental. Se observó una mayor eficiencia alimenticia en el primer periodo y una disminución en el segundo periodo en todas las densidades probadas.

Al final del experimento se observaron diferencias significativas ($P<0.001$) entre los tres tratamientos, en donde el grupo cultivado a la densidad de 77 peces.m⁻³ presentó la mayor eficiencia alimenticia cuando comparado con los organismos cultivados a 154 ($P=0.001$) y 230 peces.m⁻³ ($P<0.001$), mientras que los dos últimos no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos ($P=0.125$).

6.7. Coeficiente de variación (C.v.)

El coeficiente de variación presentó un comportamiento similar en todas densidades de cultivo probadas durante el periodo experimental (Figura 22). Se observó un aumento al día 29 en todos tratamientos con relación a la biometría inicial, pasando de un 0.10, 0.09 y 0.09 a un 0.18, 0.19 y 0.18 (77, 154 y 230 peces.m⁻³ respectivamente). No se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los coeficientes de variación en este período ($P=0.929$).

En el día 61 también se observó un aumento en el coeficiente de variación en todos tratamientos en relación al primero periodo, alcanzando un 0.22, 0.23 y 0.23 (77, 154 y 230 peces.m⁻³ respectivamente). Tampoco se observaron diferencias estadísticas significativas ($P=0.993$).

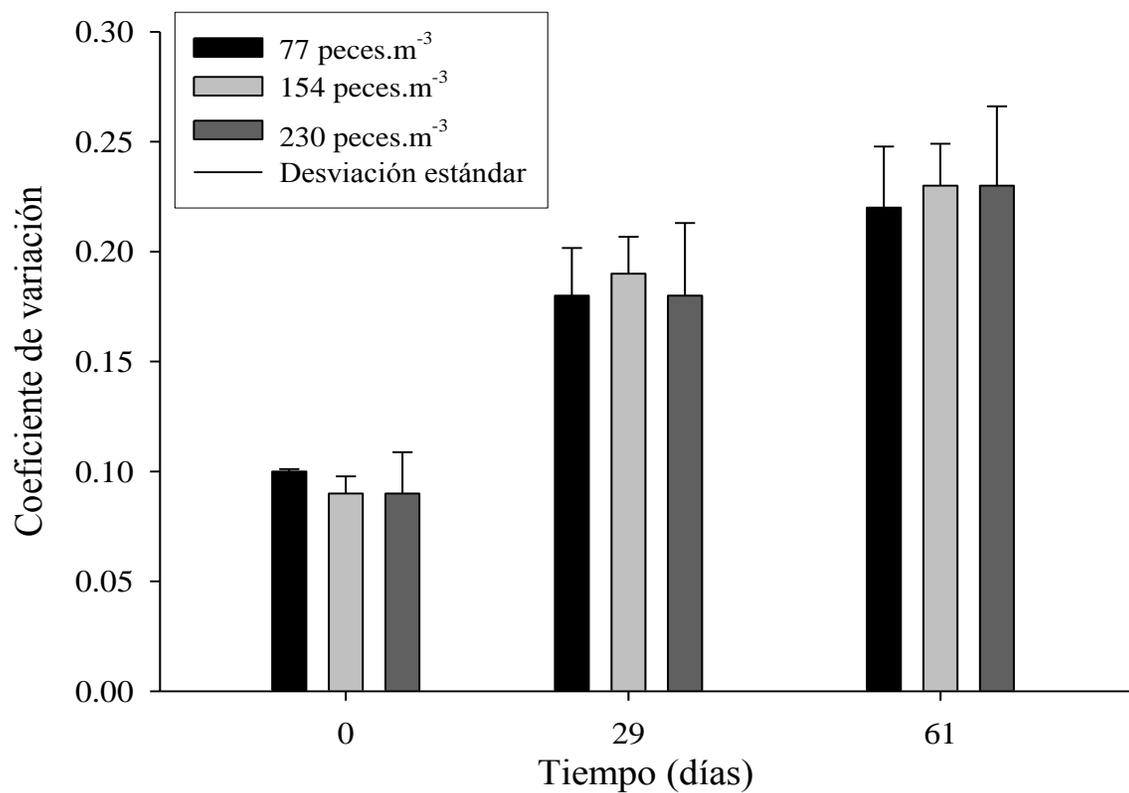


Figura 22. Coeficiente de variación en las diferentes densidades de cultivo durante el periodo experimental.

6.8. Supervivencia

No se observaron mortalidades en ninguno de los tratamientos durante todo el período experimental.

6.9. Resumen

Abajo en la Tabla XVIII se muestra un resumen de los parámetros biológicos e índices determinados en el experimento. En la Tabla XIX un resumen de los análisis estadísticos del primero y segundo periodo.

Tabla XVIII. Resumen de resultados del experimento

| Parámetros | Densidad de siembra | | |
|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 77 peces.m ⁻³ | 154 peces.m ⁻³ | 230 peces.m ⁻³ |
| Peso promedio ± desviación estándar (g) | | | |
| Inicial | 24.44 ±2.49 | 24.29 ±2.19 | 23.92 ±2.13 |
| Final | 54.45 ±12.16 | 48.10 ±11.10 | 44.96 ±10.33 |
| Longitud total promedio ± desviación estándar (cm) | | | |
| Inicial | 12.34 ±0.49 | 12.32 ±0.42 | 12.26 ±2.49 |
| Final | 15.74 ±1.08 | 14.72 ±1.12 | 14.40 ±1.12 |
| C.v. inicial | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| C.v. final | 0.22 | 0.23 | 0.23 |
| TEC total (%.día⁻¹) | 1.51 | 1.23 | 1.02 |
| TAC total (g.día⁻¹) | 0.51 | 0.40 | 0.36 |
| TAC total (g.semana⁻¹) | 3.57 | 2.80 | 2.52 |
| FCA | 4.27 | 8.96 | 16.08 |
| TIA (%) | 60.7 | 70.6 | 74.8 |
| EA (%) | 45.4 | 21.4 | 13.64 |
| Supervivencia (%) | 100 | 100 | 100 |

Tabla XIX. Resumen de los análisis estadísticos del los dos períodos experimentales.

| Periodo | Índice | Resultado estadístico |
|-------------------|----------------|---|
| Día 0 - 29 | Peso | No existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.081$) |
| | Longitud total | Existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.041$) y $A > C$ |
| | TEC | Existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.016$) y $A > C$ |
| | TAC | Existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.028$) y $A > C$ |
| | TIA | Existen diferencias estadísticas significativas ($P<0.001$) y $C > B > A$ |
| | EA | Existen diferencias estadísticas significativas ($P<0.001$) y $A > B > C$ |
| | FCA | Existen diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) y $C > A$ |
| | C.v. | No existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.929$) |
| Día 29-61 | Peso | Existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.016$) y $A > C$ |
| | Longitud total | Existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.009$) y $A > C$ |
| | TEC | No existen diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) |
| | TAC | No existen diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) |
| | TIA | Existen diferencias estadísticas significativas ($P<0.001$) y $C > B > A$ |
| | EA | Existen diferencias estadísticas significativas ($P<0.001$) y $A > B > C$ |
| | FCA | Existen diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) y $C > B > A$ |
| | C.v. | No existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.993$) |

7. DISCUSIÓN.

Durante el periodo experimental, además de los índices biológicos determinados, se observó visualmente el comportamiento de la especie (*Mysteroperca rosacea*) en el sistema de cultivo. Se observó su distribución en la columna de agua, coloración externa del animal, actividad locomotora, enfrentamientos, posición de la aleta dorsal y postura de los animales.

Mediante estas observaciones se concluyó que el periodo de quince días en proceso de aclimatación al sistema de cultivo y alimentación mostró ser adecuado para esta especie. Una vez que los animales gradualmente empezaron a buscar más el alimento y a moverse más activamente durante las alimentaciones, a diferencia de los días iniciales en donde los animales permanecían en el fondo de las jaulas y poco buscaban al alimento. También se observó una mayor reacción de los peces a los estímulos externos, en donde algunos animales se ponían en posición inclinada hacia arriba con el acercamiento del personal del laboratorio a las jaulas o con algún golpe en el tanque, mismo comportamiento observado en algunos individuos durante las alimentaciones.

Durante las alimentaciones el microparticulado lentamente se hundía a través de la columna de agua y los peces con rápidos movimientos verticales de bajo para arriba capturaban el alimento y posteriormente volvían a su posición anterior, generalmente en las esquinas del fondo del tanque. Esta conducta puede ser explicada por el comportamiento natural de los peces de esta subfamilia (*Epinephelinae*) que son considerados depredadores de emboscada, permaneciendo inmóviles y escondidos entre rocas o arrecifes hasta que una presa incauta se le acerque y con un rápido movimiento, en su gran mayoría vertical de bajo para arriba, capturan su presa (Heemstra y Randall 1993).

Durante la alimentación fue el momento en que los peces interactuaron con mayor intensidad. Los enfrentamientos fueron recurrentes durante las alimentaciones y fueron comunes a todos los tratamientos. Se observó dos tipos de conducta de enfrentamiento, nombrados en este estudio como enfrentamiento de amenaza y enfrentamiento agonístico.

El enfrentamiento de amenaza se caracterizó como el método de defensa mediante el cual el pez eriza su aleta dorsal de modo a intimidar a otro individuo. En condiciones normales los animales mantienen su aleta dorsal en posición retraída, con los radios espinosos dispuestos en posición longitudinal con relación al dorso del animal.

El enfrentamiento agonístico se caracterizó como el comportamiento agresivo en el cual el pez ataca una o más veces a otro individuo con un mordisco o un encuentro violento contra el cuerpo del otro animal.

Los enfrentamientos posiblemente se deben principalmente al espacio limitado en el cual están sometidos los peces durante la alimentación en confinamiento, además del comportamiento natural de los peces de la subfamilia *Epinephelinae*, descrito como depredadores agresivos (Hseu 2002) y solitarios (Heemstra y Randall 1993). En condiciones de cultivo van a ocurrir disputas por alimento entre diversos organismos, y los animales dominantes, por lo general los más grandes, tienen mayor ventaja en la disputa por el recurso. Este proceso estimula la formación de grupos dominantes y de una jerarquía social dentro del sistema de cultivo, además de variación en la talla (Jobling 1985; Jørgensen *et al.* 1993). El comportamiento agresivo bajo condiciones de cultivo también ha sido reportado en otras especies, como el bacalao del Atlántico (Lambert y Dutil 2001), la trucha arcoíris (North *et al.* 2006), el jundiá (Barcellos *et al.* 2004) y la perca plateada australiana (Rowland *et al.* 2006). Luo *et al.* (2005) reportaron comportamiento agresivo en

juveniles del mero *E. coioides* cultivados en laboratorio. También existen reportes de comportamiento agresivo en otras etapas de desarrollo de peces de la subfamilia *Epinephelinae*, como en el periodo larval (Hseu 2002) y reproductivo (Okumura *et al.* 2002).

El cambio de coloración por cortos periodos es una característica del grupo de peces de la subfamilia *Epinephelinae*. Este fenómeno ocurre debido a alguna reacción fisiológica bajo una situación amenazante o condición de estrés y se caracteriza por la formación de manchas y/o líneas verticales blancas en el cuerpo del animal (Heemstra y Randall 1993). Este comportamiento se observó con mayor intensidad durante el periodo de aclimatación al sistema de cultivo y durante las alimentaciones. Los animales intimidados por el grupo o individuo dominante durante la alimentación regularmente presentan este cambio de color, se mantienen en el fondo del tanque y poco buscan el alimento.

La temperatura (Tabla IX) y el nivel de oxígeno disuelto (Tabla VII) durante el experimento fueron adecuados para el desarrollo de este trabajo ya que los valores registrados están en concordancia con aquellos reportados en la bibliografía como aceptables para el cultivo de peces marinos (Tucker 1998; Alvaréz-Lajonchère y Hernández-Molejón 2001), siendo un reflejo la ausencia de mortalidad durante todo el periodo experimental.

El registro de la temperatura en el interior del tanque mostró una tendencia similar con la variación de la temperatura registrada en el agua de la ensenada de La Paz, en donde se registraron temperaturas más altas al principio del experimento y menores al final. La disminución gradual de la temperatura en el sistema de cultivo fue un reflejo de la disminución natural de la temperatura en el medio natural debido al cambio de estación

otoño/invierno. Al principio del experimento, durante las primeras semanas de octubre, se registraron en la ensenada de La Paz temperaturas entre los 28 y 30°C, mismo periodo en el cual se registraron las temperaturas más altas del presente estudio. En las últimas semanas del periodo experimental, durante las primeras semanas de diciembre, se registraron en la ensenada de La Paz temperaturas entre los 21 y 18°C, mismo periodo en el cual se registraron las temperaturas más bajas del experimento.

De acuerdo con Alvaréz-Lajonchère y Hernández-Molejón (2001), dependiendo de la especie, las temperaturas más altas permiten un mejor crecimiento pero también aceleran todos los procesos biológicos y químicos (crecimiento bacteriano, metabolismo, demanda de oxígeno, excreción, respuesta a estímulos externos, entre otros). Anguas-Vélez *et al.* (2003) en un estudio sobre efecto de la temperatura y densidad sobre el cultivo de juveniles de cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) concluyeron que a 27°C el crecimiento de esta especie durante la etapa de pre-engorda es mayor que a 24 o 30°C. Anderson y Fast (2008) encontraron que a 25°C juveniles de bagre (*Clarias fuscus*) presentan mayores tasas de crecimiento y menores tasas de conversión alimenticia, sin embargo fue a 30°C en donde se obtuvo la mayor supervivencia, lo que compensó una menor tasa de crecimiento a esta temperatura. Los resultados encontrados para esta especie a 25 y 30°C presentaron desempeño notablemente mejor que cuando fueron cultivados a 20°C.

No existen estudios sobre la temperatura óptima de cultivo de juveniles de cabrilla sardinera en laboratorio. Se optó por utilizar temperaturas entre los 23 y 28°C, temperaturas similares a las utilizadas en otros estudios con juveniles de meros (Chua y Teng 1979; Abdullah *et al.* 1987; Ahmad *et al.* 1999; Anguas-Vélez *et al.* 2003; Luo *et al.* 2005). En el presente estudio los juveniles de cabrilla sardinera cultivados a temperaturas entre 23 y

26°C y alcanzaron una tasa de crecimiento específica de 1.51 %·día⁻¹ y absoluta de 3.57 g·semana⁻¹. Estos valores son mayores que los reportados por Luo *et al.* (2006), que alcanzaron una tasa de crecimiento de 1.44 %·día⁻¹ cuando juveniles del mero *E. coioides* fueron cultivados a temperaturas entre 22 y 28°C. Con la misma especie cultivada a temperaturas entre 24 y 27°C Ahmad *et al.* (1999) alcanzaron una tasa de crecimiento de 0.6 g·día⁻¹, similares a los valores máximos encontrados en el presente estudio con la *M. rosacea*. Otros autores encontraron mayores tasas de crecimiento; Anguas-Vélez *et al.* (2003) reportan una tasa de crecimiento máxima de 3.22 %·día⁻¹ con juveniles de cabrilla arenosa (*P. maculatofasciatus*) cultivados a 27°C. Abdullah *et al.* (1987) reportan una tasa de crecimiento máxima de 0.9 g·día⁻¹ con juveniles del mero *E. tauvina* cultivados a temperaturas entre 24 y 27.7°C.

Al final del primero periodo (día 0 al 29) se observaron diferencias significativas en la tasa absoluta y específica de crecimiento en donde el grupo cultivado a 77 peces·m⁻³ presentó mayor crecimiento que el grupo cultivado a la densidad de 230 peces·m⁻³, sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente suficientes como para establecer una condición de diferencia en el peso final de los organismos de los diferentes tratamientos al final de este periodo. No obstante, en el mismo periodo la diferencia en cuanto al crecimiento se reflejó en una mayor longitud total del grupo de 77 peces·m⁻³ en relación al grupo de 230 peces·m⁻³. También existieron diferencias estadísticas significativas en la tasa de ingestión de alimento en donde el grupo de mayor densidad presentó mayores valores de TIA, después el grupo cultivado a la densidad de 154 peces·m⁻³ y por último el grupo de menor densidad. Diferente de la TIA la eficiencia alimenticia presentó mayores valores en el grupo de menor densidad y menores valores en el grupo de mayor densidad. La

conversión alimenticia también presentó diferencias estadísticas significativas en donde el grupo de mayor densidad presentó mayores valores de FCA que el grupo cultivado a la menor densidad. El coeficiente de variación no presentó diferencias significativas en este periodo (Tabla XIX).

En el segundo periodo (día 29 al 61) se observó una desaceleración en el crecimiento reflejando en una menor tasa absoluta y específica de crecimiento por parte de todos tratamientos con relación al primero periodo. La TEC disminuyó un 43, 48 y 46% en el segundo período para las densidades de 77, 154 y 230 peces.m⁻³ respectivamente, mientras que la TAC disminuyó 16, 19 y 19%. No obstante al final de este periodo se determinó que el peso y la longitud total promedio presentaron diferencias estadísticas significativas entre el grupo cultivado a la densidad de 77 y 230 peces.m⁻³, en donde el primero presentó mayores valores que el último.

La tasa de crecimiento instantáneo es generalmente mayor durante las fases larval y juvenil y disminuye conforme aumenta el peso corporal (Tucker 1998). Esta tendencia ha sido reportada en otras especies. Guerrero-Tortolero (1997) estudió el efecto de densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de pargo amarillo cultivado en jaulas durante 125 días y encontró una desaceleración del crecimiento cuando los organismos alcanzaron un peso promedio de 40g, igual que Grayeb del Alamo (2001) que encontró una disminución de la tasa específica de crecimiento cuando juveniles de cabrilla arenera alcanzaron el mismo peso promedio de 40g. Ahmad *et al.* (1999) también observaron una disminución de la TEC con el tiempo en un cultivo del mero *E. coioides* hasta llegar a los 40g.

En el presente estudio la desaceleración de la TEC y TAC también se observó a partir de que los organismos alcanzaron un peso promedio de 40g. Este fenómeno está relacionado

con su ciclo de vida, donde vive, su tamaño, protección, entre otros; o también puede ser efecto de la fase de latencia o estabilidad, que ocurre cuando los organismos llegan al final de una etapa para iniciar una nueva fase a partir de su última etapa de crecimiento.

Los efectos derivados de la interacción social pueden intensificarse por la densidad de cultivo y la respuesta al efecto de la densidad de cultivo no es la misma en todas las especies (Jørgensen *et al.* 1993). Grayeb del Alamo (2001) en un estudio de pre-engorda con cabrilla arenera de peso inicial de 20g cultivada en jaulas a temperaturas de 20 a 30°C reportaron tasas de crecimiento específica que variaron entre 0.49 y 1.15 %. día^{-1} y tasas de crecimiento absoluto que variaron entre 0.14 y 0.34 g.día^{-1} para densidades de cultivo de 35, 70 y 105 peces. m^{-3} . El autor encontró una tendencia positiva y directa de la densidad de cultivo y el crecimiento, contraria a la observada en el presente estudio con la *M. rosacea*.

Ahmad *et al.* (1999) en un estudio similar con juveniles de *E. coioides* de peso inicial de 12.5g cultivados en tanques circulares a temperaturas de 25.1 a 26.7°C y alimentados dos veces al día con alimento microparticulado con 45% de proteína durante 42 días, reportan ganancias de peso de 0.53, 0.52 y 0.44 g.día^{-1} y factores de conversión alimenticia de 1.23, 1.18 y 1.13 gramos de alimento seco por pez húmedo, para densidades de siembra de 250, 500 y 1000 peces. m^{-3} respectivamente. Los índices de tasa de crecimiento reportados se asemejan con los valores encontrados en el presente trabajo, además de una similar tendencia, que con el aumento de la densidad de cultivo disminuye el crecimiento. Diferente de la tasa de conversión alimenticia del presente estudio, que fue mayor en todas las densidades probadas y menor en los organismos cultivados a menor densidad.

En un estudio realizado con juveniles de *E. tauvina* sobre el efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia, Abdullah *et al.* (1987) reportaron tasas de

crecimiento de 0.86 y 0.90 g.día⁻¹ para densidades de siembra de 200 y 400 peces.m⁻³ respectivamente. Los organismos, de peso inicial similar a los utilizados en el presente estudio, fueron cultivados en tanques rectangulares de tierra cubiertos con lona plástica a temperaturas de 24 a 27.7°C y alimentados dos veces al día con alimento microparticulado con 46% de proteína durante 52 días. Los valores reportados son mayores y contrastantes con los encontrados en el presente trabajo, en donde los animales cultivados a menor densidad fueron los que presentaron los mejores resultados de crecimiento alcanzando una ganancia de peso de 0.51 g.día⁻¹.

Chua y Teng (1979) en un estudio realizado con juveniles de *E. salmoides* cultivados en jaulas flotantes, observaron mayores ganancias de peso en los peces cultivados a densidades de 15, 30 y 60 peces.m⁻³ que cuando cultivados a 90 y 120 peces.m⁻³, también observaron un aumento en la conversión alimenticia con el aumento de la densidad de cultivo, en donde el mayor factor de conversión alimenticia fue del grupo de 120 peces.m⁻³ (4.58) y el menor fue del grupo de 15 peces.m⁻³ (3.44). Los autores sugieren que la densidad óptima de cultivo en jaulas para esta especie hasta llegar a los 400 gramos es de 60 peces.m⁻³, densidad de siembra similar a la que presentó los mejores resultados para el cultivo en laboratorio de juveniles de cabrilla sardinera. Al final de experimento cuando los organismos alcanzaron los 400g se reportó una tasa de crecimiento final de 2.5 g.día⁻¹ para los animales cultivados a 60 peces.m⁻³.

Luo *et al.* (2005) encontraron tasas de crecimiento específica que variaron entre 1.49 y 2.61 %.día⁻¹ en estudio con juveniles del mero *E. coioides* de peso inicial 13g cultivados a 28-30°C de temperatura en tanques circulares de 500 litros en laboratorio durante ocho

semanas. También en un estudio con juveniles del mero *E. coioides* de peso inicial 10.5g Luo *et al.* (2006) alcanzaron tasas de crecimiento de 0.15 a 1.44 %. día^{-1} .

Anguas-Vélez *et al.* (2003) en un estudio con juveniles de cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) de peso inicial de 2.15g durante 40 días cultivados en acuarios de 30 litros a temperaturas de 24 a 30°C y alimentados con una dieta semi-húmeda de 56% de proteína sugirieron que las condiciones más apropiadas para el crecimiento de esta especie en laboratorio se dan a 27°C de temperatura y a la densidad de 400 peces. m^{-3} . En estas condiciones los animales presentaron una tasa específica de crecimiento de 3.22 %. día^{-1} y una conversión alimenticia de 2.03. Avilés-Quevedo *et al.* (1995) encontraron valores menores para la misma especie y reportan una tasa de crecimiento promedio de 3.5 %. día^{-1} en juveniles cultivados en jaulas flotantes a una temperatura que varió entre el 17 y 32°C. Alvarez-González *et al.* (2001) encontraron valores de TEC que variaron entre el 1.65 y 1.74 %. día^{-1} para juveniles de cabrilla arenera de peso inicial de 9.5g cultivados a 25°C en tanques de 500 litros.

Canario *et al.* (1998) observaron en juveniles de la dorada (*Sparus aurata*) que la densidad de cultivo está negativamente correlacionada con la tasa de crecimiento, en donde los animales en el grupo de mayor densidad presentaron tasas de crecimiento 25% menores que el grupo de menor densidad.

Rowland *et al.* (2004) estudiaron el efecto de la densidad de siembra en el cultivo de la perca plateada australiana en jaulas y en tanques. Los animales de peso inicial 2.3g fueron sembrados a las densidades de 50, 100 y 200 peces. m^{-3} en sistemas de cultivo de 1.0 m^3 durante 140 días con temperaturas que variaron entre los 24 y 31°C. Los autores encontraron mejores resultados en los peces cultivados en jaulas y alcanzaron tasas de

crecimiento que variaron entre 2.06 y 2.20 %. día^{-1} en tanques y 2.78 y 2.84 %. día^{-1} en jaulas. Las tasas de crecimiento absolutas en tanques variaron entre 0.27 y 0.33 g. día^{-1} y en jaulas entre 0.78 y 0.85 g. día^{-1} . De modo a dar continuidad al estudio de la engorda de la perca plateada australiana Rowland *et al.* (2006) estudiaron el efecto de la densidad en jaulas, en donde los animales en el estudio anterior presentaron mejores resultados, utilizando animales de peso inicial de 110g. Los autores encontraron tasas de crecimiento que variaron entre 0.68 y 0.70 %. día^{-1} y tasas absoluta de crecimiento que variaron entre el 1.6 y 1.6 g. día^{-1} .

Bombeo-Tuburan *et al.* (2001) alcanzaron tasas de crecimiento que variaron entre 1.1 y 1.4 %. día^{-1} en un estudio con juveniles de *E. coioides* de peso inicial de 25g que duró cinco meses.

Los resultados anteriormente descritos son contrastantes, para especies de la misma subfamilia de la cabrilla sardinera (Chua y Teng 1979; Abdullah *et al.* 1987; Quevedo *et al.* 1995; Ahmad *et al.* 1999; Bombeo-Tuburan *et al.* 2001; Alvarez-González *et al.* 2001; Grayeb del Alamo 2001; Anguas-Vélez *et al.* 2003; Luo *et al.* 2005; Luo *et al.* 2006), así como para los reportados para una misma especie, como lo es para la cabrilla arenera (Anguas-Vélez *et al.* 2003; Grayeb del Alamo 2001; Avilés-Quevedo *et al.* 1995; Alvarez-González *et al.* 2001). Las diferencias en los resultados de estos trabajos posiblemente se relacionan con el sistema de cultivo (tanques/jaulas), la composición y tipo de alimentos, talla inicial, densidad y temperaturas de cultivo, tiempo de cultivo, así que los resultados reportados en este estudio sirven de marco de referencia para futuras comparaciones con otras especies o para la cabrilla sardinera en otros experimentos.

Determinar la tasa de ingestión de alimento es útil ya que es un índice que contribuye a desarrollar una buena estrategia alimenticia. Si la TIA aumenta esto significa que la cantidad de alimento suministrado debe aumentar también, por otro lado, si la TIA disminuye se debe disminuir la cantidad de alimento suministrado e investigar las razones para este fenómeno. Un aumento en la TIA puede ser un reflejo de una mejora en el suministro de alimento (You *et al.* 2008). Los resultados reportados sobre la TIA son variables y diferentes para cada especie o sistema de cultivo. Thorpe *et al.* (1990), reportaron tasas de ingestión de alimento de un 59.5 a 98.6% en el salmón del atlántico cultivados en jaulas oceánicas; Madrid *et al.* (1997) reportaron TIA de 39 a 99.4% en juveniles de lubina cultivados en tanques en laboratorio; Rubio *et al.* (2003) reportaron tasas que variaron de un 78.6 a 93.5% en juveniles de lubina cultivados en laboratorio; Petit *et al.* (2003) reportaron para la lubina negra (*Mycropterus salmoides*) cultivadas en tanques en condiciones de laboratorio tasas de ingestión de alimento de 75 a 97%; Luo *et al.* (2005) reportaron para el mero *E. coioides* tasas de ingestión de alimento que variaron entre 41.8 y 52.7%, entre otros.

Al final del experimento se alcanzaron tasas de ingestión de alimento promedio de 60.7, 70.6 y 74.8% (Tabla XVIII). Se observó una mayor TIA en el segundo periodo con relación al primero. También en el segundo periodo se observó un menor suministro y mayor consumo de alimento en todos tratamientos. Este fenómeno es reflejo del aprendizaje natural de los peces, resultante de la repetición de buscar el alimento, una especie de reflejo condicionado que se desarrolló con la repetición.

No se puede asumir que la diferencia de peso fue generado por la tasa de ingestión de alimento, una vez que se observó una relación inversa entre la densidad de cultivo y la tasa

de ingestión de alimento y mientras que los organismos cultivados a la densidad de cultivo más baja presentaron el mayor peso final. Diferente de Jørgensen *et al.* (1993) que asumió que las diferencias en las tasas de crecimiento de juveniles de la trucha alpina (*Salvelinus alpinus*) fueron resultado de las diferencias en la tasa de ingestión de alimento, que fue menor en el grupo cultivado a la menor densidad probada, mismo grupo que presentó el menor peso final y menor tasa específica de crecimiento. Además los autores asociaron los eventos de bajos niveles de oxígeno en el tanque de este grupo a los bajos niveles de TIA.

En el presente estudio se optó por utilizar el método de alimentación *ad libitum* en cuatro alimentaciones diarias, asegurando que el crecimiento no fuera limitado por la cantidad de alimento. De acuerdo con You *et al.* (2008) la cantidad óptima de alimento que se debe suministrar a una especie es difícil de determinar, así que según el autor el mejor método para asegurar que los animales tengan suficiente alimento es sobredimensionar la cantidad de alimento ofrecido, lo que resulta por lo general en una cantidad de alimento no consumido. La cantidad de alimento no consumida puede disminuir los niveles de oxígeno disuelto y aumentar los niveles de nitrógeno en el ambiente de cultivo, generando condiciones que no son las adecuadas para el crecimiento.

El tipo y el régimen de alimento reportados son muy variables dentro de la subfamilia *Epinephelinae*. Algunos autores utilizaron alimento microparticulado (Abdullah *et al.* 1987; Ahmad *et al.* 1999; Luo *et al.* 2005; Luo *et al.* 2006), otros semi-húmedo (Bombeo-Tuburan *et al.* 2001; Anguas-Veléz *et al.* 2003), tilapias viva (Bombeo-Tuburan *op cit.*), alimento fresco (Bombeo-Tuburan *op cit.*), entre otros. Con relación al régimen alimenticio se reporta: una alimentación al día (Kohno *et al.* 1989; Ly *et al.* 2005), dos (Abdullah *et al.* 1987; Kohno *op cit.*; Ahmad *et al.* 1999; Anguas-Veléz *et al.* 2003; Luo *et al.* 2005; Ly *op*

cit.; Luo *et al.* 2006), tres (Kohno *op cit.*; Ly *op cit.*), una vez en dos días (Kohno *op cit.*), una vez en tres días (Kohno *op cit.*). Con relación a la cantidad de alimento ofrecido, existen reportes de alimentación a la saciedad (Kohno *op cit.*; Ahmad *et al.* 1999; Luo *et al.* 2005; Ly *op cit.*; Luo *et al.* 2006) y a un porcentaje del peso corporal (Abdullah *et al.* 1987; Bombeo-Tuburan *op cit.*; Anguas-Veléz *et al.* 2003).

Al final del experimento se alcanzó tasas de conversión alimenticia de 4.27, 8.96 y 13.64 gramos de alimento seco por gramo de pez húmedo para los grupos cultivados a la densidad de 77, 154 y 230 peces.m⁻³. Los valores alcanzados son altos comparados con el 1.9-2.9 alcanzados por Rowland *et al.* (2004), 1.2-2.38 por Luo *et al.* (2005), 1.38-1.51 por Yilmaz y Arabaci (2010), 0.6-0.9 por Barcellos *et al.* (2004), 1.73-2.02 por Watanabe *et al.* (1990), 0.99-1.34 por Ahmad *et al.* (1999), entre otros. La menor tasa de conversión de alimento alcanzada por el grupo cultivado a la menor densidad fue similar a los valores encontrados por Papoutsoglou *et al.* (1998), Rowland *et al.* (2006) y Kohno *et al.* (1989) y mayor que los valores reportados por Coulibaly *et al.* (2007). Este ultimo autor alcanzó valores similares a los obtenidos por el grupo cultivado a 154 peces.m⁻³ del presente estudio.

Los altos valores obtenidos pueden ser un reflejo del régimen de alimentación utilizado en el experimento, que fue de cuatro alimentaciones al día y *ad libitum*. Además, la tasa de ingestión de alimento promedio alcanzada al final del presente estudio, de acuerdo con You *et al.* (2008), están debajo del nivel considerado adecuado para la acuicultura, que según los autores debe ser de alrededor de 80%. Ahmad *et al.* (1999) y Luo *et al.* (2005) obtuvieron menores FCA alimentando los peces apenas dos veces al día hasta la saciedad. Bombeo-Tuburan *et al.* (2001) reportaron valores de FCA similares a los encontrados en el presente estudio, sin embargo el valor reportado considera el valor de FCA de todo el periodo

experimental en donde se cultivaron organismos de peso inicial 25g hasta alcanzar los 250-400g. Del mismo modo Rowland *et al.* (2006) que para la densidad de cultivo de 25 peces.m⁻³ reportaron una FCA total de 4.4 en organismos de peso inicial de 110g que fueron cultivados hasta alcanzar el peso final de 454g. Dwyer *et al.* (2002) demostraron que la frecuencia alimenticia tiene un efecto significativo en el consumo de alimento, comportamiento durante las alimentaciones y crecimiento del lenguado (*Limanda ferruginea*) y que los peces alimentados a mayor frecuencia alimenticia lograron mayores tasas de crecimiento. Kayano *et al.* (1993) en un estudio con juveniles de *E. akaara* de peso inicial 1.4g demostraron que esta especie alcanza mejores tasas de crecimiento y almacenamiento de lípidos cuando es alimentada entre cuatro y seis veces por día

Se registró una EA total de 45, 21 y 13% para los grupos cultivados a 77, 154 y 230 peces.m⁻³. Resultados similares a los reportados por Paspatis *et al.* (2003) para juveniles de lubina, ligeramente menores que los reportados por Lin y Shiau (2003) y notablemente menores que los reportados por Ogata *et al.* (2002) para el lenguado japonés y Ye *et al.* (2006) para juveniles del mero *E. coioides*.

Se observó una mayor eficiencia alimenticia en el primero periodo y una disminución en el segundo periodo en todas las densidades probadas. Al final del periodo experimental se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos, en donde el grupo cultivado a la densidad de 77 peces.m⁻³ presentó la mayor eficiencia alimenticia cuando comparado con los organismos cultivados a 154 y 230 peces.m⁻³, mientras que los dos últimos no presentaron diferencias estadísticas significativas.

La utilización de jaulas con fondo cuadrado no favoreció una distribución homogénea de los organismos, lo que contribuyó con la formación de grupos o individuos dominantes.

Junto con el comportamiento agresivo observado y anteriormente descrito, el formato de la jaula contribuyó a que disminuyera el potencial de crecimiento de algunos animales mediante la defensa o monopolio de determinado sitio, consecuentemente generando variación en el crecimiento de los peces. Esta variación se vio reflejada en un aumento del coeficiente de variación con el tiempo de cultivo y considerando que el coeficiente de variación se comportó de manera igual en las tres densidades probadas, en donde se observó un aumento con el tiempo, y que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tres grupos se puede concluir que la densidad de cultivo no afectó el coeficiente de variación y que este a su vez no afectó la tasa de crecimiento de forma heterogénea.

A diferencia de lo encontrado en el presente estudio, Paspatis *et al.* (2003) y Canario *et al.* (1998) reportaron que la densidad de cultivo no afectó el coeficiente de variación con el tiempo y que este se mantuvo constante durante el periodo experimental. Kayano *et al.* (1993) encontraron que el coeficiente de variación disminuyó con el aumento de la frecuencia alimenticia.

Igual que Ruzzante y Doyle (1990), en el presente estudio se optó por el suministro manual del alimento y su distribución homogénea en la superficie del agua. Notablemente esta técnica contribuyó a minimizar las situaciones de competencia durante las alimentaciones, sin embargo no fue suficiente una vez que se observó el aumento del coeficiente de variación con el tiempo de cultivo en todas densidades probadas. Esto sugiere la necesidad de estudiar en experimentos más largos el efecto de la separación de tallas sobre el crecimiento y el coeficiente de variación, siendo importante determinar las

etapas adecuadas para este proceso. Lambert y Dutil (2001) sugieren que la remoción de los animales más grandes permite un mayor crecimiento de los animales más pequeños.

La supervivencia de los juveniles de cabrilla sardinera no se vio afectada por la densidad de cultivo, mismo observado por Maragoudaki *et al.* (1999) con el pargo *Pagrus pagrus*, y diferente de lo observado por Canario *et al.* (1998) con la dorada, en donde la mortalidad aumentó con el aumento de la densidad de cultivo.

El crecimiento de los peces en ambiente de cultivo es afectado por factores bióticos y abióticos. La densidad de cultivo es uno de los más importantes parámetros que afectan directamente la tasa de crecimiento y puede ser determinante para alcanzar la máxima producción en el tiempo adecuado. Los peces son entidades sociales que alcanzan su máximo crecimiento bajo la presencia de un número adecuado de otros individuos. En el presente estudio, bajo las condiciones utilizadas, se encontró que la densidad de cultivo que alcanzó los mejores resultados fue de 77 peces.m⁻³, una vez que estadísticamente fue el grupo que obtuvo el mayor peso final, longitud total final, tasa absoluta y específica de crecimiento y mejor conversión alimenticia (Tabla XVII). Se observó una relación directa entre la densidad de cultivo y la tasa de ingestión de alimento, en donde el grupo cultivado a 230 peces.m⁻³ presentó los mayores valores de TIA seguido del grupo cultivado a 154 y 77 peces.m⁻³ (Tabla XVI). Mismo siendo el grupo que menos consumió el alimento suministrado, alcanzando una tasa de ingestión de alimento promedio de 60.7% durante el experimento, el grupo cultivado a 77 peces.m⁻³ fue el que mejor convirtió el alimento en peso corporal, una vez que logró la mejor tasa de conversión alimenticia y mayor eficiencia alimenticia. La supervivencia no se vio afectada por las densidades probadas bajo las condiciones de cultivo utilizadas lo que muestra que el sistema y la metodología de cultivo

son adecuados para el cultivo de juveniles de cabrilla sardinera en laboratorio. El coeficiente de variación aumentó con el tiempo de cultivo y fue estadísticamente igual en todos los grupos, lo que sugiere que las densidades probadas no afectaron la variación de talla de modo desigual.

La eficiencia alimenticia probablemente fue el principal responsable por las diferencias en el peso y longitud total final alcanzada por los peces de los diferentes tratamientos, en donde se observó una eficiencia alimenticia notablemente mayor en los peces cultivados a menor densidad (Tabla XVIII). También se observó un mayor consumo de alimento por pez y un menor suministro de alimento por pez en el tratamiento de menor densidad (Tabla XVII), así que es posible que los animales de este grupo utilizaron mayores cantidades de proteína para la ganancia de peso corporal.

Los efectos observados sobre la densidad en el crecimiento en este estudio nos indican que la cabrilla sardinera (*M. rosacea*) en las etapas iniciales de engorda es un pez sensible al efecto de confinamiento en altas cargas y además demostró tener un crecimiento lento comparado con otras especies utilizadas para fines de acuicultura durante el mismo periodo y a similares condiciones.

Para futuros estudios sobre la engorda de esta especie se sugiere: determinar la cantidad de heces, esto ayudaría a una mejor interpretación de los resultados una vez que con este índice se podría determinar la tasa aparente de digestión del alimento y la tasa de eficiencia proteica; determinar la frecuencia y el método de alimentación más adecuados; la temperatura en donde los animales presenten mayor crecimiento y una comparación entre sistemas de cultivos.

Los resultados obtenidos proporcionan evidencias para rechazar la hipótesis propuesta. Se observó una relación directa entre la tasa de ingestión de alimento y la densidad de cultivo pero los organismos cultivados a menor densidad fueron los que presentaron mayor crecimiento, peso y longitud total final, a diferencia de la hipótesis anteriormente establecida. Sin embargo permanece incierto el mecanismo que explica la disminución de la tasa de crecimiento con el aumento de la densidad de cultivo, una vez que el coeficiente de variación fue igual en todos tratamientos y la eficiencia alimenticia fue mayor en el grupo cultivado a la menor densidad que a su vez presentó la menor relación entre suministro/consumo de alimento por pez en el grupo de menor densidad.

8. CONCLUSIÓN.

La densidad de cultivo actuó de manera determinante sobre el crecimiento de la cabrilla sardinera, para las densidades estudiadas pudo establecerse que el crecimiento de esta especie disminuyó en la medida que se incrementó la densidad y que el grupo sembrado a menor densidad presentó las mayores tasas de crecimiento.

La supervivencia no se vio afectada por las densidades de cultivo probadas alcanzando el 100% en todos tratamientos, lo que indicó que el sistema de cultivo utilizado fue adecuado para el desarrollo de juveniles de cabrilla sardinera.

El factor de conversión alimenticia fue menor en el grupo cultivado a menor densidad, sin embargo, los valores obtenidos son superiores a los considerados adecuados para una acuicultura sustentable, lo que posiblemente fue resultado del número de alimentaciones al día (cuatro) y del método *ad libitum*. Esto sugiere la necesidad de estudios sobre el método y la frecuencia alimenticia en esta especie.

La tasa de ingestión de alimento aumentó con el tiempo y presentó una relación directa con la densidad de cultivo, sin embargo, la eficiencia alimenticia fue mayor en el tratamiento de menor densidad. Este fenómeno no quedó claramente esclarecido pero posiblemente puede ser resultado de la condición de estrese que se mantuvieron los organismos de esta especie cultivados en el grupo de mayor densidad, una vez que los datos presentados en la Tabla XVI demuestran que hubo un mayor consumo de alimento por pez

en el grupo cultivado a menor densidad, lo que refuerza la hipótesis anteriormente planteada.

El coeficiente de variación aumentó con el tiempo y fue igual en todos los tratamientos lo que indica que esta es una especie que presenta la formación de grupos o individuos dominantes independiente de la densidad de cultivo. Esto sugiere la necesidad de estudiar el efecto de la separación de tallas en las distintas fases de desarrollo.

La cabrilla sardinera puede ser una especie apta para el desarrollo de cultivo de peces marinos en el Estado de Baja California Sur.

La densidad de cultivo recomendada para el cultivo de juveniles en fase de pre-engorda en laboratorio es de 77 peces.m⁻³.

9. BIBLIOGRAFIA.

- Abdullah M.S., Wuan T.O. y Kawahara S. 1987. Preliminary studies on stocking density and production of hamor *Epinephelus tauvina* in PVC-lined raceways. *Journal of the World Aquaculture Society*, 18(4): 237-241.
- Aburto-Oropeza O., Erisman B., Valdez-Ornelas V. y Danemann G.D. 2008. Serránidos de importancia comercial del Golfo de California: Ecología, pesquerías y conservación. *Ciencia y Conservación*, 1: 1-23.
- Ahmad T.A., El-Zahar C. y Wuan T.O. 1999. Nursing and production of the grouper *Epinephelus coioides* at different stocking densities in tanks and sea cages. *Asian Fisheries Science*, 12: 267-276.
- Allen K.O. 1974. Effects of stocking density and water exchange rate on growth and survival of channel catfish *Ictalurus punctatus* in circular tanks. *Aquaculture*, 4: 29-39.
- Allen G.R. y Robertson D.R. 1998. Peces del Pacífico Oriental Tropical. P-111. México, Agrupación Sierra Madre, CEMEX y CONABIO. 327 p.
- Al-Thobaiti S.A. y James C.M. 1997. Breeding and growout production of the grouper *Epinephelus polyphkadion* in Saudi Arabia. En: Tucker J.W. (Ed.). *Marine fish culture*. USA, Kluwer academic publishers. 750 p.
- Alvarez-González C.A., Ortiz-Galindo J.L., Dumas S., Martínez-Díaz S.F., Hernández-Ceballos D.E., Grayeb del Alamo T., Moreno-Legorreta M., Peña-Martínez R. y Civera-Cerecedo R. 2001. Effect of stocking density on growth and survival of spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* larvae in a closed recirculating system. *Journal of Applied Aquaculture*, 32(1): 130-137.
- Alvaréz-Lajonchère L. y Hernández-Molejón O.G. 2001. Producción de juveniles de peces estuarinos para un centro en América Latina y el Caribe: diseño, operación y tecnologías. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, LA. 424 p.
- APROMAR. 2004. Situación de la piscicultura marina en España: Informe de producción 2003. <www.apromar.es> Descargado el 3 de marzo de 2010.
- Anderson M.J. y Fast A.W. 2008. Temperature and feed rate effects on Chinese catfish (*Clarias fuscus*) growth. *Aquaculture Research*, 22(4): 435-442.
- Anguas-Vélez B.H., Civera-Cerecedo R., Goytortúa-Bores E. y Rocha-Meza S. 2003. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. *Hidrobiológica*, 13(4): 309-315.

- Avilés A. 2000. Cultivo de Peces Marinos. Cap. XV. En: Álvarez-Torres, M. Ramírez-Flores, L.M. Torres-Rodríguez y A. Díaz de León-Corral (Eds.). Estado de Salud de la Acuicultura, 2000. INP.
- Avilés-Quevedo A., Mcgregor-Pardo U., Rodríguez-Ramos R., Hiraes-Cosío O., Huerta-Bello M.A. y Lizawa M. 1995. Biología y cultivo de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner 1868). Subsecretaría de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera La Paz, Agencia de Cooperación Internacional de Japón. 85 p.
- Barcellos L.J.G., Kreutz L.C., Quevedo R.M., Fioreze I., Cericato L., Soso A.B., Fagundes M., Conrad J., Baldissera R.K., Bruschi A. y Ritter F. 2004. Nursery rearing of jundiá *Rhamdia quelen* in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. *Aquaculture*, 232: 383-394.
- Benetti D., Clarck A. y Feeley M. 1998. Feasibility of select candidate species of marine fish for cage aquaculture development in the Gulf of Mexico with novel remote sensing techniques for improved offshore systems monitoring. Proceedings of Third International Conference on Open Ocean Aquaculture. Sea Grant college program publication. USA, Texas. 103-119 p.
- Björnsson B. 1994. Effects of stocking density on growth rate of halibut *Hippoglossus hippoglossus* reared in large circular tanks for three years. *Aquaculture*, 123: 259-270.
- Bolasina S., Tagawa M., Yamashita Y. y Tanaka M. 2006. Effect of stocking density on growth, digestive enzyme activity and cortisol level in larvae and juveniles of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 259: 432-443.
- Bombero-Tuburan I., Coniza E.B., Rodriguez E.M. y Agbayani R.F. 2001. Cultura and economics of wild grouper *Epinephelus coioides* using three feed types in ponds. *Aquaculture*, 201: 229-240.
- Brännäs E., Alanärä A. y Magnhagen C. 2001. The social behaviour of fish. En: Staffan F., Magnhagen C. y Alanärä A. 2002. Variation in food intake within groups of juvenile perch. *Journal of Fish Biology*, 60: 771-774.
- Brett J.R. 1979. Environmental factors and growth. En: Hoar W.S., Randal D.J. y Brett J.R. (Eds.). *Fish Physiology V. Bioenergetics and Growth*. Academic Press, Inc. San Diego, USA. 599-675 p.
- Bucklin A. y Howell H. 1998. Progress and prospects from the University of New Hampshire open ocean aquaculture demonstration project. En: Hernández-Martínez M., Rangel-Dávalos C., Garduño-Dionate M. y Mora-Cervantes I. (Eds.). 2005. Memorias de la segunda reunión nacional de la red de cultivo de peces marinos. 2do. Foro Internacional de Acuicultura: Un encuentro con la Biotecnología. México, SAGARPA. 176 p.
- Canario A.V.M., Condeça J., Power D.M. y Ingleton P.M. 1998. The effect of stocking density on growth in the gilthead sea-bream, *Sparus aurata*. *Aquaculture Research*, 29: 177-181.
- Carro-Anzalotta A.E. y McGinty A.S. 1986. Effects of stoking density on growth of *Tilapia nilotica* cultured in cage in ponds. En: Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad

- de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politécnico Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Cesar H. y Hempel E. 2000. Opportunities and constraints for grouper aquaculture in Asia. EASES discussion paper series. Washington DC, World Bank.
- Clark J.H., Watanabe W.O., Ernst D.H., Wicklund R.I. y Olla B.L. 1990. Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in floating marine cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 21: 16-24.
- Chan T.C. y Sadovy Y. 2002. Reproductive biology, age and growth in the chocolate hind, *Cephalopholis boenak* (Bloch 1790), in Hong-Kong. En: Erisman B.E., Rosales-Casián J.A. y Hastings P.A. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environm. Biol. Fish.*, 82: 23-33.
- Chou y Wong. 1985. Preliminary observations on the growth and dietary performance of grouper, *Epinephelus tauvina*, on floating net-cages and fed dry pellets diet from auto-feeders. *Singapore Journal of Primary Industries* 13(2): 84-91.
- Chua T.E y Teng S.K. 1979. Relative growth and production of the estuary grouper *Epinephelus salmoides* under different stocking densities in floating net-cages. *Marine Biology*, 54: 363-372.
- CIFSA. 1990. Programa experimental de una granja de maricultura con jaulas flotantes en la Bahía de Topolobampo, Sinaloa. Informe de avances de trabajo. Septiembre 1990. 9p.
- Cisneros-Mata M., Montemayor-López G. y Roman-Rodríguez M. 1995. Life history and conservation of *Totoaba macdonaldi*. *Conservation Biology*, 9: 806-814.
- Coulibaly A., Ouattara I.N., Koné T., N'Douba V., Snoeks J., Bi G.G. y Kouamélan E.P. 2007. First results of floating cage culture of the African catfish *Heterobranchus longifilis*: Effect of stocking density on survival and growth rates. *Aquaculture*, 263: 61-67.
- Craig M.T. y Sadovy Y. 2008. *Mycteroperca rosacea*. En: IUCN 2009. The IUCN red list of threatened species. Versión 2009.2. <www.redlist.org>. Descargado el 26 de febrero del 2010.
- De la Parra M., Camacho J.L., Gonzalez-Rodríguez B., Martinez-Rodríguez I., Hernández C. y García-Ortega A. 2006. A preliminary study on the effects of dietary protein level on growth and survival of juvenile bullseye puffer fish, *Sphoeroides annulatus*. *World Aquaculture*, 37: 34-38.
- Díaz-Uribe J.G., Elorduy-Garay J.F. y González-Valdovinos M.T. 2001. Age and growth of the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, in the Gulf of California, Mexico. *Pacific Science*, 55(2): 171-182.
- Doi M. y Singhagruiwan T. 1993. Biology and culture of the red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. En: Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de

- juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politecnico Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Duncan N., Garcia-Aguilar N., Rodriguez M.O., Bernadet M., Martinez-Chavez C., Komar C., Estanol P. y Garcia-Gasca A. 2003. Reproductive biology of captive bullseye puffer (*Sphoeroides annulatus*), LHRHa induced spawning and egg quality. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28: 505-506.
- Duray M.A., Esudillo C.D. y Alpazan L.G. 1997. Larval rearing of the grouper *Epinephelus suillus* under laboratory conditions. *Aquaculture*, 150: 63-76.
- Dwyer K.S., Brown J.A., Parrish C. y Lall S.P. 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *Aquaculture*, 213: 279-292.
- Erisman B.E., Buckhorn M.L. y Hastings P.A. 2007. Spawning patterns in the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, in comparison with other aggregating groupers. *Mar. Biol.*, 151: 1849-1861.
- Erisman B.E., Rosales-Casián J.A. y Hastings P.A. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environm. Biol. Fish.*, 82: 23-33.
- FAO. 2009. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma, FAO. 218 p.
- FAO. 2007. FISHSTAT Plus: Universal software for fishery statistical time series. Version 2.32 2000. <www.fao.org>. Descargado en Marzo del 2009.
- Fennessy S.T. y Sadoy Y. 2002. Reproductive biology of a diandric protogynpus hermaphrodite, the serranid, *Epinephelus andersoni*. *Mar. Freshwater Res.*, 53: 147-158.
- Ferreira B.P. 1995. Reproduction in the common coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae: Epinephelinae) from the central and northern Great Barrier Reef, Australia. En: Erisman B.E., Rosales-Casián J.A. y Hastings P.A. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environm. Biol. Fish.*, 82: 23-33.
- Fishbase. 2008. <www.fishbase.org>. Descargado en Marzo del 2010.
- Gómez-Rojo M.E. 2007. Susceptibilidad de las fases iniciales de vida de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* a la infección experimental por *Aeromonas hydrophila*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Tesis de maestría. 118 p.
- Gracia-López V. y Castelló-Orvay F. 1996. Crecimiento del mero *Epinephelus marginatus* (=guaza) bajo distintas condiciones de cultivo, 299-306 p. En: Silva A. y Merino G. (Eds.). *Acuicultura en Latinoamérica IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y Perspectivas de la Acuicultura en Chile*. Universidad Católica del Norte. Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Chile.

- Gracia-López V. y Castelló-Orvay F. 2003. Preliminary data on the juveniles of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Hidrobiológica*, 13:321-327.
- Gracia-López V., Kiewek-Martínez M. y Maldonado-García M. 2004a. Effects of temperature and salinity on artificially reproduced eggs and larvae of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea*. *Aquaculture*, 237:485-498.
- Gracia-López V.; Rodríguez-Romero J. y Pérez-Ramírez J.M. 2004b. Hormone induced spawning (HCG), and embryonic and larval development of the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877). *Ciencias Marinas*, 30(2):279-284.
- Gracia-López V., Kiewek-Martínez M., Maldonado-García M., Monsalvo-Spencer G., Portillo-Clark G., Civera-Cerecedo R., Linarees-Aranda M., Robles-Mungaray M. y Mazón-Suástegui M. 2005. Larvae and juvenile production of leopard grouper, *Mycteroperca rosacea* (Streets 1877). *Aquaculture Research*, 36: 110-112.
- Grayeb del Alamo T. 2001. Efecto de la densidad en el crecimiento de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* cultivada en jaulas flotantes. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Tesis de Maestría. 112 p.
- Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politécnico Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Guerrero-Tortolero D., Muhlia-Melo A. y Rodríguez-Romero J. 1999. Preliminary study on the effect of stocking density on the growth and survival of the yellow snapper *Lutjanus argentiventris* confined in cages in a tidal pond. *North American Journal of Aquaculture*, 61: 82-84.
- Halwart M., Soto D. y Arthur J.R. (Eds.). 2007. Cage aquaculture: Regional reviews and global overview. FAO Fisheries Technical Paper. N° 498. Rome, FAO. 241 p.
- Heemstra P.C. y Randall J.E. 1993. FAO species catalogue. Groupers of the world (family Serranidae, subfamily Epinephelinae). Rome, FAO. 313 p.
- Hernández-Martínez M., Rangel-Dávalos C., Garduño-Dionate M. y Mora-Cervantes I. (Eds.). 2005. Memorias de la segunda reunión nacional de la red de cultivo de peces marinos. 2do. Foro Internacional de Acuicultura: Un encuentro con la Biotecnología. México, SAGARPA. 176 p.
- Hirata H. 1996. Problems and future aspects of finfish cage culture in Japan. En: Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politecnico Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Hobson E.S. 1968. Predatory behavior of some shore fishes in Gulf of California. En: Martínez-Lagos R. y Gracia-López V. 2009. Morphological development and growth patterns of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* during larval development. *Aquaculture Research*, 1 - 9.

- Hopkins K.H. 1992. Reporting fish growth: A review of the basics. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(3): 173-179.
- Hosfeld C.D., Hammer J. Handeland S.O., Fivelstad S. y Stefansson S.O. 2009. Effects of fish density on growth and smoltification in intensive production of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture*, 294: 236-241.
- Hseu J.R. 2002. Effect of size difference and stocking density on cannibalism rate of juvenile grouper *Epinephelus coioides*. *Fisheries Science*, 68: 1384-1386.
- Irwin S., O'Halloran J. y Fitzgerald R.D. 1999. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). *Aquaculture*, 178: 77-88.
- Jobling M. 1985. Physiological and social constraints on growth of fish with special reference in to arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture*, 44: 83-90.
- Jørgensen E.H, Christiansen J.S. y Jobling M. 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture*, 110: 191-204.
- Juárez-Palacios, R.R. 1987. La acuicultura en México, importancia social y económica. En: Desarrollo pesquero mexicano 1986-1987. México, Secretaría de Pesca. L II: 219-232.
- Katersky R.S. y Carter C.G. 2005. Growth efficiency of juvenile barramundi, *Lates calcafier*, at high temperatures. *Aquaculture*, 250: 775-780.
- Kayano Y., Yao S., Yamamoto S. y Nakagawa H. 1993. Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of Young red-spotted grouper *Epinephelus akaara*. *Aquaculture*, 110: 271-278.
- Kiewek-Martínez N.M. 2004. Contribución al conocimiento de la reproducción en cautiverio de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Tesis de maestría. 93 p.
- Kiewek-Martínez N.M. 2009. Estudio de la reproducción en cautiverio de la cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea*: inducción hormonal al desove, esteroides sexuales y descripción del desarrollo gonadal en el ciclo reproductivo. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Tesis de doctorado. 135 p.
- Kitajima C., Takaya M., Tsukashima Y. y Arakawa T. 1991. Development of eggs, larvae and juveniles of the grouper *Epinephelus septemfasciatus* reared in laboratory. *Japan Journal of Ichthyology*, 38: 47-55.
- Kohno H., Ordonio-Aguilar R.S., Ohno A. y Taki Y. 1997. Why is grouper larval rearing difficult? An approach from the development of the feeding apparatus in early stage larvae of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Ichthyological Research*: 267-274.

- Kohno H., Trino A., Gerochi D. y Muray M. 1989. Effects of feeding frequency and amount of feeding on the growth of the grouper *Epinephelus malabaricus*. Philippine Journal of Science, 118(1): 89-100.
- Kubitza F., Lovshin L.L. y Lovell R.T. 1997. Identification of feed enhancers for juvenile largemouth bass *Micrpterus salmoides*. Aquaculture, 148: 191-200.
- Lambert Y. y Dutil J. 2001. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and size-grading. Aquaculture, 192: 233-247.
- Le, T.L. 2002. Status of marine finfish aquaculture in Vietnam. En: Rimmer M.A., McBride S. y Williams K.C. 2004. Advances in grouper aquaculture. Canberra. ACIAR monograph.
- Lim L.C. 1993. Larviculture of greasy grouper *Epinephelus tauvina* F. and the brown-marbled grouper *E. fuscoguttatus* F. in Singapore. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 262-274.
- Lin Y. y Shiau S. 2003. Dietary lipid requirement of grouper *Epinephelus malabaricus* and effects on immune responses. Aquaculture, 225: 243-250.
- Linarea-Aranda M. 2007. Efecto de la incorporación de levaduras vivas en el alimento sobre la capacidad digestiva en juveniles de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Tesis de maestría. 70 p.
- Liu M. y Sadovy Y. 2004. The influence of social factors on adult sex change and juvenile differentiation in a diandric, protogynous epinephelinae, *Cephalopholis boenak* (Pisces, Serranidae). En: Erisman B.E., Rosales-Casián J.A. y Hastings P.A. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. Environm. Biol. Fish., 82: 23-33.
- López L.M., Durazo E., Rodriguez-Gomez A., True C.D. y Viana M.T. 2006. Proximate composition and fatty acid profile of wild and cultured juvenile *Totoaba macdonaldi*. Ciencias Marinas, 32: 303-309.
- Ly M.A., Cheng A., Chien Y. y Liou C. 2005. The effects of feeding frequency, stocking density, and fish size on growth, food consumption, feed pattern and size variation of juvenile grouper *Epinephelus coioides*. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, 32: 19-28.
- Luo Z., Liu Y., Mai K., Tian L., Tian X. y Shi J. 2006. Effects of feeding levels on growth performance, feed utilization, body composition and apparent digestibility coefficients of nutrients for grouper *Epinephelus coioides*. Journal of the World Aquaculture Society, 37(1): 32-40.
- Luo Z., Liu Y., Mai K., Tian L., Yang H., Tan X. y Liu D. 2005. Dietary L-methionine requirement of juveniles grouper *Epinephelus coioides* at a constant dietary cystine level. Aquaculture, 249: 409-418.

- Lupatsch I., Santos G.A., Schrama J.W. y Verreth J.A.J. 2010. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 298: 245-250.
- Ma A., Chen C., Lei J., Chen S., Zhuang Z. y Wang Y. 2006. Turbot *Scophthalmus maximus* : stocking density on growth, pigmentation and feed conversion. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 24(3): 307-312.
- Madrid J.A., Azzaydi M., Zamora S. y Sánchez-Vázquez F.J. 1997. Continuous recording of uneaten food pellets and demand-feeding activity: a new approach to studying feeding rhythms in fish. *Physiology and Behavior*, 62(4): 689-695.
- Maragoudaki D., Paspatis M. y Kentouri M. 1999. Influence of stocking density on growth of juvenile red porgy *Pagrus pagrus* under different feeding conditions. *Aquaculture Research*, 30:501-508.
- Marino G., Panini E., Longobardi A., Mandich A., Finoia M.G., Zohar Y. y Mylonas C.C. 2003. Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRHa implant. *Aquaculture*, 219: 841-858.
- Martínez-Lagos R. y Gracia-López V. 2009. Morphological development and growth patterns of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* during larval development. *Aquaculture Research*, 1-9.
- Mendoza-Bustamante J.A. 2002. Aspectos ecológicos del reclutamiento de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877) (Pisces: Serranidae) en camas de sargazo, San Juan de la Costa, B.C.S., México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Noviembre del 2002.
- Montero D., Izquierdo M.S., Tort L., Robaina L. y Vergara J.M. 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiol. Biochem.*, 20: 53-60.
- Moree N., aranyakananda P. y Singhagraiwan T. 1996. Books of abstracts of the World Aquaculture 2006. En: Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politecnico Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Moretti A., Fernandez-Criado M.P., Cittolin G. y Guidastrì R. 1999. Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream. Volume 1. Rome, FAO. 194 p.
- Muhlia-Melo A., Guerrero-Tortolero D., Perez-Urbiola J.C. y Campos-Ramos R. 2003. Results of spontaneous spawning of yellow snapper (*Lutjanus argentiventris*) reared in inland ponds in La Paz, B.C.S., Mexico. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28: 511-512.
- NACA/TNC 1998. Report of the Survey of Marine Fish Aquaculture and Live Marine Fish Markets in China. En: Rimmer M.A., McBride S. y Williams K.C. 2004. Advances in grouper aquaculture. Canberra. ACIAR monograph.

- North B.P., Turnbull J.F., Ellis T., Porter M.J., Migaud H., Bron J. y Bromage N.R. 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 255: 466-479.
- Ogata H.Y., Oku H. y Murai T. 2002. Growth, feed efficiency and feed intake of offspring from selected and wild Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 211: 183-193.
- Okumura S., Okamoto K., Oomori R. y Nakazono A. 2002. Spawning behaviour and artificial fertilization in captive reared red spotted grouper *Epinephelus akaara*. *Aquaculture*, 206: 165-173.
- Ottolenghi F., Silvestri C., Giordano P. y Lovatelli A. 2004. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails. En: *Captured-based Aquaculture*. FAO, Roma. 308 p.
- Papoutsoglou S.E., Tziha G., Vrettos X. y Athanasiou A. 1998. Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass *Dicentrarchus labrax* juveniles reared in a closed circulated system. *Aquaculture Engineering*, 18: 135-144.
- Paspatis M., Boujard T., Maragoudaki D., Blanchard G. y Kentouri M. 2003. Do stocking density and feed reward level affect growth and feeding of self-fed juvenile European sea bass? *Aquaculture*, 216: 103-113.
- Peláez-Mendoza A.K. 1997. Hábitos alimenticios de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877) en la Bahía de La Paz B.C.S y zonas adyacentes. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Tesis de licenciatura. 62 p.
- Petit G., Beauchaud M., Attia J. y Buisson B. 2003. Food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) held under alternated light/dark cycle (12L:12D) or exposed to continuous light. *Aquaculture*, 228: 397-401.
- Pierre S., Gaillard S., Prévot-D'Alvise N., Aubert J., Rostaing-Capaillon O., Leung-Tack D. y Grillasca J. 2008. Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystems*, 18: 297-308.
- Refstie T. y Kittelsen A. 1976. Effect of density on growth and survival of artificially reared Atlantic salmon. *Aquaculture*, 8: 319-326.
- Reyes-Becerril M., Tovar-Ramírez D., Ascencio-Valle F., Civera-Cerecedo R., Gracia-López V. y Barbosa-Solomieu V. 2008. Effects of dietary live yeast *Debaryomyces hansenii* on the immune and antioxidant system in juvenile leopard grouper *Mycteroperca rosacea* exposed to stress. *Aquaculture*, 280: 38-44.
- Rimmer M.A., McBride S. y Williams K.C. 2004. *Advances in grouper aquaculture*. Canberra. ACIAR monograph.
- Rowland S.J., Allan G.L., Hollis M. y Pontifex T. 2004. Production of silver perch (*Bidyanus bidyanus*) fingerlings at three stocking densities in cages and tanks. *Aquaculture*, 229: 193-202.

- Rowland S.J., Mifsud C., Nixon M. y Boyd P. 2006. Effects of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch (*Bidyanus bidyanus*) in cages. *Aquaculture*, 253: 301-308.
- Rubio V.C, Sánchez-Vázquez F.J. y Madrid J.A. 2003. Nocturnal feeding reduces sea bass (*Dicentrarchus labrax*) pellet-catching ability. *Aquaculture*, 220: 697-705.
- Russo T., Boglione C., De Marzi P. y Cataudella S. 2009. Feeding preferences of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-intensive conditions: A contribution addressing the domestication of this species. *Aquaculture*, 289:289-296.
- Ruzzante D.E. y Doyle R.W. 1990. Behavioural and growth responses to the intensity of intra-specific social interaction among medaka, *Oryzias latipes* (Temminck and Schlegel). *Journal of Fish Biology*, 37: 663-673.
- Sadovy Y. 2000. Regional survey for fry/fingerlings supply and current practices for grouper mariculture: evaluating current status and long-term prospects for grouper mariculture in South East Asia. En: S. Pierre, S. Gaillard, N. Prévot-D'Alvise, J. Aubert, O. Rostaing-Capaillon, D. Leung-Tack y J. Grillasca. (Eds.) *Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials*. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystems*, 18:297-308.
- Sadovy Y. 2001. Summary of regional survey of fry/fingerling supply for grouper mariculture in southeast Asia. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin*, 8: 22-29.
- Sadovy Y. y Colin P.L. 1995. Sexual development and sexuality in the Nassau grouper. *Journal of Fish Biology*, 46: 961-976.
- SAGARPA. 2006. Anuario estadístico de pesca 2006. México, CONAPESCA. 264 p.
- SAGARPA. 2007. Norma Oficial Mexicana para regular el aprovechamiento de las especies de mero y especies asociadas, en aguas de jurisdicción federal del litoral del Golfo de México y Mar Caribe. NOM-065-PESC-2007. México, SAGARPA.
- Staffan F., Magnhagen C. y Alanärä A. 2002. Variation in food intake within groups of juvenile perch. *Journal of Fish Biology*, 60: 771-774.
- Schmittou H.R. 1969. The culture of channel catfish *Ictalurus punctatus* in cages suspended in ponds. En: Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politécnico Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Serrano-Pinto V. y Caraveo-Patiño J. 1999. Survival of yellow snapper *Lutjanus argentiventris* at different salinities in captivity. *Aquaculture Research*, 30: 467-470.
- Siau Y. 1994. Population structure, reproduction and sex change in a tropical Eastern Atlantic grouper. En: Erisman B.E., Rosales-Casián J.A. y Hastings P.A. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environm. Biol. Fish.*, 82: 23-33.

- Sim S.Y. 2005. Influence of economic conditions of importing nations and unforeseen global events on grouper markets. *Aquaculture Asia Magazine*, October-December: 23-31.
- Sim S.Y., Kongkeo H. y Rimmer M. 2005. Brief overview of recent grouper breeding developments in Thailand. *Aquaculture Asia Magazine*, July-September: 24-29.
- Soderberg R.W., Meade J.W. y Redell L.A. 1993. Growth, survival and food conversion of Atlantic salmon reared at four different densities with commmo water quality. En: Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politecninco Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Sugama K. 2003. Indonesia focuses on groupers. *Aquaculture Asian Magazine*, September-October: 14-15.
- Suwirya K. y Giri N.A. 2005. Feed development and application for juvenile grouper. *Aquaculture Asia Magazine*, January-March: 34-35.
- Tanaka H., Hirose K., Nogani K., Hattori K. y Ishibashi N. 1990. Sexual maturation and sex reversal in red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. En: Erisman B.E., Rosales-Casián J.A. y Hastings P.A. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environm. Biol. Fish.*, 82: 23-33.
- Teng S.K. y Chua T.E. 1978. Effect of stocking density on the growth of estuary grouper *Epinephelus salmoides* reared in floating net cages. *Aquaculture*, 16: 219-232.
- Thorpe J.E., Talbot C., Miles M.S., Rawlings C. y Keay D.S. 1990. Food consumption in 24 hours by Atlantic salmon (*Salmo salar*) in sea cage. *Aquaculture*, 90(1): 41-47.
- Tookwinas S. 1990. Larviculture of seabaa (*Lates calcarifer*) and grouper (*Epinephelus malabaricus*) in Thailand. En: Tucker J.W. (Ed.). *Marine fish culture*. USA, Kluwer academic publishers. 750 p.
- Trzebiatowski R., Filipiak J. y Jakubowski R. 1981. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout *Salmo gairdneri*. En: Guerrero-Tortolero D.A. 1997. Efecto de la densidad de siembra de juveniles del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters 1869) cultivado en jaulas. Instituto Politecninco Nacional. Tesis de maestría. 81 p.
- Tseng W.Y. 1983. Prospects for commercial net-cage culture of red grouper *E. akaara* in Hong-Kong. *J. World Mariculture Soc.* 14: 650-660.
- Tucker J.W. Jr. 1998. *Marine fish culture*. USA, Kluwer academic publishers. 750 p.
- Tucker J.W. y Woodward P.N. 1996. Nassau grouper aquaculture. En: Tucker J.W. (Ed.). *Marine fish culture*. USA, Kluwer academic publishers. 750 p.
- Tucker J.W. 1999. Species profile. Grouper aquaculture: Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication. 721 p.

- Wallace J.C., Kolbeinshavn A.G. y Reinsnes T.G. 1988. The effect of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture*, 73: 101-110.
- Watanabe W.O, Ellis S.C., Ellis E.P., Gracia-López V., Bass P., Ginoza J. y Moriwake A. 1996. Evaluation of first-feeding regimens for larval Nassau grouper *Epinephelus striatus* and preliminary, pilot-scale culture through metamorphosis. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27: 323-331.
- Webb K.A., Hitzfelder G.M., Faulk C.K. y Holt G.J. 2007. Growth of the juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 264: 223-227.
- Williams K.C., Smith D.M., Williams I.H., Irvin S.J. y Barclay M. 2005. ACIAR grouper grow-out feeds program and related CSIRO research. *Aquaculture Asia Magazine*, January-March: 29-33.
- Wootton R. J. 1998. *Ecology of Teleost Fishes*. Dordrecht: Kluwer.
- Ye C., Liu Y., Tian L., Mai K., Du Z., Yang H. y Niu J. 2006. Effect of dietary calcium and phosphorus on growth, feed efficiency, mineral content and body composition of juvenile grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 255: 263-271.
- Yilmaz Y. y Arabaci M. 2010. The influence of stocking density on growth and feed efficiency in gilthead seabream *Sparus aurata*. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(8): 1280-1284.
- You K., Ma C., Gao H., Li F., Zhang M., Qiu Y. y Wang B. 2008. Food intake rate and delivery strategy in aquaculture. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 26(3): 263-267.
- Zacarias-Soto M., Muguet J.B. y Lazo J.P. 2006. Proteolytic activity in California halibut larvae *Paralichthys californicus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37(2): 175-185.
- Zar J.H. 1996. *Bioestatal analysis*. Tercera Edición. Prentice-Hall, N.J., USA. 718 p.
- Zepeda-Núñez F.E. 2007. Expresión génica diferencial en el riñón de *Mycteroperca rosacea* por vacunación con ADN plasmídico. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Tesis de maestría. 56 p.
- Zonneveld N. y Fadholi R. 1991. Feed intake and growth of red tilapia at different stocking densities in ponds in Indonesia. *Aquaculture*, 99: 83-94.