



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
SOBRE LOS RECURSOS NATURALES
(INIRENA-UMSNH)**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA**

**“ACLIMATACIÓN AL CAUTIVERIO
DEL ROBALO PRIETO, *Centropomus nigrescens*
(GÜNTHER, 1864), EN ESTANQUERÍA RÚSTICA EN LA
COSTA DE MICHOACÁN, MÉXICO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA**

PRESENTA

BIÓL. SERGIO ESCÁRCEGA RODRÍGUEZ

DIRECTORA DE TESIS

M. EN C. CATALINA ROSAS MONGE

MORELIA, MICH., MÉXICO, AGOSTO DE 2010.



A ti Sury

mi pequeña hija,
siempre presente entre nosotros
con tu sonrisa
tu ternura,
con tu amor.

A la memoria de mis padres Ignacio y Alicia.

Con gran orgullo por y para mis hijos, Norma Alicia, Sergio Ignacio, Josué.

A su mamá,
quien me dio el tesoro
y la maravilla más grande que pueda uno tener en la vida.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
 Capítulo	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
2.1. Panorama mundial de la piscicultura marina.....	4
2.2. La piscicultura marina en México.....	5
2.3. Avances en el cultivo del robalo en el país y situación de <i>Centropomus nigrescens</i>	7
2.4. La Producción de robalo en México.....	8
2.4.1. Producción acuícola.....	9
2.4.2. Participación de los estados en la producción nacional.....	10
2.5. Participación del robalo en la producción mundial.....	10
2.6. Situación de la pesquería del robalo en México.....	11
2.7. Importancia en el mercado.....	13
2.7.1. Nacional.....	13
2.7.2. Internacional.....	14
2.8. Importancia del robalo en el ámbito local.....	14
2.8.1. Panorama de la actividad pesquera en la región.....	14
2.8.2. Participación del robalo en la producción pesquera estatal.....	16
2.8.3. Importancia en el mercado local.....	18
III. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	19
3.1. Morfología.....	19
3.2. Posición taxonómica de <i>Centropomus nigrescens</i>	20
3.3. Distribución.....	20
3.4. Hábitat.....	20
3.5. Nicho ecológico.....	21
3.6. Ciclo de vida.....	21
3.7. Tallas máximas.....	22
3.8. Atributos que poseen los robalos para su cultivo.....	23
IV. OBJETIVOS.....	25
V. HIPÓTESIS.....	26
VI. JUSTIFICACIÓN.....	26
VII. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA.....	28
7.1 Descripción general de la región de Lázaro Cárdenas (Primera etapa).....	29
7.1.1. Ubicación.....	29
7.1.2. Relieve.....	29

7.1.3. Geología.....	29
7.1.4. Hidrografía.....	30
7.1.5. La zona costera.....	31
7.1.6. Importancia ecológica de la zona del delta del río Balsas.....	32
7.1.7. Clima.....	33
7.1.8. Vegetación.....	34
7.1.9. Características y uso del suelo.....	35
7.2. Zona correspondiente a la primera fase del estudio.....	35
7.3. Características del sitio.....	36
7.4. Descripción general de la región de Coahuayana (Segunda etapa).....	37
7.4.1. Ubicación.....	37
7.4.2. Relieve.....	37
7.4.3. Geología.....	38
7.4.4. Hidrografía.....	38
7.4.5. La planicie costera.....	39
7.4.6. Clima.....	39
7.4.7. Vegetación.....	39
7.4.8. Características y uso del suelo.....	41
7.5. Zona correspondiente a la fase de crecimiento en agua salobre.....	41
7.6. Características del sitio.....	42
7.7. Rasgos oceanográficos relevantes en la región del Pacífico Sur de México.....	42
VIII. MÉTODOS.....	46
8.1. Diseño metodológico.....	46
8.2. Identificación de alternativas para la colecta de los organismos.....	47
8.3. Colecta de las crías y biometría.....	48
8.4. Estabulación y cultivo en agua dulce.....	49
8.5. Mantenimiento y alimentación de los organismos.....	50
8.6. Monitoreo sanitario e identificación de la especie.....	51
8.7. Uso de la benzocaína como agente anestésico.....	51
8.8. Acondicionamiento al manejo con redes.....	52
8.9. Captura de ejemplares adultos en el mar.....	53
8.10. Cosecha al final de la primera etapa en agua dulce.....	54
8.11. Transporte de los ejemplares y aclimatación al agua salobre.....	55
8.12. Aclimatación y crecimiento en agua salobre.....	55
8.13. Monitoreo general de la calidad del agua.....	56
8.14. Resumen de la ubicación de los sitios clave del proyecto.....	56
IX. RESULTADOS.....	57
9.1. Colecta de las crías.....	57
9.2. Aclimatación y crecimiento en agua dulce.....	57
9.3. Estado sanitario e identificación de la especie.....	59
9.4. Uso de la benzocaína como agente anestésico.....	61
9.5. Acondicionamiento al manejo con redes.....	62
9.6. Captura de ejemplares adultos en el mar.....	62
9.6.1. Aclimatación al agua dulce.....	64
9.7. Cosecha y balance de la primera etapa en agua dulce.....	64
9.8. Transporte de los ejemplares y aclimatación al agua salobre.....	65
9.9. Aclimatación y crecimiento en agua salobre.....	67
9.10. Registro de la calidad del agua por fase.....	68
9.11. Balance final de sobrevivencia por fase.....	71

9.12. Referencia temporal de las distintas fases del estudio.....	72
X. DISCUSIÓN.....	74
XI. CONCLUSIONES.....	86
XII. RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS.....	94
Apéndice 1.....	101

AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Catalina Rosas Monge, Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA) del Gobierno del Estado de Michoacán, por la confianza y apoyo brindados al suscrito para enfrentar este y otros retos en un tramo significativo de mi trayectoria profesional, tanto en la Comisión de Pesca (COMPESCA) como hoy en la SUMA. Por su amable participación como directora del presente trabajo, su orientación y valiosas observaciones. Su visión y compromiso institucionales fueron determinantes para poder concretar esta iniciativa. Con mi afecto y aprecio de siempre.

A los maestros e investigadores que integraron de igual forma mi comité tutorial, Dr. Arturo Chacón Torres, M. en C. Martha Beatriz Rendón López y M. en C. Daniel Hernández Montaña, por sus valiosas sugerencias y aportaciones que han permitido de igual forma depurar y enriquecer el presente planteamiento.

Al personal académico y administrativo que participa de igual forma en la matrícula de la Maestría en Limnología y Acuicultura del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA) de la Universidad Michoacana de San Nicolás del Hidalgo (UMSNH), de manera especial al Dr. Alberto Gómez Tagle Rojas y a la M. en C. María Elena Granados.

Al Biól. Juan Antonio Pérez Hernández, Director de Integración de Cadenas Productivas de la CONAPESCA, por el respaldo en su momento al proyecto desde el ámbito federal, de igual forma por su visión y certeza de que la piscicultura marina con especies eurihalinas como los robalos constituye una promisoría vertiente productiva para los litorales de México.

Al señor Manuel Luna, propietario de la Granja Acuícola “La Mira”, en la localidad del mismo nombre, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Mich., por su apoyo desinteresado y su plena disposición para la realización de la primera fase del estudio, al facilitar espacio, tiempo y dedicación a los organismos dentro de sus instalaciones.

A los compañeros de la COMPESCA en la Región Sierra-Costa del Estado de Michoacán y de las oficinas centrales durante el período del estudio, por el importante apoyo brindado en las distintas labores y etapas del mismo.

A los pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “29 de Julio”, con sede en el Puerto de Lázaro Cárdenas, Mich., por su interés en el proyecto y su valioso apoyo en las faenas de colecta de ejemplares adultos de robalo en el mar, frente a la zona del delta del río Balsas.

A los Sres. Dámaso Diéguez Cárdenas y Daniel Oliva, de la Granja Camaronícola “Dancar del Occidente”, S.P.R. de R.L., en Boca de Apiza, municipio de Coahuayana, Mich, de igual manera por su interés y respaldo al proyecto, al facilitar instalaciones, personal y camarón vivo para la alimentación de los robalos durante la ejecución de la segunda fase del estudio.

RESUMEN

ACLIMATACIÓN AL CAUTIVERIO DEL ROBALO PRIETO, *Centropomus nigrescens* (GÜNTHER, 1864), EN ESTANQUERÍA RÚSTICA EN LA COSTA DE MICHOACÁN, MÉXICO

Biól. Sergio Escárcega Rodríguez
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH)
Correo electrónico: sergio_er56@hotmail.com

El objetivo del trabajo fue analizar y documentar la aclimatación al cautiverio del robalo prieto del Pacífico Oriental Tropical, *Centropomus nigrescens*, en estanquería rústica en la planicie costera del Estado de Michoacán, como una aportación para generar las bases para su cultivo. Se integró un primer lote de juveniles de la especie a partir de la colecta de crías en el delta del río Balsas (18° 02' 05.66" N y 102° 10' 44.93" O), en la zona limítrofe entre los estados de Michoacán y Guerrero, México, llevando a cabo dos fases de crecimiento. Una primera en agua dulce y una fase final en agua salobre a 21.8 ‰, a partir de lo cual se obtuvo información sobre la ubicación de los sitios para la colecta de los organismos, calidad del agua, condiciones en el transporte, confinamiento en estanquería rústica, identificación de la especie, alimentación, crecimiento y sobrevivencia. A partir de la colecta de 198 crías de 5-7 cm de L.T. en el brazo izquierdo del río Balsas en un período comprendido entre el mes de noviembre de 2004 a junio de 2008, se integró un lote de 29 juveniles en una fase de final de confinamiento en agua salobre en un estanque rústico en Boca de Apiza, Mich. Los resultados alcanzados muestran a *C. nigrescens* como una especie con atributos para su cultivo, entre los que se destacan la facilidad para la colecta de crías en el río Balsas, la adaptabilidad para su manejo y crecimiento en estanques de agua dulce a valores de 27.5° C, 5.38 mg/L de oxígeno disuelto, 0.2 ‰ de salinidad, pH de 8.0, 95 mg/L de alcalinidad total, 153 mg/L de dureza total y 0.051 mg/L de amonio no ionizado; la factibilidad en el uso de benzocaína a 60 mg/L para la sedación total y el manejo de los organismos, así como su adaptabilidad y resistencia al manejo con redes. Se identificó igualmente la factibilidad para la captura y aclimatación de ejemplares adultos en la zona de la desembocadura del río Balsas, el alto grado de adaptabilidad de la especie a variaciones amplias de salinidad (de 25 ‰ a 0.2 ‰ y de 0.2 ‰ a 22 ‰ en dos horas, en momentos distintos), resistencia al manejo y factibilidad para su transportación a tasas de 11.6 kg de biomasa/m³ por espacio de 5 horas a una temperatura de 27.0 ° C. Ante estas cualidades y el alto valor que logra esta especie en el mercado nacional e internacional, se considera necesario continuar con el proceso de maduración en agua salobre, valorar las condiciones de su protandrismo y maduración e integrar un lote de reproductores que permita avanzar a las etapas de reproducción, crianza y engorda, para lograr el dominio tecnológico para su cultivo.

Palabras Clave: Robalo prieto, *Centropomus nigrescens*, Pacífico Oriental Tropical, cautiverio, estanques rústicos, costa de Michoacán.

ABSTRACT**ACCLIMATIZATION TO THE CAPTIVITY OF BLACK SNOOK, *Centropomus nigrescens* (GÜNTHER, 1864), IN RUSTIC PONDS IN THE COAST OF MICHOACÁN, MÉXICO**

Biól. Sergio Escárcega Rodríguez

Institute of Investigations on the Natural Resources (INIRENA-UMSNH)

Electronic mail: sergio_er56@hotmail.com

The objective of the work was to analyze and to document the acclimatization to the captivity of the black snook of the Tropical Eastern Pacific, *Centropomus nigrescens*, in earth ponds in the coastal plain of the State of Michoacán, México, as a contribution directed toward generating the bases for its culture. A first lot of youthful was integrated of the species from the collection of fingerlings in the delta of the Balsas river (18° 02' 05.66" N and 102°10' 44.93" W), in the bordering zone between the states of Michoacán and Guerrero, Mexico, carrying out two phases of growth. A one first in fresh water and final phase in brackish water to 22 ‰, from which information was obtained on the location of the sites for the collection of the organisms, quality of the water, conditions in the transport, confinement in earth ponds, identification of the specie, feeding, growth and survival. From the collection of 198 fingerlings of 5-7 cm of T.L. in the left arm of the Balsas river in a period the month of November of 2004 between June of 2008, integrated a lot of 29 youthful ones in a phase of end of confinement in brackish water in a rustic pond in Boca de Apiza, Mich. The reached results show *C. nigrescens* as a species with attributes for its culture, between which they stand out the facility for the collection of fingerlings in the Balsas river, the adaptability for his handling and growth in ponds of fresh water to values of: 27.5° C, 5.38 mg/L of dissolved oxygen, 0.2 ‰ of salinity, pH of 8.0, 95 mg/L of total alkalinity, 153 mg/L of total hardness and 0.051 mg/L of unionized ammonium; the feasibility in the use of benzocaína to 60 mg/L for the total sedation and the handling of the organisms, and its adaptability and resistance to the handling with networks. One also identified the feasibility for the capture and acclimatization of adult organism in the zone of the mouth of the Balsas river, the high degree of adaptability of the species to ample variations of salinity (from 25.0 ‰ to 0.2 ‰ and from 0.2 ‰ to 22.0‰ in two hours, at different moments), resistance to the handling and feasibility for its transportation to rates of 11.6 kg of biomass/m³ by space of 5 hours to a temperature of 27.0 °C. Given these qualities and the high value that obtains this species in the national and international market, is considered necessary to continue with the process of maturation in brackish water, to value the conditions of its protandris and maturation and for integrating a lot of reproducers that allows to advance to the stages of reproduction, raising and gets fat, to obtain the technological dominion for its culture.

Key words: Black snook, *Centropomus nigrescens*, Tropical Eastern Pacific, captivity, earth ponds, coast of Michoacán.

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
II.1. Comportamiento de la captura del robalo en México y su participación en la producción nacional de 1998 a 2007.....	9
II.2. Épocas y zonas de veda temporales del robalo en el Golfo de México.....	11
II.3. Precios promedio al <i>mayoreo</i> de las cinco principales especies de peces en el mercado de “La Nueva Viga” en 2007.....	13
II.4. Volumen de la producción por especie en la costa de Michoacán y su participación en la producción pesquera estatal en 2007.....	15
II.5. Registro histórico de la captura del robalo en Michoacán y su participación en la producción estatal de 1998 a 2007.....	16
VIII.1. Resumen de las coordenadas de los sitios referidos en el estudio.....	56
IX.1. Resultados de las maniobras de colecta de crías.....	57
IX.2. Registro de la longitud total de las crías colectadas.....	58
IX.3. Datos merísticos de los juveniles monitoreados.....	60
IX.4. Resultados del uso de la benzocaína como agente anestésico en <i>C. nigrescens</i>	62
IX.5. Balance final de resultados de la primera etapa en agua dulce.....	65
IX.6. Resumen de los resultados alcanzados en las maniobras de transportación de los ejemplares.....	69
IX.7. Resumen del suministro de camarón vivo en la fase de agua salobre.....	70
IX.8. Registro de la calidad del agua por fase.....	71
IX.9. Intervalos de los valores registrados en los parámetros de calidad del agua.....	71
IX.10. Desglose de los índices de sobrevivencia alcanzados en las distintas fases del estudio.....	72

IX.11. Referencia temporal de las fases abarcadas en el estudio	73
X.1. Comparativo de tasas de crecimiento en el cultivo de peces marinos de importancia comercial	78

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
I.1. Tendencia histórica de la producción acuícola y pesquera en el mundo.	1
II.1. Sistemas para la reproducción de peces marinos en el Centro de Biotecnología Marina de Maryland, E.E.U.U.....	5
II.2. Robalo blanco del Atlántico, <i>Centropomus undecimalis</i>	6
II.3. Tendencia de la captura del robalo en México (1998-2007).....	9
II.4. Composición porcentual de la captura del robalo por entidad federativa en México en 2007.....	10
II.5. Comparativo de precios/kg al <i>mayoreo</i> en 2007 de las principales especies de peces en el mercado de “La Nueva Viga”, México, D.F.....	14
II.6. Tendencia de la captura del robalo en el Estado de Michoacán (1998-2007).....	17
III.1. Robalo prieto del Pacífico Oriental, <i>Centropomus nigrescens</i>	19
III.2. Posición taxonómica del robalo prieto (<i>Centropomus nigrescens</i>).....	20
III.3. Distribución de <i>C. nigrescens</i> en la región del Pacífico Oriental Tropical.....	21
III.4. Esquema del ciclo de vida de los robalos.....	22
III.5. Captura de un ejemplar de <i>C. nigrescens</i> de gran talla en La Paz, B.C.S., México.....	23
VII.1. Ubicación de la zona del estudio en la vertiente del Océano Pacífico.....	28
VII.2. Ubicación comparativa de los sitios de colecta de las crías y de aclimatación al cautiverio.....	36
VII.3. Ubicación de la Granja Acuícola “La Mira”, Lázaro Cárdenas, Mich.....	36
VII.4. Ubicación del Municipio de Coahuayana, Michoacán.....	37
VII.5. Ecorregiones terrestres de México Nivel II.....	40

VII.6.	Detalle de la ubicación de la Granja Camaronícola “Dancar de Occidente”, en Boca de Apiza, Michoacán.....	42
VII.7.	Panorámica del Pacífico desde el acantilado de “Las Brisas”, en Coahuayana, Mich.....	43
VII.8.	Regiones oceánicas de México.....	44
VII.9.	Región del Pacífico Oriental Tropical.....	44
VIII.1.	Planteamiento metodológico y secuencia de las etapas abarcadas en el estudio.....	47
VIII.2.	Zona del delta del río Balsas en las inmediaciones de los Estados de Michoacán y Guerrero, México.....	48
VIII.3.	Detalle de la ubicación del sitio de colecta de las crías de robalo en zona cercana a la cortina de la presa “La Villita”.....	48
VIII.4.	Maniobra de colecta de las crías en el brazo izquierdo del río Balsas....	49
VIII.5.	Estanques utilizados en la primera fase de confinamiento en agua dulce en la Granja Acuícola “La Mira”, Lázaro Cárdenas, Mich.....	50
VIII.6.	Secuencia del anestesiado de <i>C. nigrescens</i> en la solución de benzocaína.....	52
VIII.7.	Detalle de la disposición de las espinas de la primera aleta dorsal en <i>C. nigrescens</i>	52
VIII.8.	Ubicación del área de colecta de adultos de <i>C. nigrescens</i> en el mar frente a la zona del delta del río Balsas.....	53
VIII.9.	Esquema de una cimbra escamera de fondo o palangre.....	54
IX.1.	Especies representativas de la fauna acuática de la Cuenca Baja del río Balsas.....	59
IX.2.	Longitud comparativa y proporción de la segunda espina de la aleta anal con respecto a la base de aleta caudal en <i>C. nigrescens</i>	60
IX.3.	Altura comparativa de la tercera y cuarta espinas de la primera aleta dorsal y proporción del espacio interorbitario en <i>C. nigrescens</i>	61
IX.4.	Maniobras de redeo en el estanque de confinamiento final de los robalos en La Mira.....	63

IX.5.	Faena de recuperación de la cimbra escamera en el mar frente al delta del río Balsas.....	63
IX.6.	Secuencia de la colecta y transporte de ejemplar hembra de <i>C. nigrescens</i>	64
IX.7.	Secuencia de la cosecha de los robalos al final de la fase en agua dulce.....	65
IX.8.	Trasporte de los ejemplares y siembra en el estanque de Boca de Apiza.....	66
IX.9.	Recambio de agua en el transportador para la aclimatación al agua salobre antes de proceder a la siembra de los organismos.....	67
IX.10.	Aspecto del estanque receptor en Boca de Apiza y siembra de los ejemplares.....	67
IX.11.	Aspecto sobre el monitoreo de la calidad del agua en el segundo viaje de traslado de los organismos.....	70
X.1.	Mosaico de especies de peces marinos en fase de cultivo experimental y comercial en América Latina y el Caribe.....	77
X.2.	Siembra en el estanque de La Mira de la hembra de <i>C. nigrescens</i> capturada en el mar.....	80
X.3.	Proliferación de algas filamentosas en el estanque de cultivo en la fase final de crecimiento en agua salobre	84
A.1.1.	Planteamiento para el impulso de la piscicultura marina en el Pacífico Sur de México.....	103

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en el mundo ha alcanzado en los últimos años una mayor importancia en cuanto a su aportación a la producción pesquera global y se ha constituido paulatinamente en una respuesta eficaz al deterioro que enfrentan más de 60% de los 200 caladeros más importantes del planeta (SEMARNAP, 2000 *b*).

Cifras oficiales recientes refieren que la aportación de la acuicultura en el mundo, de más de 59 millones de toneladas en 2004, abarcó el 42% de la producción pesquera total, la cual fue de 140.5 millones de toneladas para ese año, resaltando el caso de la República Popular China, nación que contribuye con el 70% de la producción acuícola mundial, con una aportación de 41.3 millones de toneladas (Figura I.1.).

El cultivo de peces marinos de importancia comercial en México es en este momento una actividad incipiente pero con un amplio potencial de desarrollo, lo que constituye una necesidad inaplazable el impulsar su crecimiento. Los casos de engorda que se reportan en el país son realmente aislados y se refieren al nivel experimental o al piloto-comercial, con la obtención de crías del medio natural, no existiendo hasta el momento una oferta masiva de crías a partir de sistemas controlados.

En este sentido el potencial de crecimiento de la piscicultura marina en México es relevante, considerando la disponibilidad de 11,593 km de litoral, 231,813 km² de mares territoriales y de 2'946,825 km² de Zona Económica Exclusiva, con una disponibilidad aproximada de 1.5 millones de hectáreas de lagunas costeras, esteros y bahías con

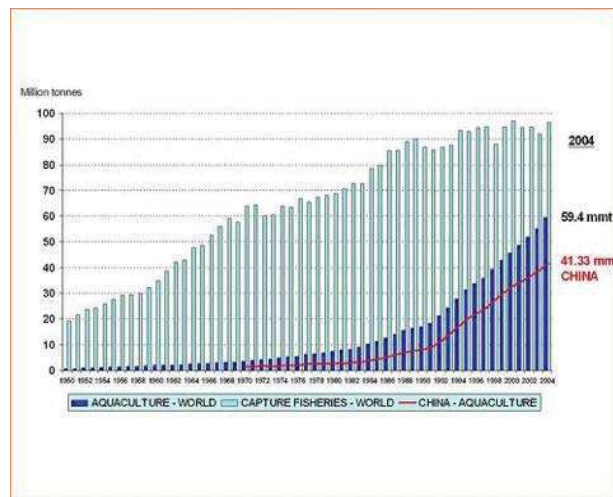


Figura I.1. Tendencia histórica de la producción acuícola y pesquera en el mundo (Tomado de Albert G.J. Tacon & Matthias Halwart, 2007).

condiciones adecuadas para el desarrollo de esta actividad; además de la existencia de una amplia variedad de peces tropicales y subtropicales de alto valor comercial en el mercado nacional e internacional con atributos para su cultivo (Escárcega, 2005).

Dentro de esta gama se destacan las especies eurihalinas, por su adaptabilidad a notables fluctuaciones ambientales, su potencial de cultivo en distintos gradientes de salinidad en el agua y por su importancia económica, mismas que presentan una amplia distribución en las aguas tropicales de ambas costas del continente americano, como el robalo (*Centropomus* spp.), la corvina (familia Sciaenidae), la mojarra (familia Gerreidae), el pámpano (*Trachinotus* spp.), el pargo (*Lutjanus* spp.) y el lenguado (Familias Bothidae/Paralichthyidae, Achiridae y Cynoglossidae).

Dentro de estos peces eurihalinos, destaca el caso del robalo, el cual, además de su tolerancia a condiciones ambientales contrastantes, posee otras cualidades importantes para su cultivo, como son su rápido crecimiento, su elevado índice de fecundidad, su adaptación al consumo de piensos artificiales y su indudable aceptación en el mercado. En México es el pez marino de mayor demanda y valor en el mercado nacional. No obstante estos atributos, no se tiene hasta el momento en nuestro país el dominio tecnológico sobre su cultivo en ciclo completo a escala comercial.

Por otra parte, en lo que respecta a su importancia como pesquería, es de destacarse que es poco significativa. En el contexto nacional los robalos en su conjunto comprenden tan solo el 0.57 % de la producción pesquera total y el 0.158% de la producción estatal (CONAPESCA, 2007). La Carta Nacional Pesquera los incluye dentro de la pesquería de *peces marinos de escama*, la cual constituye en este momento un recurso en el límite su aprovechamiento máximo sostenible, por lo que las expectativas de crecimiento de los volúmenes actuales de su captura son evidentemente reducidas.

Entre las 12 especies de robalo presentes en los litorales del continente americano (FishBase, 2009b) se destaca el robalo prieto de la región del Pacífico Oriental Tropical (*Centropomus nigrescens*), especie que logra la mayor de las tallas entre los robalos americanos (más de 26 kg de peso) y que tiene una presencia usual en los ríos de la vertiente del Pacífico mexicano; lo que habla de su tolerancia a amplias variaciones de salinidad y temperatura. Sin embargo, no se tiene la tecnología para su cultivo. Incluso las referencias existentes sobre su biología en el contexto internacional son escasas, lo

que la hace una de las especies de mayor interés para generar el conocimiento necesario para lograr su producción en sistemas controlados, considerando las cualidades para el cultivo que presentan este grupo de especies.

En este sentido, una vez perfilado el problema a atender, la finalidad del presente trabajo es contribuir al desarrollo tecnológico para el cultivo de *C. nigrescens* y de la piscicultura marina en nuestro país, y su propósito inmediato es analizar y documentar, por vez primera en México, las primeras pruebas de su aclimatación al cautiverio en estanquería rústica en agua dulce y agua salobre en la planicie costera del Estado de Michoacán, a partir de la colecta de crías y ejemplares adultos del medio natural, como una aportación para generar las bases para su cultivo.

Para llevar a cabo el estudio se estableció un diseño metodológico para cumplir con el propósito del mismo, que incluyó, entre otros aspectos, la ubicación de los sitios con presencia de crías y ejemplares adultos de robalo en la zona del delta del río Balsas, en las inmediaciones de los estados de Michoacán y Guerrero, México; la identificación y el acuerdo con los propietarios de las granjas acuícolas comerciales para la estabulación y cuidado de los organismos, la colecta de los mismos en el medio natural, la alimentación en agua dulce, el uso de benzocaína como agente anestésico para la manipulación y la identificación de la especie; el transporte y la aclimatación final en agua salobre.

Finalmente, es de destacarse que a partir de los resultados alcanzados se desprende que *C. nigrescens* es una especie con atributos para su cultivo, dada la factibilidad de su aclimatación al cautiverio, crecimiento y manejo en estanquería rústica en agua dulce y en agua salobre; además de la facilidad para la colecta de crías en el medio natural, su adaptabilidad al manejo con redes y su notable capacidad de homeóstasis para adaptarse a cambios rápidos de salinidad en el agua, entre otras cualidades.

El presente estudio forma parte de la acción: "Evaluación de un nuevo concepto biotecnológico para el alevinaje y crianza de robalo (*Centropomus nigrescens*) en estanquería rústica en la Costa de Michoacán", promovida por la Comisión de Pesca (COMPESCA) del Gobierno del Estado de Michoacán, en el marco de la administración correspondiente al período 2002-2008, con la coparticipación de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) del Gobierno Federal, dentro del programa de la Alianza para el Campo 2005.

II. ANTECEDENTES

2.1. Panorama mundial de la piscicultura marina

Se considera que la piscicultura marina es una actividad relativamente nueva, cuyos inicios se registran en los años sesenta del siglo pasado, cuando se desarrollaron las técnicas para la producción de huevos, larvas y juveniles de *Pagrus major* en el Japón (Ikenoue y Kafuku, 1992).

En la actualidad se tienen avances importantes en el cultivo de peces marinos, ya que se han desarrollado sistemas para mantener los organismos en condiciones de cautiverio, manejando su reproducción y crecimiento hasta que alcanzan la talla comercial. En la zona del Mediterráneo se reportan 50 centros de alta tecnología productores de semilla de dorada (*Sparus auratus*) y de lubina (*Dicentrarchus labrax*) a gran escala, con una producción promedio anual en los últimos años que supera los 65 millones de semillas, crías que alcanzan un alto precio en el mercado de aquella región.

Por otra parte, en el Japón se desarrollan los ranchos marinos o pesquerías de cultivo, en los que participan 400 mil personas, entre pescadores y acuicultores. En dichos sistemas se ha avanzado en las técnicas de cultivo para 86 especies, que incluyen peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y algas, mismas que aportan hasta el 30% de la producción pesquera de aquella nación.

De igual forma, países como Corea, Taiwán, Noruega, España, Reino Unido, varios de la región del Mediterráneo y en los Estados Unidos, realizan la producción masiva de crías de peces marinos por medio de sistemas altamente tecnificados (Figura II.1), tanto para la acuicultura intensiva, como para la extensiva, con la finalidad de producir biomasa con fines comerciales (acuicultura y captura) y de conservación ecológica (Pérez, 1997).

Respecto a los robalos americanos de la vertiente del Atlántico, particularmente con *Centropomus undecimalis* y *C. parallelus*, Muhlia, et al. (1994) mencionan que países como Brasil, México, Colombia y Venezuela han realizado pruebas de engorda de juveniles en estanquería rústica del tipo que se utiliza en el cultivo del camarón.

La especie de robalo más estudiada en el continente americano con fines de cultivo es el robalo blanco del Atlántico, *C. undecimalis* (Tucker, 1987, 1989; Roberts, 1987), con una distribución que comprende el Golfo de México, desde Carolina del Norte, EEUU, hasta Río de Janeiro, Brasil.



Figura II.1 Sistemas para la reproducción de peces marinos en el Centro de biotecnología marina de Maryland, E.E.U.U. (www.treehugger.com/fishfarm.jpg)

Autores como Roberts (1987), Shafland y Koehel (1979) y Lau y Shafland (1982) refieren que el robalo blanco (Figura II.2) es factible cultivarlo en ciclo completo, obteniendo reproductores del medio natural, logrando su maduración y reproducción controlada en condiciones de laboratorio, produciendo crías y juveniles para su engorda o para fines de repoblación.

En el contexto mundial destacan los avances logrados por naciones como Tailandia, Taiwán y Australia en el cultivo del robalo del Indo-Pacífico, el “barramundi”, *Lates calcarifer*¹, en ciclo completo y a escala comercial, cuya producción vía acuicultura ha ido en continuo crecimiento en los últimos años, registrándose una producción en 2006 de 31,909 toneladas en aquella región (FAO, c2007-2008).

2.2. La piscicultura marina en México

La piscicultura marina se inicia en México a finales de la década de los ochenta del siglo XX, con los primeros estudios realizados sobre la engorda del pámpano (*Trachinotus paitensis*) en jaulas flotantes, por parte del Departamento de Acuicultura de la entonces Delegación de Pesca en Baja California Sur, y posteriormente con estudios del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), sobre huevos y larvas de ocho especies de peces marinos.

¹ De manera reciente se agrupó a *L. calcarifer* dentro de la familia Latidae, grupo taxonómico que se encuentra muy emparentado con la familia Centropomidae. De hecho, hasta antes de 2004, a todo este tipo de percas gigantes se les agrupaba como centropómidos. Constituyen grupos taxonómicos con una filogenia común y hábitos biológicos muy similares; además de que comparten un alto valor comercial y atributos para su cultivo (FishBase, 2010).



Figura II.2. Robalo blanco del Atlántico, *Centropomus undecimalis* (research.myfwc.com).

Posteriormente, a partir de 1990 el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-La Paz) se vincula a este esfuerzo con estudios sobre la adaptación al cautiverio y algunas experiencias preliminares para el cultivo de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) y de algunos pargos (*Lutjanus argentiventris*, *L. aratus*, y *L. peru*).

Con respecto a la cabrilla arenera, se han realizado distintas pruebas sobre su reproducción, alevinaje y crecimiento en cautiverio. Para el caso de las especies de pargo mencionadas y a partir de la captura de juveniles del medio natural, se llevaron a cabo experiencias de crecimiento y adaptación al cautiverio en jaulas flotantes en Bahía Falsa, Baja California Sur a bajas densidades (7 organismos/m³ como máximo) y con el empleo de dietas húmedas, encontrando tasas de sobrevivencia y de crecimiento adecuadas (Avilés, 1997).

De manera reciente diversas instituciones de investigación del país se han sumado a este importante esfuerzo para la adecuación de la tecnología para el cultivo de peces marinos, con especies como las ya mencionadas y de otras como el pargo lunarejo o flamenco (*Lutjanus guttatus*), la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), las corvinas *Cynoscion parvipinnis*, *Atractoscion nobilis* y *Sciaenops ocellata*, esta última del Golfo de México.

Otras especies de importancia comercial que están siendo objeto de estudio con fines acuaculturales son el robalo blanco del Atlántico (*C. undecimalis*), el pámpano (*Trachinotus carolinus* y *T. falcatus*), los lenguados (*Paralichtys californicus* y *P.*

woolmani), el botete (*Sphoeroides annulatus*), el guachinango del Golfo (*Lutjanus campechanus*), el mero (*Epinephelus morio*) y el boquinete, *Lachnolaimus maximus* (Avilés, 2000).

2.3. Avances en el cultivo del robalo en el país y situación de *Centropomus nigrescens*

Para el caso del robalo no se han realizado pruebas de producción de crías a escala comercial, las que se han implementado en la vertiente del Golfo de México son básicamente de engorda en lapsos de seis meses a un año a partir de juveniles obtenidos del medio natural y algunas de producción de crías a nivel experimental. Los trabajos realizados con *C. undecimalis* se tienen principalmente en el Estado de Campeche, sobre crecimiento en estanques de concreto. Los resultados alcanzados han mostrado también la factibilidad del manejo del robalo en la acuicultura, donde se han logrado tasas altas de crecimiento y factores de conversión alimenticia adecuados.

Pruebas sobre la engorda de *C. undecimalis* en estanques circulares de concreto realizadas por la Facultad de Ciencias de la UNAM, en Campeche, a partir de la recolección de juveniles silvestres, han mostrado resultados aceptables, con un crecimiento de mas de 0.3 kg en seis meses de cultivo.

Es importante destacar que en la actualidad la engorda del robalo ha crecido de tal manera en el sureste de México, que ya se presenta en esta zona una demanda comercial de juveniles, mismos que son capturados en el medio natural (Sánchez, *et al.*, 2002). Esta situación refuerza la necesidad de lograr en el corto plazo el dominio tecnológico de su crianza para abastecer por medios controlados a un mercado en crecimiento en cuanto a venta de crías y contener a tiempo una amenaza potencial para la sustentabilidad de este importante recurso, patrimonio natural de nuestro país y, en este caso, de la región oceánica del Atlántico Occidental Tropical del planeta.

Bajo este enfoque, en la actualidad la Facultad de Ciencias de la UNAM, a través la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de Sisal, Yucatán, avanza en la investigación para el desarrollo tecnológico del cultivo de especies marinas del Golfo de México de alto valor comercial, como el robalo (*C. undecimalis*), el pulpo y el camarón.

De igual forma, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), con la injerencia de su Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA), a través del presente estudio promueve el desarrollo tecnológico para el cultivo de robalo prieto del Pacífico Oriental Tropical (*Centropomus nigrescens*) en la costa del Estado de Michoacán.

Situación de *C. nigrescens*

Es preciso señalar que hasta el momento en México no se conocen referencias sobre el cultivo de *C. nigrescens*. Incluso en la región del Pacífico Oriental, que comprende la costa tropical occidental de América, solo se tiene referencia hasta el momento de una prueba sobre su reproducción inducida en el Ecuador, con la captura de reproductores del medio natural, 8 hembras y 5 machos, obteniendo resultados desfavorables que registraron un porcentaje promedio de fertilización de los óvulos de tan solo 0.7%, asociado al uso de ejemplares de edad avanzada (Carvajal, 1997).

Por otra parte, la información específica sobre aspectos de su biología es escasa, refiriéndose solo a su taxonomía, distribución, hábitat y nicho ecológico, ciclo de vida, y a las tallas que alcanza; desconociéndose lo referente a su maduración, características de su protandrismo (condiciones y momentos en los que cambian de sexo, de machos a hembras), reproducción, desove, desarrollo embrionario y larval; entre otros aspectos (FishBase, 2009a). En este sentido, el análisis realizado en el presente trabajo para la parte de aclimatación al cautiverio de crías colectadas en el medio natural y la formación de un lote de futuros reproductores, constituye en este momento de las primeras referencias sobre el tema en México y en la región del Pacífico Oriental Tropical.

2.4. La producción de robalo en México

La producción de robalo en México es obtenida hasta el momento exclusivamente por captura. El registro histórico de 1998 a 2007 (Tabla II.1.) ha mostrado un comportamiento a la alza, con un intervalo absoluto de las 4,759 (1998) a las 9,750 toneladas (2003) y una tendencia general al incremento, logrando en 2003 el nivel histórico de producción más alto (Figura II.3.). En la Tabla II.1 se presenta la aportación porcentual por año en la producción pesquera nacional durante el período considerado.

Tabla II.1. Comportamiento de la captura del robalo en México y su participación en la producción nacional de 1998 a 2007 (Miles de toneladas).

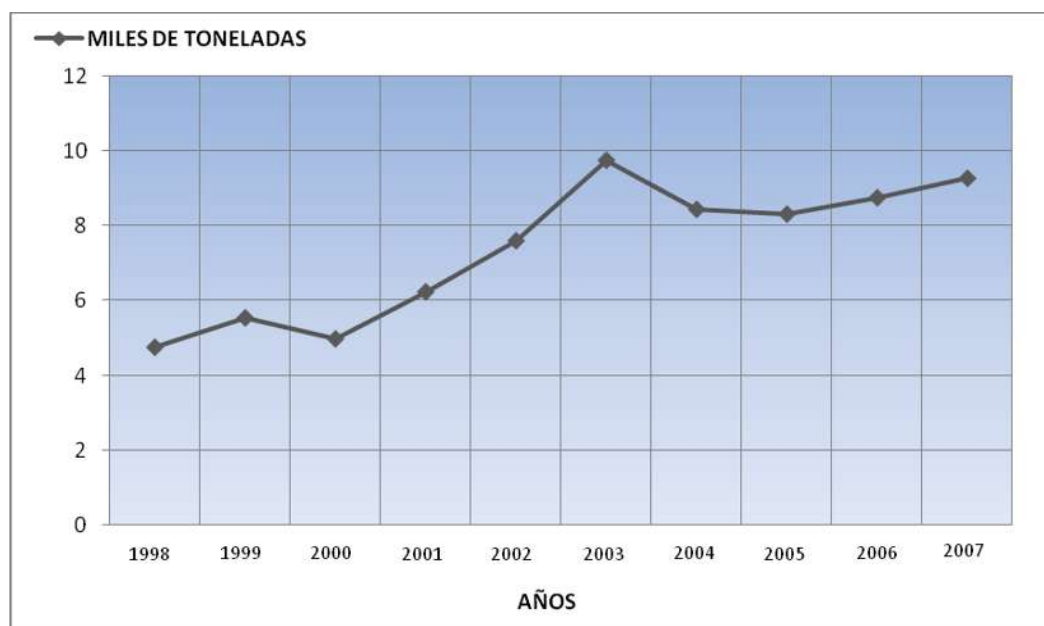
Años	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Robalo	4.759	5.545	4.983	6.238	7.601	9.750	8.439	8.313	8.751	9.269
Prod. Nal.	1,233.3	1,286.1	1,402.9	1,520.9	1,554.5	1,565.0	1,483.2	1,458.2	1,531.5	1,616.9
%	0.39	0.43	0.36	0.41	0.49	0.62	0.57	0.56	0.57	0.57

Fuente: Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2007 (CONAPESCA, 2007).

En 2007 ocupó la posición número 21 en la producción nacional, en la que abarcó tan solo 0.57% de la producción pesquera total (1'616,944 ton) y 2.21% del valor total de la misma para ese año (16,682 millones de pesos). Toda la producción de robalo en México se canaliza hasta el momento al mercado nacional (CONAPESCA, 2007).

2.4.1. Producción acuícola

Hasta el momento no existen registros oficiales de la producción de robalo por acuicultura en México. Como ya ha sido expresado, el desarrollo acuícola de este grupo de especies, como el de otros peces marinos, es aún incipiente en nuestro país. No obstante, se presenta a continuación información complementaria sobre algunos aspectos de su participación en los registros nacionales e internacionales.

**Figura II.3.** Tendencia de la captura del robalo en México (1998-2007) (A partir del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. CONAPESCA, 2007).

2.4.2 Participación de los estados en la producción nacional

Las entidades federativas que lograron los mayores volúmenes de captura de robalo en México en 2007 fueron Tabasco (36%), Campeche (21%), Veracruz (20%) y Nayarit (9%), que en su conjunto abarcaron 85% de la producción nacional de robalo en los litorales del país (Figura II.4.), con una captura de 7,834 toneladas (CONAPESCA, 2007).

Esto se explica por la amplia disponibilidad de ríos y zonas estuarinas que poseen particularmente las entidades referidas del Golfo de México, mismas que están abarcando el 81% de la captura nacional de dicha especie y evidencia la estrecha relación que guarda este grupo de especies con los sistemas estuarinos.

2.5. Participación del robalo en la producción mundial

En el contexto global, de acuerdo a las estadísticas oficiales disponibles de la FAO para 2006, la producción acuícola y la captura de robalo no alcanzan a figurar en lo específico en los registros mundiales.

En lo que respecta a su participación dentro de la acuicultura, el robalo se comprendió dentro del rubro de *otras especies* (sin que se pueda deducir el dato preciso de producción), con un registro inferior a las 244,091 toneladas para ese año, nivel productivo registrado para la lisa (*Mugil cephalus*), que ocupó la posición número 29 en el contexto de la producción acuícola mundial para ese año.

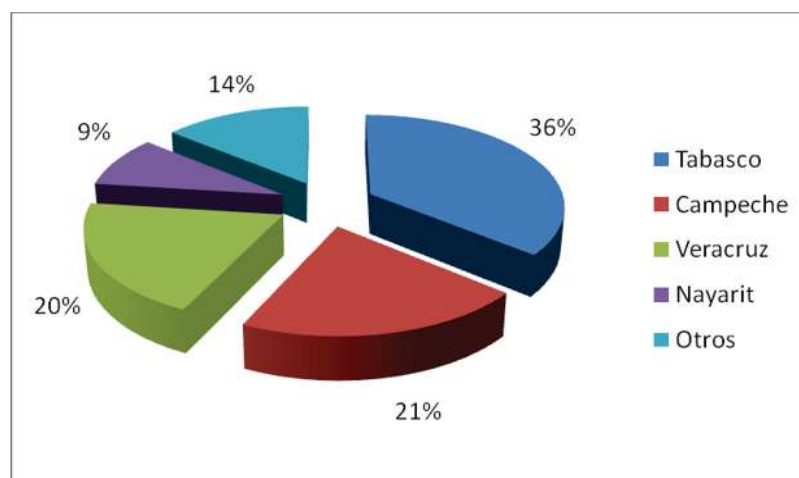


Figura II.4. Composición porcentual de la captura del robalo por entidad federativa en México en 2007 (A partir de Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. CONAPESCA, 2007).

En lo referente a la captura, de igual forma no llega a figurar dentro de las 72 principales especies pesqueras que comprenden 51% de la captura mundial (92 millones de toneladas) y su captura queda incluida dentro de la categoría de *otras especies* (FAO, 2006).

No obstante, se tienen reportes de que el cultivo del robalo asiático, conocido regionalmente como “barramundi” (*L. calcarifer*), superó las 30,000 toneladas en 2006, siendo el mayor productor Tailandia, nación que abarcó el 33% de la producción mundial total de dicha especie (FAO, c2007-2008).

Comparando esta información con la contribución de la pesca del robalo en México, se observa que hasta el momento la participación de este grupo de especies en la producción pesquera total es igualmente muy reducida, lo que explica el alto valor que alcanzan en el mercado nacional e internacional por la calidad de su carne y limitada oferta.

2.6. Situación de la pesquería del robalo en México

En la actualidad las únicas regulaciones para la pesquería del robalo se tienen respecto a la veda temporal que está establecida para el robalo prieto (*Centropomus poeyi*) y el blanco (*C. undecimalis*) del Golfo de México (Tabla II.2.), mismas que se encuentran señaladas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) desde 1994 (CONAPESCA, 2007). No hay medidas regulatorias para las especies de robalo de la vertiente del Pacífico. Como puede apreciarse en la Tabla II.2., para ambas especies se marcan dos períodos de veda en las zonas especificadas en dicha tabla, mismas que se aplican año con año.

Tabla II.2. Épocas y zonas de veda temporales del robalo en el Golfo de México.

Nombre	Nombre científico	Area	Inicio	Término
Robalo blanco	<i>Centropomus undecimalis</i>	Zona A: Desde la Barra de Soto la Marina, Tamps., hasta la Barra de Chachalacas, en Úrsulo Galván, Ver.	15 de mayo	30 de junio
Robalo prieto	<i>C. poeyi</i>	Zona B: Desde la Barra de Chachalacas, Ver., hasta la Barra de Tonalá, ubicada en los límites de los Estados de Veracruz y Tabasco.	01 de julio	15 de agosto

Fuente: Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2007 (CONAPESCA, 2007).

Por otra parte, la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2004), documento marco para la regulación de la actividad pesquera y acuícola en el país, contempla a los robalos dentro de la categoría de *peces marinos de escama*, en la que figuran precisamente una amplia variedad de especies de peces tropicales de importancia comercial, como el pargo, el huachinango, el robalo, la corvina, el pámpano, el lenguado, la lisa, el peto y el sargo, por mencionar solo algunas de las especies más conocidas.

Bajo este criterio de *peces marinos de escama*, todas las especies incluidas en esta categoría son consideradas en México como una pesquería en su nivel máximo de aprovechamiento en los litorales del país, tanto del Océano Pacífico como del Golfo de México y Mar Caribe. En este sentido, atendiendo un criterio precautorio, esto significa que no podrán ser otorgados nuevos permisos o concesiones para su captura comercial, salvo por sustitución o mediante un dictamen técnico favorable del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA); por lo que las expectativas de crecimiento de los volúmenes actuales de producción de robalo por captura son evidentemente reducidas.

De igual forma, para propiciar el aprovechamiento sustentable y la conservación del recurso este mismo instrumento establece las siguientes recomendaciones:

- La realización de estimaciones precisas de la flota ribereña asociada a sistemas estuarinos y ríos que incide sobre las poblaciones de robalo.
- La formalización de acuerdos regionales existentes entre usuarios para establecer vedas temporales para proteger la temporada reproductiva, periodo que coincide con las máximas capturas; y
- Contener el deterioro en humedales con vegetación de mangle, hábitat crítico dentro del ciclo de vida de los robalos y de un gran número de especies marinas.

Por otra parte, señala también que la tendencia prevaleciente de la disminución de las capturas por unidad de esfuerzo en el litoral del Pacífico, así como la desaparición de individuos mayores a 70 cm de longitud total (LT) en el robalo blanco, *Centropomus viridis*, indican la necesidad de limitar el esfuerzo pesquero por regiones, en particular en la costa nayarita y sinaloense. Los estudios efectuados en Sinaloa y Nayarit para dicha especie sugieren establecer una talla mínima de captura, así como el uso de redes de enmalle con una luz de malla mínima de 5 pulgadas. Estas medidas de manejo para *C. viridis* se recomiendan en los estados del Pacífico Centro, hasta Michoacán (DOF, 2004).

Esta situación de la captura del robalo en su nivel máximo de aprovechamiento para los litorales del país, abre y determina la búsqueda de su aprovechamiento acuacultural, situación que se presenta en gran parte de las principales pesquerías, no solo del país, sino también del planeta.

2.7. Importancia en el mercado

2.7.1. Nacional

Del análisis de la tendencia de los precios al mayoreo de las cinco especies de peces de mayor valor en el mercado de “La Nueva Viga” de la Ciudad de México, D.F., el más importante de pescados y mariscos del país, y que se resume en la Tabla II.3., se desprende que las especies de mayor cotización en el mismo en 2007 en presentación fresco y congelado son el robalo (*Centropomus* spp.) y el guachinango del Golfo (*Lutjanus campechanus*). Les siguen en importancia el mero (Familia Serranidae), el pámpano (*Trachinotus* spp.) y la sierra (*Scomberomorus maculatus*) (Figura II.5.). El robalo a la fecha, en el mercado de la ciudad de Morelia, Mich., por ejemplo, en temporada normal se cotiza al menudeo a \$120.00/kg en presentación fresco-
eviscerado², superando en valor al resto de las especies mencionadas.

La calidad, consistencia y sabor de su carne, aunado a una escasa oferta determinan su elevada demanda y cotización en el mercado nacional. Esta información refuerza la importancia de los robalos como especies elegibles para la acuicultura, ya que constituyen el grupo de peces de mayor valor en el mercado nacional, lo que se suma a los atributos biológicos que poseen para su aprovechamiento acuícola.

Tabla II.3. Precios promedio al mayoreo de las cinco principales especies de peces en el mercado de “La Nueva Viga” en 2007.

Especie	Precio/kg
Robalo	\$89.85
Guachinango del Golfo	\$85.44
Mero	\$71.34
Pámpano	\$56.52
Sierra	\$40.42

Fuente: A partir de Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2007 (CONAPESCA, 2007).

² Precio que prevalece en la mayor parte de las ciudades del interior del país.

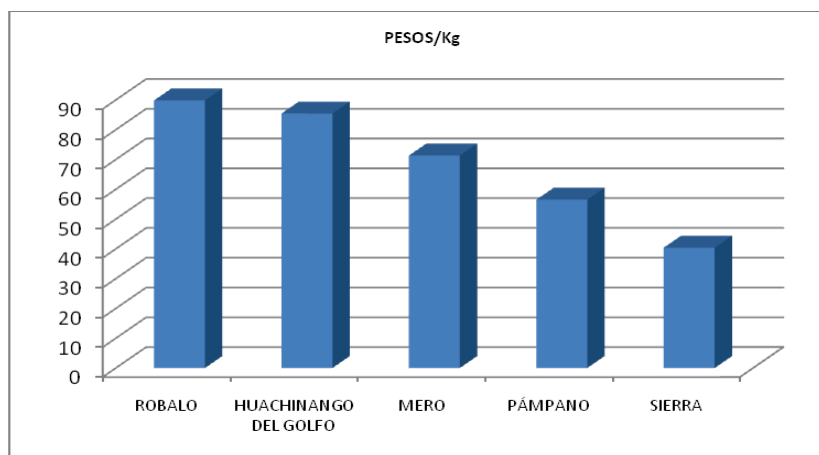


Figura II.5. Comparativo de precios/kg al *mayoreo* en 2007 de las principales especies de peces en el mercado de “La Nueva Viga”, México, D.F. (A partir del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. CONAPESCA, 2007).

2.7.2. Internacional

En lo que respecta al mercado internacional, en Australia por ejemplo, el robalo asiático (*L. calcarifer*) alcanza en este momento un precio de 15.00 AUD (Dólares Australianos)/kg (un equivalente aproximado actual de 175 pesos mexicanos, al tipo de cambio al 7 de julio de 2010); lo que hace a los robalos un recurso altamente competitivo también en el mercado internacional.

2.8. Importancia del robalo en el ámbito local

2.8.1. Panorama de la actividad pesquera en la región

La pesca en la zona del delta del río Balsas, y en general en la costa michoacana, es una actividad tradicional que se ejerce especialmente en los esteros y desembocaduras de los ríos. De manera reciente, bajo la influencia de pescadores guerrerenses y de programas gubernamentales de promoción, esta actividad se practica de igual forma en el litoral. Se trata de pesquerías ribereñas cuya unidad básica de esfuerzo pesquero esta compuesta por una embarcación menor de fibra de vidrio con una capacidad inferior a 10 ton, equipada con motor fuera de borda y hasta con cuatro pescadores, utilizando red de emalle o atarraya, o chinchorro playero, líneas de mano o palangres (DOF, 2004). Aunque los pescadores se encuentran formalmente organizados en cooperativas, la pesca es individual. Las pesquerías en la zona son típicamente multiespecíficas y con frecuencia aportan volúmenes de captura por especie relativamente bajos (Tabla II.4.).

En la zona del delta del río Balsas se refiere la captura comercial de 111 especies de peces, cinco de crustáceos y cinco de moluscos (CIBNOR, 1995; en Toledo y Bozada 2002). Es de destacarse que la contribución de la pesca comercial de especies marinas en la costa michoacana, respecto a la estatal, es extremadamente baja. La aportación porcentual de las principales especies marinas en la producción pesquera estatal en 2007 se presenta en la Tabla II.4. Como puede apreciarse, el volumen total de la producción en el litoral del Estado para especies que tuvieron aviso de arribo para ese año, de 987 ton, representa apenas del 4.3 % de la producción pesquera y acuícola total lograda en la entidad para ese año, la cual fue de 22,727 ton (CONAPESCA, 2007). El diferencial con respecto al volumen total corresponde a la producción pesquera y acuícola en aguas continentales, la cual abarcó un total de 19,216 ton (84.6% de la producción estatal) y a las estimaciones que se aplican en la estadística oficial para referir los rubros de *otras especies* y *otras sin registro oficial*, las cuales estimaron para ese año un volumen de 2,524 ton (11.1% de la producción estatal).

Tabla II.4. Volumen de la producción por especie en la costa de Michoacán y su participación en la producción pesquera estatal en 2007.

Especie	Nombre científico/ Grupo taxonómico	Producción (ton)	% de aportación
Bagre bandera	<i>Bagre</i> spp.	13	0.057
Baqueta	<i>Epinephelus</i> spp.	1	0.004
Camarón	<i>Litopenaeus</i> spp.	9	0.040
Cazón	Triakidae/ <i>Mustelus</i> spp.	27	0.119
Guachinango	<i>Lutjanus</i> spp.	291	1.280
Jaiba	<i>Callinectes</i> spp.	1	0.004
Jurel	<i>Caranx</i> spp.	142	0.625
Langosta	<i>Panulirus</i> spp.	37	0.163
Lenguado	Familias: Bothidae/Paralichthyidae, Achiridae y Cynoglossidae	3	0.013
Lisa	<i>Mugil</i> spp.	27	0.119
Mero	<i>Epinephelus itajara</i>	10	0.044
Ostión	<i>Crassostrea</i> spp.	16	0.070
Pámpano	<i>Trachinotus</i> spp.	8	0.035
Pargo	<i>Lutjanus</i> spp.	95	0.418
Pulpo	<i>Octopus</i> spp.	4	0.018
Raya	Elasmobranchii/Batoidei	45	0.198
Robalo	<i>Centropomus</i> spp.	36	0.158
Ronco	Familia: Haemulidae	62	0.273
Sierra	<i>Scomberomorus</i> spp.	109	0.480
Tiburón	Elasmobranchii/Carcharhiniiformes	51	0.224
Totales:		987	4.343%

Nota: La Carta Nacional Pesquera considera al langostino (*Macrobrachium* spp.) como una pesquería de agua dulce.

Fuente: A partir del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2007 (CONAPESCA, 2007).

Por otra parte, la situación socioeconómica de los pescadores ribereños de la zona, no dista de la que prevalece en los contextos sociales y culturales en la región del Pacífico Sur de México y en otras partes de los litorales del país: un bajo nivel escolar de la mayoría de los pescadores, falta de infraestructura adecuada para realizar sus actividades y procesar sus productos (sólo algunas organizaciones cuentan con los equipos adecuados y con sistemas de refrigeración) y carencia de canales adecuados de comercialización (lo que hace a los pescadores dependientes de acaparadores), situación que ha impedido ampliar el marco espacial de sus actividades mar adentro y a gran escala (Toledo y Bozada, 2002), para incidir sobre recursos pelágicos y demersales con potencial de desarrollo en aguas oceánicas y en zonas mas profundas. En este sentido, se hace necesario establecer de manera paralela alternativas productivas sustentables como la acuicultura, que contribuyan de manera efectiva al desarrollo regional, al mejoramiento de los niveles de ingreso y bienestar de los pescadores ribereños, así como a la conservación de los recursos pesqueros de las zonas costeras.

2.8.2. Participación del robalo en la producción pesquera estatal

Considerando el mismo período referido para el contexto nacional (1998-2007), los registros de captura de robalo en el Estado de Michoacán han mostrado de igual forma un comportamiento similar, con un intervalo absoluto de las 9 toneladas como registro mínimo (1998) a las 36 ton como valor máximo alcanzado en 2007 (Tabla II.5.), con una clara tendencia al incremento (Figura II.6.), en comparación con el comportamiento observado a escala nacional, de lo que se desprende que la captura se cuadruplicó en un período de 10 años, con una tasa de crecimiento anual promedio de 17.32% (Tabla II.5).

Tabla II.5. Registro histórico de la captura del robalo en Michoacán y su participación en la producción estatal de 1998 a 2007 (Toneladas).

Años	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Robalo	9	10	15	16	18	22	23	26	33	36
Prod Estatal	19,444	18,288	20,665	21,154	21,871	22,824	26,509	23,010	23,998	22,727
%	0.046	0.055	0.073	0.076	0.082	0.096	0.087	0.113	0.138	0.158
% Increm Anual^{a/}		11.1	50.0	6.6	12.5	22.2	4.5	13.0	26.9	9.1

^{a/} Con respecto a la producción de robalo. Lo que arroja en promedio una tasa de crecimiento anual de 17.32%.
Fuente: A partir del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2007 (CONAPESCA, 2007).

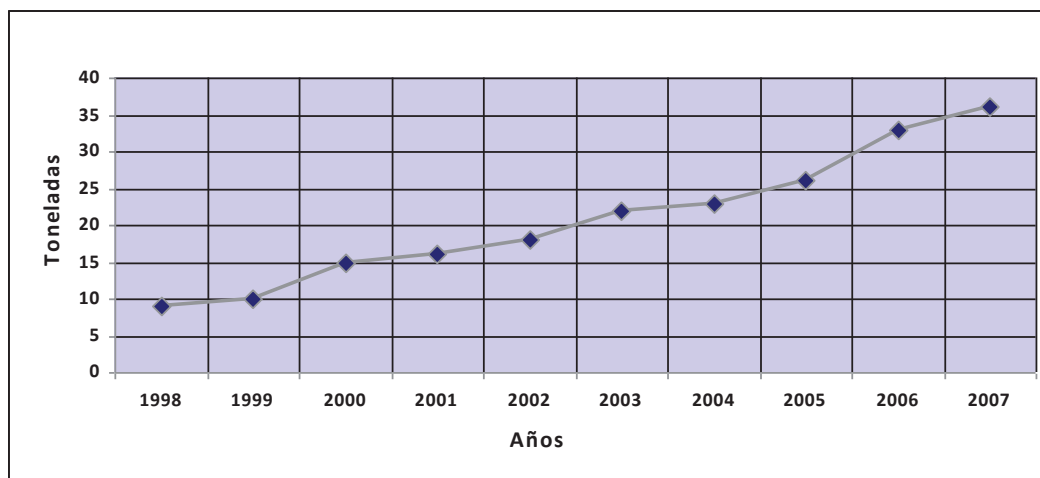


Figura II.6. Tendencia de la captura del robalo en el Estado de Michoacán (1998-2007) (A partir del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. CONAPESCA, 2007).

No obstante, en proporción, su aportación en la producción pesquera estatal es mucho menor a la que presenta el robalo en la producción nacional. De hecho, en el histórico de producción total por entidad federativa del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA, 2007), en el caso de Michoacán se incluye al robalo dentro de la categoría de *otras especies*, en seguida de grupos de especies como el bagre, carpa, charal, guachinango, lobina, mojarra, ostión, pargo, sierra y tiburón, mismas que han aportado los mayores volúmenes de producción; por lo que es difícil ubicar su posición específica en dicho registro³.

En 2007, con el registro histórico de producción mas alto (36 ton), el robalo abarcó tan solo 0.158% de la producción pesquera estatal (22,727 ton) y 0.56% del valor total de la misma para ese año (cerca de 257 millones de pesos), contra el 0.57% y el 2.21%, que se tienen como valores correspondientes de aportación del robalo en el contexto nacional.

En este sentido, en cuanto a producción, la aportación porcentual del robalo en el registro estatal es 3.6 veces menor a la que se tiene a escala nacional, y en cuanto al valor de la misma, la tasa estatal es casi 4 veces inferior con respecto al valor del indicador nacional.

³ Sin embargo, en lo referente a su posición en el contexto de la producción pesquera en la costa michoacana el robalo ocupó el 10° lugar en 2007, aspecto que se puede apreciar en la Tabla II.4.

2.8.3. Importancia en el mercado local

La situación que se presenta respecto al robalo en el mercado de la Ciudad y Puerto de Lázaro Cárdenas, Mich., es similar a la que se observa en el mercado nacional.

Las especies de mayor cotización en el mismo en presentación entero-fresco son en primera instancia el robalo (principalmente *C. nigrescens* y *C. viridis*, especies de robalos del Pacífico Oriental que alcanzan las mayores tallas y valor comercial) y el guachinango (principalmente pargo flamenco, *Lutjanus guttatus*). Les siguen en importancia el mero y similares (Familia Serranidae), el pámpano (principalmente *Trachinotus* spp.) y la sierra (*Scomberomorus sierra*); además del cazón (Elasmobranchii/Triakidae), la tilapia (*Oreochromis* spp.) y el bagre bandera (principalmente *Bagre pinnimaculatus*) (FishBase, 2010 y DOF, 2004).

Como información complementaria, se tiene que en la costa michoacana el robalo logró en 2003 precios por kilogramo de \$40.00 a pie de playa, \$50.00 en pequeños centros locales de acopio y \$60.00 al menudeo en el mercado de la ciudad de Lázaro Cárdenas. Por su escasa oferta y alta demanda toda la captura del robalo en Michoacán es absorbida por los desarrollos turísticos de playa locales y los de mayor escala de Ixtapa, Gro. y de Manzanillo, Col. (Escárcega, 2005).

Al igual que en el contexto nacional, la situación que prevalece a nivel estatal refuerza la importancia de los robalos como especies elegibles para la acuicultura también para la región de la costa michoacana, ya que de igual forma constituyen el grupo de peces de mayor valor en el mercado local y estatal; lo que se suma a los atributos biológicos que poseen estos organismos para su aprovechamiento en sistemas controlados.

III. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

La familia Centropomidae agrupa a especies de gran semejanza morfológica. Comprende a escala mundial cuatro géneros y 23 especies. En los litorales de México habitan un género (*Centropomus* spp.) con 12 especies (FishBase, 2009b). El género *Centropomus* spp. comprende especies tropicales y subtropicales eurihalinas con una marcada tendencia a alimentarse y crecer en cuerpos de agua de baja salinidad. Su distribución y abundancia parece estar en estrecha relación con la presencia de lagunas costeras y estuarios, en los que las fluctuaciones de salinidad son notables (Chávez, 1963).

3.1. Morfología

C. nigrescens presenta un cuerpo elongado; perfil dorsal levemente cóncavo detrás de los ojos; la línea lateral se extiende hasta el borde posterior de la aleta caudal; la segunda espina anal, cuando es plegada, no llega mas allá del pedúnculo caudal; aletas pectorales y pélvicas prácticamente de la misma longitud; aleta anal con seis radios. La porción dorsal del cuerpo es de color gris azulado; blanco en el vientre; línea lateral oscura y marcada. La segunda espina mas larga de la primera aleta dorsal, prácticamente de la misma longitud de la primera (Figura III.1.).

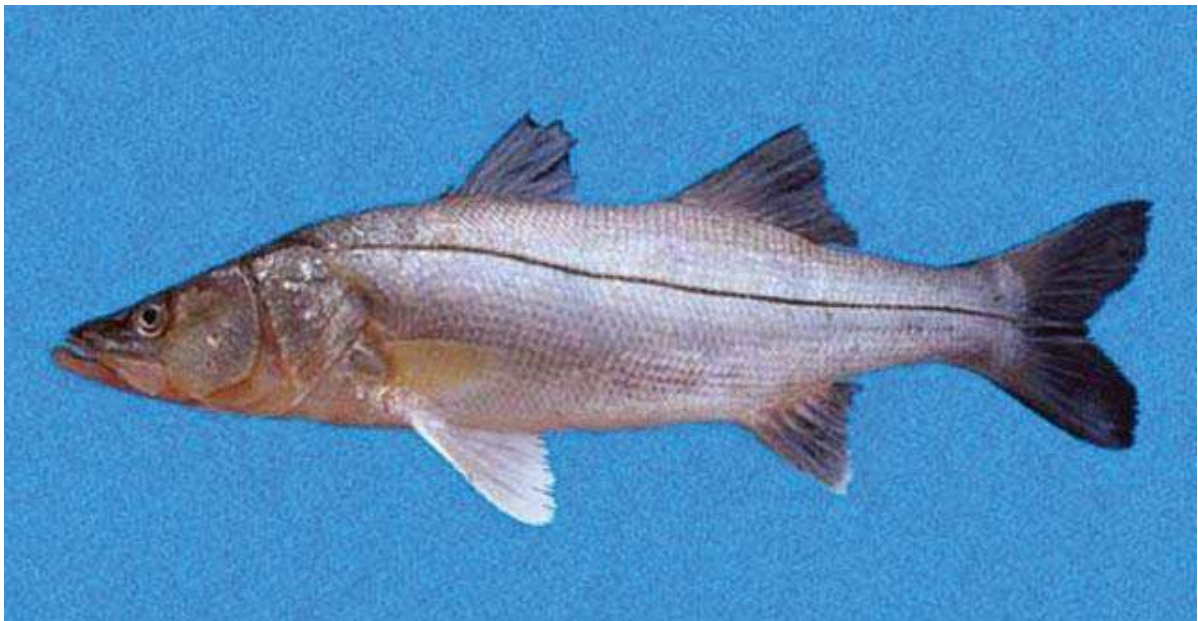
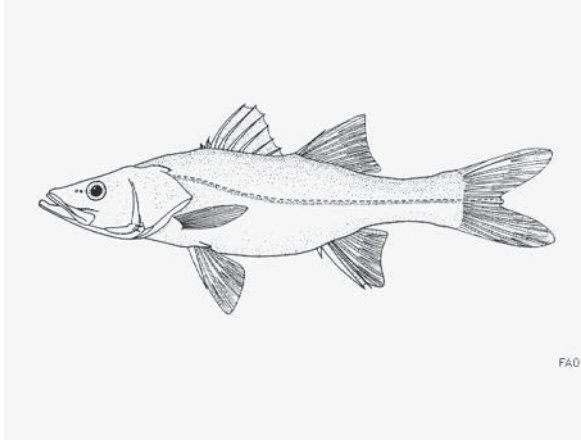


Figura III.1. Robalo prieto del Pacífico Oriental, *Centropomus nigrescens* (Tomado de FishBase.org).

3.2. Posición taxonómica de *Centropomus nigrescens*

La posición taxonómica del robalo prieto se muestra en la Figura III.2.



Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Clase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Familia:	Centropomidae
Subfamilia:	Centropominae
Género:	<i>Centropomus</i>
Especie:	<i>Centropomus nigrescens</i>

Figura III.2. Posición taxonómica del robalo prieto (*Centropomus nigrescens*) (Tomado de FAO; en FishBase.org).

3.3. Distribución

C. nigrescens se distribuye desde la boca del Golfo de California, México, en las inmediaciones del Trópico de Cáncer (23° 27' N), hasta el norte de Colombia (FishBase, 2009a), en la región oceánica del Pacífico Oriental (Figura III.3.). A diferencia de lo que ocurre con las especies de robalo del litoral del Atlántico, cuya distribución supera los 23° de latitud sur, *C. nigrescens* de igual forma que otras especies de peces tropicales del Pacífico Oriental, no se distribuye más allá de los 20° de latitud sur, debido a la corriente fría de Humboldt que emerge en esta zona del Océano Pacífico.

3.4. Hábitat

Al igual que otras especies de robalo, los organismos de *C. nigrescens* son demersales. Habitan en fondos someros, arenosos o fangosos. Son organismos eurihalinos, ya que se localizan tanto en los ríos como en esteros y lagunas costeras; además de que realizan cortos movimientos en la proximidad de las playas. (CENAIM, 1992; Robins, *et al.*, 1991).

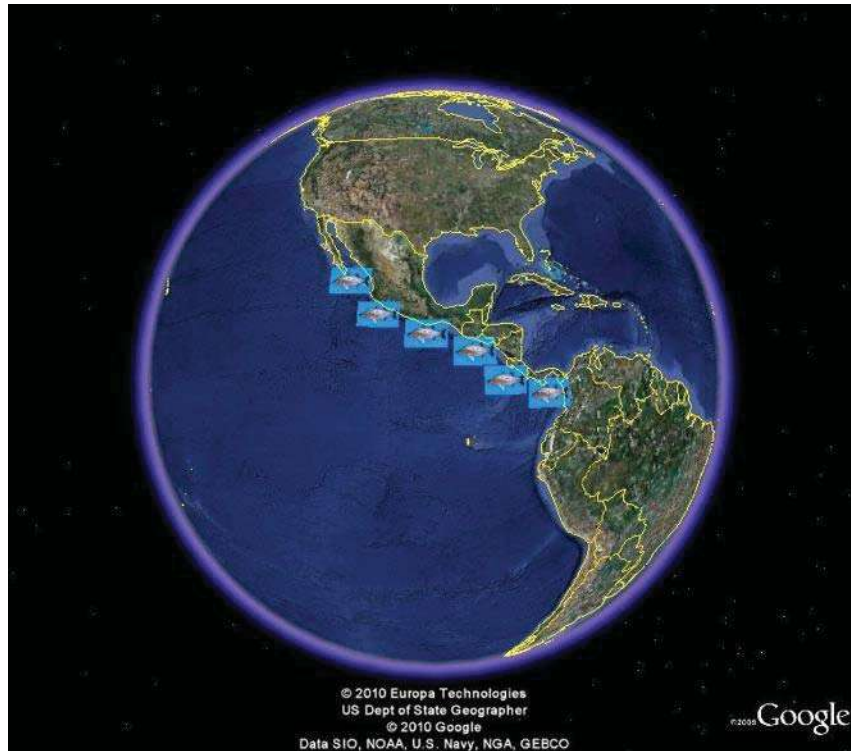


Figura III.3. Distribución de *C. nigrescens* en la región del Pacífico Oriental Tropical (A partir de Google Earth, 2010)

3.5. Nicho ecológico

Es una especie carnívora muy voraz. Se nutre principalmente de peces y crustáceos. González y Soto (1978) encontraron que la dieta en juveniles y adultos de *C. nigrescens* en el sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México, estuvo compuesta principalmente por crustáceos y peces, predominando los primeros.

3.6. Ciclo de vida

El desove ocurre en la desembocadura de los ríos. Como la mayoría de los peces marinos, los organismos de *C. nigrescens* presentan fecundación externa y no se tienen cuidados parentales de huevos y larvas. Los huevos son esféricos y flotan libremente cerca de la superficie. Para *C. undecimalis* se refiere que el huevo es flotante y presenta una gota de aceite, corion separado, sin ornamentaciones, y tiene un diámetro promedio de 0.7 mm. Las larvas eclosionan a las 17 horas de la fecundación a una temperatura en el agua de 28 °C, con una talla de 1.4 a 1.5 mm (Johnson, 1984).

Una vez ocurrida la eclosión las larvas penetran en las lagunas costeras y esteros aprovechando la infiltración de agua marina por efecto de las mareas, ya que estos reservorios de alta productividad biológica constituyen zonas de refugio, protección y alimentación de los primeros estadios de desarrollo de numerosas especies de peces marinos tropicales.

En general, a partir de este momento, la vida de los robalos transcurre en estos ambientes estuarinos en los que se alimentan y desarrollan, realizando migraciones cortas en el mar, siempre cerca de las desembocaduras, remontando los ríos incluso a distancias considerables de la costa hasta que logran la madurez sexual, momento en el que bajan al mar a desovar, fase que ocurre en México fundamentalmente en el verano (Figura III.4.).

3.7. Tallas máximas

El registro mundial en pesca deportiva entre los robalos americanos lo tiene precisamente el robalo prieto (*C. nigrescens*) del Pacífico Oriental Tropical, con el registro en 1999 de un ejemplar de 26.19 kg en el Rio Naranjo, en Quepos, Costa Rica (IGFA, 2000). No obstante, hay evidencia de que logran pesos mayores (Figura III.5).

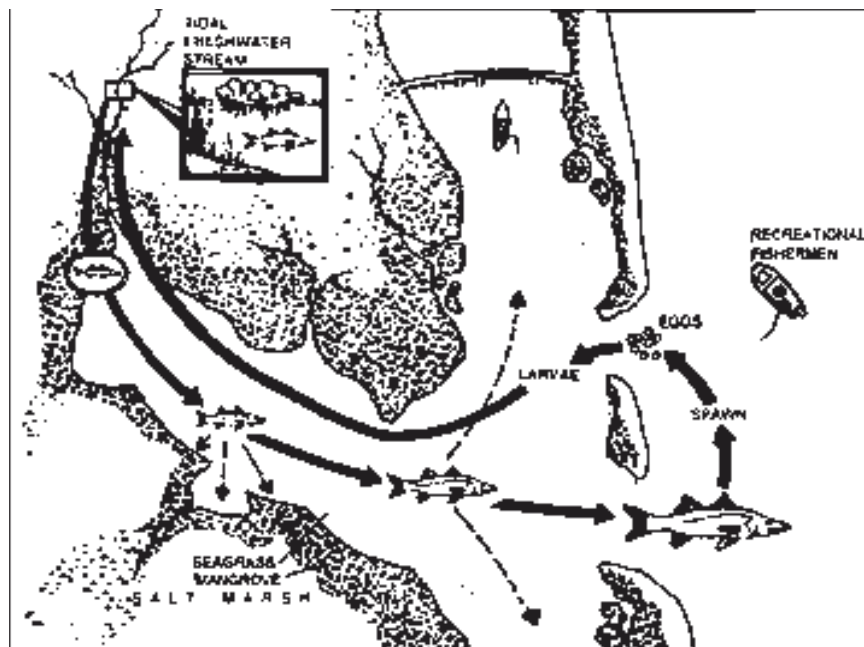


Figura III.4. Esquema del ciclo de vida de los robalos (Tomado de Flyfishing.com).



Figura III.5. Captura de un ejemplar de *C. nigrescens* de gran talla en La Paz, B.C.S., México (Tomado de www.mexfish.com).

3.8. Atributos que poseen los robalos para su cultivo

Entre las cualidades comparativas relevantes que poseen los robalos que logran grandes tallas como *C. nigrescens* para su aprovechamiento acuacultural, con respecto a una amplia gama de especies que se cultivan actualmente en el mundo, se tienen las siguientes:

- Son animales robustos, demersales, sedentarios, que no gastan energía por actividad excesiva. Son gregarios y toleran altas densidades de estabulación (Tucker, 1989).
- El factor de conversión de alimentos es el más bajo entre los peces marinos cultivados, de hasta 0.875:1 (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).
- Presentan un buen crecimiento, de 0.8 a 1.0 kg en un año o hasta 5 kg en 20 meses (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).
- Presentan un elevado potencial biológico, una hembra de *C. undecimalis* puede producir hasta 615,000 óvulos/kg de peso corporal (Tucker, 1987). Esto les confiere un alto potencial para la producción de crías a gran escala.

- En este sentido, logran una alta productividad en la crianza. El costo por cría es de los más bajos en el mercado internacional, de hasta \$0.10 USD, en comparación con especies de alto aprecio como la cobia, mero, pargo, dorado, lubina, dorada, pámpano, corvina y sabalote (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).
- Son resistentes a condiciones ambientales adversas. Sobreviven en aguas de baja calidad y alta turbidez, con niveles de oxígeno disuelto por debajo de 1.0 mg/L (Della Patrona, 1988).
- Es factible inducir su ovulación y lograr su desove artificial con el uso de distintos agentes hormonales, como la hormona liberadora de luteotropina (LHRHa y la GnRHa).
- Por sus cualidades biológicas y su carácter eurihalino se pueden cultivar en aguas marinas, salobres y dulces.
- Presentan una gran versatilidad para su cultivo, siendo factible su manejo en jaulas (50-300 m³), estanques (0.4-3.0 ha), tanques (20 - 100 m³), corrales, encierros y canales; bajo diversas técnicas e intensidades: Superintensiva, intensiva, semi-intensiva y extensiva (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).
- Poseen una alta resistencia al manejo, logrando índices de sobrevivencia en la engorda mayores a 80% (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).
- Alcanzan grandes tallas. *C. nigrescens* tiene un reporte oficial de 26.19 kg, de más de 1.0 m de longitud total (IGFA, 2000); aunque hay evidencia de que logran tallas mayores (Figura III.5.).
- Alto rendimiento en filete, del 40 al 60 % (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).
- Presentan una gran demanda y un alto valor en el mercado internacional (en México es la especie de escama de mayor valor), cotizándose a \$8.00 USD/kg para ejemplares enteros y hasta \$20.00 USD/kg en filete (Álvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Analizar el proceso de aclimatación al cautiverio y desarrollo del robalo prieto del Pacífico Oriental (*Centropomus nigrescens*) en estanquería rústica en agua dulce y en agua salobre a partir de la colecta de organismos del medio natural e identificar los atributos que muestre la especie en las distintas etapas del proceso, como base para el desarrollo de su cultivo.

3.2. Objetivos particulares

3.2.1. Integrar un lote de futuros reproductores a partir de la colecta de crías y ejemplares adultos del medio natural.

3.2.2. Analizar y documentar los resultados alcanzados en las distintas etapas del proceso de aclimatación.

3.2.3. Identificar los atributos de la especie para su aclimatación y manejo en estanques rústicos en agua dulce y agua salobre.

3.2.4. Definir el perfil de la especie para impulsar el desarrollo de la tecnología de su cultivo en ciclo completo.

V. HIPÓTESIS

Si otras especies de robalos de las familias Centropomidae y Latidae de importancia comercial, como el robalo blanco del Atlántico (*Centropomus undecimalis*) y el chucumite (*C. parallelus*), así como el barramundi del Indo-Pacífico (*Lates calcarifer*), poseen atributos para su cultivo, *C. nigrescens* de igual forma constituye una especie factible de aclimatarse al cautiverio y crecimiento en estanquería rústica, tanto en agua dulce como en agua salobre.

VI. JUSTIFICACIÓN

México constituye una nación con una economía emergente, en la que se requieren diversificar las opciones productivas como piedra de toque para impulsar la autosuficiencia alimentaria, la generación de empleos y el desarrollo regional.

En este sentido, el potencial de crecimiento de la piscicultura marina en el país es relevante, considerando, entre otros atributos, la disponibilidad de más de 11 mil km de litorales; además de la existencia de una amplia variedad de peces tropicales y subtropicales eurihalinos endémicos en México y en la región del Pacífico Oriental Tropical, de alto valor comercial en el mercado nacional e internacional con atributos para su cultivo.

Dentro de estas especies, se destaca el caso del robalo, grupo de especies que además de su tolerancia a condiciones ambientales contrastantes, poseen otras cualidades importantes para su cultivo, como lo son su rápido crecimiento, su elevado índice de fecundidad, su adaptación al consumo de piensos artificiales y su indudable aceptación en el mercado. De hecho en México constituyen las especies de mayor demanda y valor en el mercado nacional.

No obstante, en el contexto nacional y estatal los robalos aportan tan solo el 0.57 y el 0.158 %, respectivamente, de la producción pesquera total (CONAPESCA, 2007). De igual forma, la Carta Nacional Pesquera los incluye dentro de la pesquería de *peces marinos de escama*, la cual constituye en este momento un recurso en el límite su aprovechamiento máximo sostenible, por lo que las expectativas de crecimiento de los volúmenes actuales de su captura son evidentemente reducidas.

Entre las 12 especies de robalo presentes en los litorales del continente americano se destaca el robalo prieto (*Centropomus nigrescens*), especie que logra la mayor de las tallas entre los robalos americanos (más de 26 kg de peso) y que tiene una presencia usual en los ríos de la vertiente del Pacífico mexicano; lo que habla de su tolerancia a amplias variaciones de salinidad y temperatura. Sin embargo, no se tiene la tecnología para su cultivo. Incluso las referencias existentes sobre su biología en el contexto internacional son escasas, lo que la hace una de las especies de mayor interés para generar el conocimiento necesario para lograr su producción en sistemas controlados, dadas las cualidades que presentan este grupo de especies para tal efecto.

En este sentido, es de destacarse que con el desarrollo del modelo tecnológico para su cultivo, dentro de lo cual este trabajo pretende contribuir, se podrá incrementar la oferta de un producto de alto aprecio en el mercado nacional con la consecuente derrama económica en la región de la costa de Michoacán y, a futuro, en la franja costera tropical de la región del Pacífico Sur de México, a través de la implementación de modelos sustentables de producción de amplio beneficio económico y ambiental, que promuevan el bienestar social y la conservación de un importante recurso natural propio de la región oceánica del Pacífico Oriental Tropical del planeta.

Finalmente, es importante destacar los grupos de interés que en este momento se tienen identificados en la entidad y que están vinculados en este esfuerzo:

- Productores de 45 Unidades de Producción Acuícola de la región Sierra-Costa del Estado de Michoacán, interesados en incursionar en el cultivo de la especie de mayor valor comercial en la zona, en la entidad y en el país.
- Productores de pargo en jaulas marinas flotantes en los municipios de costeros de Aquila y Coahuayana, que están incursionando en la piscicultura marina.
- La Federación Regional de Sociedades Cooperativas de Lázaro Cárdenas, Mich. que integra 14 agrupaciones de pescadores en la zona del delta del río Balsas.
- Sector académico estatal vinculado en la innovación y el desarrollo tecnológico para impulsar la diversificación productiva acuícola con la incorporación de nuevas especies.
- Sector gubernamental de los distintos órdenes de gobierno, comprometido con fomento productivo sustentable y la conservación de los recursos naturales.

VII. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

El estudio comprendió dos fases, ambas se llevaron a cabo en la planicie costera del Estado de Michoacán de Ocampo, México, en la vertiente del Océano Pacífico (Figura VII.1.).

La primera fase consistió en la colecta de crías de *C. nigrescens* en el brazo izquierdo del río Balsas, en las inmediaciones de los municipios de Lázaro Cárdenas, Michoacán, y de La Unión de Isidoro Montes de Oca, Guerrero, la realización de faenas de pesca en el mar para la captura de ejemplares adultos en la zona costera frente al delta del mismo río; así como su estabulación y crecimiento en estanquería rustica en agua dulce en la localidad de La Mira, en Lázaro Cárdenas, Mich. (Figura VII.1.).

La segunda fase, después de 29 meses, contempló el traslado de los ejemplares a la granja camaronícola “Dancar de Occidente”, ubicada en Boca de Apiza, Mpio de Coahuayana, en los límites de los estados de Michoacán y Colima, México, para la fase final de crecimiento en agua salobre (Figura VII.1.).



Figura VII.1. Ubicación de la zona del estudio en la vertiente del Océano Pacífico (Google Earth, 2010).

7.1 Descripción general de la región de Lázaro Cárdenas (Primera etapa)

7.1.1. Ubicación

El municipio de Lázaro Cárdenas se localiza al sur del Estado de Michoacán, en las coordenadas 17° 57' de latitud norte y 102° 12' de longitud oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de Arteaga, al este con el Estado de Guerrero, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con el municipio de Aquila. Su distancia a Morelia, la capital del Estado, es de 401 km. Cuenta con una superficie de 1,160.24 km² que representa 1.97% del total del Estado.

7.1.2. Relieve

El territorio municipal y específicamente la zona del delta del río Balsas pertenece a la Subprovincia fisiográfica de la Pendiente del Sur o Planicie Costera del Pacífico Sur, que comprende desde el parteaguas de la Sierra Madre del Sur hasta la línea de costa. El límite septentrional del área lo forman las estribaciones del flanco poniente de la zona montañosa de dicho sistema. Esta cadena de montañas litorales presenta elevaciones que varían de los 100 hasta los 800 msnm (Toledo y Bozada, 2002), se destacan los cerros de Situntitlán, La Olla, Santa Bárbara y Verde (INAFED, 2009).

7.1.3. Geología

Geológica y estructuralmente la zona del delta del río Balsas se encuentra en una zona de convergencia entre las placas de Cocos y la Norteamericana, y corresponde a una Costa de Colisión Continental, de acuerdo con la clasificación de Inman y Nordstrom (1971; en Toledo y Bozada, 2002). Como tal, se encuentra enmarcada por dos rasgos estructurales de primer orden: una trinchera oceánica (la Trinchera Mesoamericana) y un sistema de cadenas montañosas continentales (la Sierra Madre del Sur). Ambas, cadena montañosa y trinchera, hacen de esta porción del centro-sur de México una zona tectónicamente activa y altamente dinámica (Lugo 1985 y 1986; en Toledo y Bozada, 2002). En este sentido, el dinamismo de la región se debe a su pertenencia dentro del área volcánica y sísmica del planeta conocida como el Cinturón de Fuego Circumpacífico. Esto explica la ocurrencia de 42 sismos en el último siglo, con magnitudes mayores de los siete grados en la escala de Richter asociados al proceso de

subducción de placas, que la convierte en la región de más alta sismicidad del hemisferio occidental (Anderson *et al.* 1986; en Toledo y Bozada, 2002). Como una costa de colisión continental, la del Pacífico central y sur de México, se caracteriza por presentar una plataforma continental muy estrecha, con amplitudes promedio de 10 km y una máxima de 30 km (Punta Maldonado), con pendientes que oscilan entre 0° 15' y 0° 30', pero que hacia el noroeste, a la altura de la bahía de Petacalco, alcanza su estrechez mínima con escasos 900 m de amplitud y una pendiente de 1° 25'. La litología de la zona, misma que se ubica dentro de la franja costera conocida como Planicie Costera Suroccidental de México, que va de Puerto Vallarta, Jal., hasta Tehuantepec, Oax., en la parte continental está caracterizada por la presencia de esquistos paleozoicos, intrusiones graníticas y rocas calcáreas mesozoicas que se encuentran en una etapa de avanzada erosión (Carranza-Edwards, *et al.* 1986; Márquez y Morales, 1984. En Toledo y Bozada, 2002).

7.1.4. Hidrografía

El río Balsas es la cuenca hidrológica más importante de la vertiente del Pacífico mexicano. Su disponibilidad total anual de aguas superficiales se estima en 24,484 millones de metros cúbicos (Mm³) de escurrimientos vírgenes y retornos. Esta enorme cuenca de drenaje comprende el 6% de la masa continental del territorio mexicano y abarca porciones de varias regiones geoeconómicas del Pacífico sur, centro-occidente y centro-sur de la República mexicana, entre los paralelos 17° 00' y 20° 00' de latitud norte y los meridianos 97° 30' y 103° 15' de longitud oeste, a través de ocho estados de la República: Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Morelos, Guerrero, Michoacán y Jalisco, lo que representa una superficie hidrológica total de 117,045 km², en la que se establecen tres subregiones: Alto Balsas (50,409 km²), Medio Balsas (31,951 km²) y Bajo Balsas (35,045 km²). La región administrativa IV Balsas la conforman 421 municipios, de los cuales 332 se localizan en el Alto Balsas, 51 en el Medio Balsas y 38 en el Bajo Balsas (Buenrostro, 1969; CRB-SRH, 1970; Consejo de Cuenca del Río Balsas, 1999. En Toledo y Bozada, 2002). El delta del río Balsas comprende los últimos 20 km del río del cual toma su nombre. Dicho delta, según lo describe Gutiérrez Estrada (1969; en Toledo y Bozada, 2002), tiene una forma triangular con una base de 13 km, una altura de

nueve km y una superficie aproximada de 60 km². Hacia el litoral se forman numerosos esteros y lagunas, rodeados de manglares. Su porción submarina presenta rasgos notables caracterizados por la existencia de una serie de cañones submarinos entre los que sobresalen los de El Manglito, La Necesidad, Gasolino y Petacalco, situados frente a las distintas desembocaduras que ha adoptado el río en sus descargas hacia el mar. La hidrografía general de la zona está constituida por los ríos Balsas, Chuta y Habillal; los arroyos del Colomo y Verde; y la presa José María Morelos, “La Villita” (INAFED, 2009).

7.1.5. La zona costera

La línea de costa, desde la desembocadura del brazo derecho del río Balsas (Melchor Ocampo), llamada La Necesidad, hasta la localidad de Las Peñas, situada al oeste del mismo municipio de Lázaro Cárdenas, es recta y uniforme. Se caracteriza por la presencia de pequeñas corrientes, ríos y arroyos, que en épocas de lluvias inundan las zonas bajas ubicadas detrás de la línea costera. La franja costera inmediata al mar, presenta antiguas bermas, pantanos, lagunas y esteros bordeados de manglares que, en algunos casos, son abundantes. Este subsistema occidental abarca toda la planicie costera de Lázaro Cárdenas, la más extensa de las planicies del Pacífico michoacano, comprendiendo 164 km².

Al inicio de la planicie, sobre la línea litoral, y partiendo de la desembocadura del río Balsas hacia el oeste, se localiza el estero de El Manglito. Otros más le siguen en la misma orientación. El más grande y largo de ellos es el de El Caimán o Santa Ana, conocido también en su parte este como laguna de El Tular. Otro más es el de El Pichi. En seguida se encuentra la población de Playa Azul y el estero del mismo nombre, que se conecta con la desembocadura del río Acalpican. Al oeste desagua el río Habillal y más adelante se localiza otro estero, alargado y paralelo a la costa, conocido como Boca de Las Calabazas. En la misma orientación se encuentran otros esteros conectados a través de un hidrocorredor largo y angosto con las desembocaduras de los ríos Chulitan y Chucutitan. A dos kilómetros hacia el oeste, desemboca el arroyo Rangel y un kilómetro más adelante, en el paraje denominado Las Peñas, las montañas llegan hasta la costa, el litoral se acantilado y se presenta una saliente continental que delimita la planicie costera de municipio.

Este singular sistema de ríos de pequeñas dimensiones y esteros litorales constituyen la expresión de la gran importancia biológica de este sector de la costa michoacana dominado por el delta del río Balsas. Hacia el interior de la llanura costera de Lázaro Cárdenas, predominan grandes extensiones dedicadas al cultivo de la palma de coco, el plátano y el mango, sobre terrenos antiguamente ocupados por selvas bajas caducifolias y selvas medianas subcaducifolias. En lo referente a la parte marina y sistemas estuarinos, el CIBNOR (1995; en Toledo y Bozada, 2002) registra 36 especies en el brazo izquierdo (San Francisco) del río, 14 del componente estuarino: jaiba (*Callinectes toxotes*), langostino (*Macrobrachium americanum*, *Macrobrachium tenellum*, *Macrobrachium digesti*, *Macrobrachium* sp., *Palaemon* sp.), robalo (*Centropomus medius*, *C. nigrescens*, *C. robalito*), lisa/lebrancha (*Mugil curema*, *M. cephalus*), dormilón (*Dormitator maculatus*) y la sardinita (*Lile gracilis*); diez del componente marino: cangrejo de arena (*Ocyroide* sp.), mojarra (*Diapterus brevirostris*, *Diapterus peruviana*, *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus californiensis*), lisa hocicona (*Chaenomugil proboscideus*), pargo amarillo (*Lujanus argentiventris*), gobio (*Gobiomorus maculatus*), lenguado (*Syacium latifrons*), cuatete (*Ariopsis guatemalensis*), guavina (*Eleotris picta*, *Awaous transandeanus*); y 12 del componente dulceacuícola: caracol, langostino (*Macrobrachium digueti*), así como distintos peces como la sardinita (*Astynax fasciatus*), mollies (*Poecilia sphenops*, *Poecilia mexicana*), guatopote (*Poeciliopsis balsas*, *Poeciliopsis starksii*, *Poeciliopsis* sp.), tilapia (*Oreochromis mossambicus*, *O. aureus*), tepemichin o lisa de montaña (*Agonostomus monticola*) y charal o plateadito (*Atherina panamensis* y *Atherinella guatemalensis*) (FishBase, 2010).

7.1.6 Importancia ecológica de la zona del delta del río Balsas

La importancia ambiental crucial de esta porción deltaica es que su economía ecológica está determinada por la influencia de tres procesos naturales mayores: las descargas de aguas dulces del río Balsas, las aguas profundas de los cañones submarinos y las aguas ecuatoriales superficiales, mismos que controlan el enriquecimiento de la biomasa del área y, al final, su riqueza íctica. La emersión estacional (abril-mayo) de las aguas profundas del Cañón de Petacalco, que arrastra nutrientes del fondo (nitrógeno y fósforo), fertiliza las aguas de la desembocadura y favorece la producción primaria y

secundaria en la zona del delta y, al límite, hace posible la presencia de un mayor número de organismos en la red trófica superior al extender el dominio marino en el estuario. Las descargas de agua dulce del Balsas, que permiten una marcada estratificación salina de las aguas superficiales y realizan aportaciones importantes de sílice, fósforo y nitratos, que enriquecen las aguas litorales muchos kilómetros más allá de la desembocadura y, finalmente, la presencia en los meses invernales de las aguas ecuatoriales superficiales, ricas también en nutrientes que determinan un incremento notable de la biomasa que sostiene a una rica pirámide trófica. En suma, el delta es un sistema abierto, dominado y subsidiado por procesos físicos y químicos de sus sistemas adyacentes: el fluvial y la zona costera marina. Su gran riqueza y diversidad biológicas están íntimamente vinculadas con su capacidad para permitir la incursión de una variedad de organismos marinos, estuarinos y dulceacuícolas, que lo utilizan como área de reproducción, alimentación, crecimiento y refugio, además de servir de hábitat, permanente o temporal (sitio de invernación, estación de tránsito o refugio migratorio), para una notable diversidad de especies de la fauna silvestre, acuática y terrestre. Este delta es uno de los raros casos a nivel mundial, y único en México, enmarcado por rasgos estructurales que caracterizan a las costas de colisión continental, lo que determina su estructura y configuración en terrazas aluviales, planicies costeras y amplios abanicos aluviales, así como la dinámica de los grandes procesos naturales enunciados que caracterizan y controlan su comportamiento (CIBNOR, 1995; Gutiérrez Estrada, 1969. En Toledo y Bozada, 2002).

7.1.7. Clima

De acuerdo con la información meteorológica generada desde la estación Lázaro Cárdenas, el clima de la microrregión corresponde al grupo A, de climas tropicales lluviosos que se caracterizan por tener la temperatura media del mes más frío mayor a 18 °C y del mes más caliente mayor a 22 °C. La fórmula climática es $Aw_1(w) i$ (según Köppen, modificado por E. García. CAI, 1996; en Toledo y Bozada, 2002), que corresponde a un clima cálido subhúmedo con régimen de lluvias de verano e isotermal. Se registra una precipitación promedio de 1,244.0 mm, el período de lluvias va de junio a octubre, con una precipitación máxima de 335.3 mm en el mes de septiembre. El período

de sequía se extiende de noviembre a mayo y la mínima precipitación se registra en el mes de abril con 0.0 mm. En relación con la temperatura promedio anual, esta estación registra un promedio anual de 26.9 °C, con temperaturas más bajas en enero, con promedio de 25.2 °C y el del mes más cálido junio, con promedio de 28.1°C, por lo cual se tiene una variación media mensual de temperatura de 2.9 °C (CAI, 1996; en Toledo y Bozada, 2002). Un hecho climático de excepcional importancia es que la zona del delta es un área de trayectoria de ciclones tropicales. Desde 1949 a 1966, y tomando un radio de 150 km a partir de la estación “La Villita”, Mich., se han registrado un total de 673 ciclones tropicales, 20 de ellos afectaron directamente a Petacalco (Toledo y Bozada, 2002).

7.1.8. Vegetación

Enmarcada entre las provincias florísticas de las sierras meridionales, de acuerdo con la clasificación de Rzedowski, la depresión del río Balsas, especialmente en sus flancos de la Sierra Madre del Sur, ha sido considerada florísticamente como una de las regiones más ricas del mundo. Se caracteriza por su alto número de endemismos y es el área de mayor concentración de especies del género *Bursera* dentro del territorio mexicano. De este género americano se han identificado cerca de 70 especies, de las cuales 51 se encuentran en México; de éstas, unas 34 habitan en las diversas regiones del río Balsas, siendo 21 exclusivas de esta zona (Miranda, 1974; Rzedowski, 1986. En Toledo y Bozada, 2002). A una menor elevación, la cubierta vegetal del delta la conforma una vegetación secundaria que presenta manchones o relictos de antiguas comunidades vegetales primarias. Las intensas modificaciones a las que la han sometido las actividades humanas, especialmente a partir del desarrollo portuario industrial, del impulso de la ganadería y del cultivo de frutales, han alterado sustancialmente la estructura, la fisonomía y la composición florística de la vegetación primaria de la zona hasta el punto de volverla irreconocible. Aunque es posible observar hacia el este, el sector oriental del delta, verdaderos relictos de antiguas selvas medianas subcaducifolias y de selvas bajas caducifolias, lo que prevalece es una vegetación secundaria constituida por pastizales y matorrales, que alternan con elementos propios de selvas bajas como *Juliana adstringens*, *Heliocarpus* sp., *Cochlospermum* sp. y *Laucena* sp.,

Gliricidia sepium, *Guazunma ulmifolia* y *Bursera simaruba*. Hacia el oeste, el sector occidental del delta se prolonga hacia la planicie de Lázaro Cárdenas, integrada por lomeríos, cerros y llanuras. Sus planos arenosos, frente al litoral, corresponden a zonas inundables y esteros con vegetación de manglar.

7.1.9. Características y uso del Suelo

Los suelos del municipio datan de los períodos precámbrico, paleozoico, mesozoico y cenozoico. De acuerdo a la Carta de los Principales Suelos en México (INEGI, 2010) el tipo presente en la zona corresponde al Regosol (RG) laterítico, de colores café grisáceo y café rojizo, los cuales son propios de regiones cálidas, caracterizados por su pobreza en sílice y contenido elevado de hierro y alúmina, se forman en las regiones tropicales y subtropicales con alto índice de humedad. La laterita desagregada por los agentes de la erosión, transportada por las aguas corrientes y depositada en el fondo de los valles, constituye la llamada laterita aluvional (Aleva, 1994). Su uso en la región es primordialmente ganadero y forestal; en menor proporción agrícola, destacando en este rubro los cultivos de maíz, frijol y ajonjolí; además de papaya, coco, anona y mango (INAFED, 2009).

7.2. Zona correspondiente a la primera fase del estudio

Tanto la colecta de las crías de robalo como la fase inicial de aclimatación al cautiverio en agua dulce, se llevaron a cabo en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán. La colecta se realizó en un punto cercano a la cortina de la presa “La Villita”. La estabulación, aclimatación y crecimiento de los organismos se realizó en estanquería rústica de la Granja Acuícola “La Mira”, ubicada en la localidad del mismo nombre (Figura VII.2.).

7.3. Características del sitio

La Granja Acuícola “La Mira” es una unidad productiva que dispone de siete estanques rústicos que comprenden un total de 2.6 ha de espejo de agua; operan con un tirante promedio de agua de 1.2 m. Se dedica a la engorda comercial de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y de tilapia (*Oreochromis spp.*).

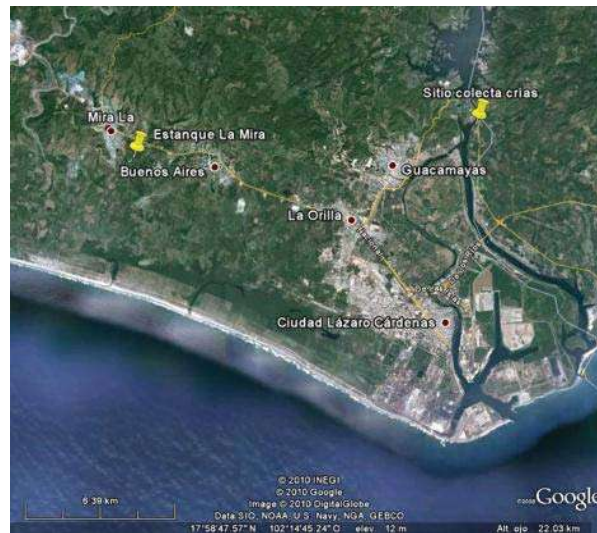


Figura VII.2. Ubicación comparativa de los sitios de colecta de las crías y de aclimatación al cautiverio (Google Earth, 2009).

El abastecimiento de agua dulce es a partir de un canal de concreto que parte de un ramal correspondiente al Distrito de Riego No. 98, “José María Morelos y Pavón” (CONAGUA, 2008) que se surte a partir de la presa del mismo nombre (“La Villita”), con un gasto mínimo de abastecimiento a la granja de alrededor 40 L/s. Considerando el carácter comercial de la misma y las biomásas que se manejan (rendimientos superiores a las 10 ton/ha/año), se aplica un recambio continuo de agua en los estanques. Las coordenadas geográficas en el estanque de estabulación final de los organismos (Figura VII.3.) son: 18° 01' 20.88" de latitud norte y 102°18' 59.39" de longitud oeste, con una elevación de 26 msnm. (Google Earth, 2009).

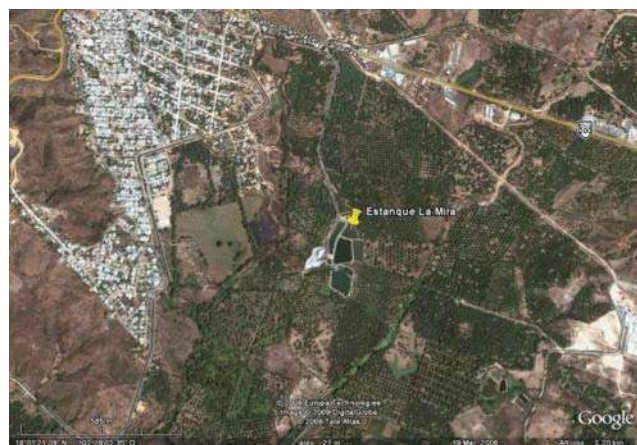


Figura VII.3. Ubicación de la Granja Acuícola “La Mira”, Lázaro Cárdenas, Mich. (Google Earth, 2009).

7.4. Descripción general de la región de Coahuayana (Segunda etapa)

7.4.1. Ubicación

El municipio de Coahuayana se localiza al suroeste del Estado de Michoacán de Ocampo, en las coordenadas 18° 45' de latitud norte y 103° 40' de longitud oeste, a una altura de 30 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el Estado de Colima y el municipio de Chinicuilá, al sur con el Océano Pacífico y el municipio de Aquila; y al oeste con el Estado de Colima (Figura VII.4.). Su distancia de la capital del Estado es de 556 km. Cuenta con una superficie de 362.34 km², que representa el 0.61 % del total del territorio estatal, presentando un gradiente de elevación que va desde el nivel del mar hasta los 1,177 msnm en la porción noreste del municipio (Google Earth, 2010).

7.4.2. Relieve

El territorio municipal se incluye dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur; Subprovincia Cordillera Costera del Sur, que incluye tierras de laderas abruptas y valle ramificado. Debido al encuentro de estas formaciones se observan pendientes que van desde las menores a 5% en las planicies, hasta pendientes mayores al 50% hacia el oriente del territorio municipal. Se destacan los cerros de San Juan de Alima, Bufa, Guayaba y Puerto de la Mula (INAFED, 2009).



Figura VII.4. Ubicación del Municipio de Coahuayana, Michoacán (CEDEMUN, 2009).

7.4.3. Geología

Al igual que la porción sur de la entidad, el territorio del municipio de Coahuayana pertenece a la provincia geológica conocida como Complejo Orogénico de Guerrero-Colima (COGC) y se ubica dentro del dominio de la Sierra Madre del Sur, la cual está constituida por un basamento de rocas mesozoicas asociado a una margen activa y al desarrollo de grandes plataformas arrecifales que tuvieron su origen en el ancestral mar de Tetis. En lo específico, la zona de estudio corresponde a la unidad geológica de depósitos continentales recientes, conformados por depósitos superficiales derivados de aluviones que se asientan en planicies bajas de tipo fluvial-lagunar del período Cuaternario (SEEM y UMSNH, 2003). La geología general en el territorio municipal está compuesta por rocas sedimentarias del tipo brecha (bs); por suelos de tipo eólico (eo) y litorales (li) del Cuaternario que se integran en una estrecha franja paralela a la línea de costa que va de la desembocadura del río Coahuayana hacia la localidad de San Telmo, ubicada en la porción meridional del municipio; por afloramientos andesíticos del Cretácico en los acantilados de Punta San Juan de Alima y por calizas del Cretácico Inferior que afloran de igual forma en esta misma porción; así como por suelos de tipo lacustre en la Laguna Colorada, junto al mar, que datan del Cuaternario. Domina por su extensión superficial en la zona el componente geológico de suelo del tipo aluvión (al), correspondiente de igual forma a dicho período, y que comprende una amplia zona aledaña a la desembocadura del río Coahuayana (INEGI, 1983).

7.4.4. Hidrografía

El territorio municipal se ubica dentro de la región hidrológica RH16 conocida como Cuenca del río Coahuayana, perteneciendo en lo específico al sistema fluvial costanero que se origina en la vertiente michoacana meridional de la Sierra Madre del Sur y que drena en el Océano Pacífico. Se caracteriza por tener un drenaje que denota una fisiografía joven con relieve accidentado. Domina en la zona la corriente fluvial del río Coahuayana, la cual define el límite estatal entre Michoacán y Colima, desembocando en Boca de Apiza. Posee varios tributarios importantes como el Huihuítla, el arroyo de Agua Fría y el de Amatique. Su cuenca de drenaje comprende una extensión superficial de más de 640 km² (SEEM y UMSNH, 2003). Se presentan además los arroyos el

Zapotán, Ashotán y Ticuiz; además de las lagunas de Mezcala y Colorada en la franja costera (INAFED, 2009).

7.4.5. La planicie costera

La planicie del río Coahuayana tiene una larga y casi recta playa, con una amplitud de cerca de ocho kilómetros frente al litoral, extendiéndose al interior del continente por más de 10 km; abarca una superficie aproximada de 155 km². En esta zona, en la parte de Michoacán, se ubican las localidades de Nuevo Coahuayana, El Ranchito, Coahuayana, El Ticuíz y San Vicente (SEEM y UMSNH, 2003).

7.4.6. Clima

El clima de la zona es del tipo *Awg*, tropical lluvioso, con lluvias en verano (según Köppen modificado por E. García, en Correa, 1974). Tiene una precipitación pluvial anual promedio de 1,162.9 milímetros y temperaturas que oscilan de 20.3 a 32.5° C (INAFED, 2009).

7.4.7. Vegetación

Dado el relieve y el gradiente de elevación presentes en el territorio municipal, como componentes destacados se presentan en el mismo el Bosque templado de coníferas y latifoliadas, en la parte serrana, y el Bosque tropical caducifolio en las partes de baja elevación; además de manglar en las lagunas costeras de Mezcala y La Colorada. De hecho, toda la planicie y franja costera del Estado de Michoacán está incluida dentro de la ecorregión conocida como *Selvas cálido-secas, planicie costera y lomeríos del Pacífico Sur*, misma que comprende una estrecha franja continental que bordea el litoral del Pacífico, desde Jalisco hasta Oaxaca (CONABIO, 2008) (Figura VII.5.). Por otra parte, los bosques de coníferas de México son comunidades de vegetación siempre verde. Se concentran en el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, donde forman masas forestales de gran tamaño, y de manera más aislada en otras serranías. Es importante mencionar que los bosques de pino también se encuentran —aunque con una cobertura muy limitada— en zonas de clima tropical húmedo, a altitudes tan bajas como los 300 msnm. (CONABIO, 2008). En la porción de selva baja dentro del municipio

se destacan especies como el huizache, teteche, cardón, viejito y cuéramo (INAFED, 2009). Respecto al manglar, constituye un matorral o bosque siempre verde, denso, propio de lugares cercanos al litoral, sobre todo de las márgenes de las lagunas costeras y esteros donde el agua carece de oleaje fuerte y es al menos moderadamente salina. La especies comunes son *Rizophora mangle* (mangle rojo) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco); *Avicennia germinans* (mangle negro) suele formar masas puras en lugares menos manifiestamente inundados (SEEM y UMSNH, 2003).



Figura VII.5. Ecorregiones terrestres de México Nivel II (Tomado de CONABIO, 2008).

La fauna de la zona se conforma de: armadillo, tigrillo, ocelote, nutria, zorrillo, cacomixtle, tlacuache, mapache, conejo de castilla, comadreja, ardilla y zorro; aves, como tinamu canelo, pato, cerceta, torcasa, chalcuán, güilota, palomo, codorniz, faisán y chachalaca; además de especies marinas en la franja costera, propias de la región del Pacífico Oriental Tropical, entre las que destacan, desde el punto de vista comercial, el guachinango (*Lutjanus peru* y *L. guttatus*), cazón (*Triakidae/Mustelus* spp.), robalo (*Centropomus* spp.), rayadita, jurel (*Caranx* spp. y *Carangoides* spp.) y pargo (*Lutjanus* spp.) (INAFED, 2009; DOF, 2004).

7.4.8. Características y uso del suelo

Dada la naturaleza del relieve presente en el territorio municipal se presentan diferentes tipos de suelos, según su ubicación en función de la altura sobre el nivel del mar. Datan del Cenozoico y Cuaternario, corresponden principalmente a los tipos feozem (Ph) con una fertilidad elevada, debido a la presencia de grandes cantidades de materia orgánica, propios de terrenos de pendientes suaves y propicios para la agricultura; el regosol eútrico (Re) y el solonchak gléyico (Zg) en la franja costera; el gleysol vértico (Gv); el cambisol cálcico (Bk) en una franja que se extiende en el margen izquierdo del río Coahuayana; el fluvisol calcárico (Jc) a ambas márgenes del mismo río; el vertisol pélico (Vp); el luvisol crómico (Lc) con presencia de gravas; y el litosol. Domina por su extensión superficial el regosol, que son suelos procedentes de materiales no consolidados, con presencia de estratos arenosos que varían desde la arena fina hasta la grava, lo que denota su incipiente grado de desarrollo (INEGI, 1982). Bajo este mosaico de tipos de suelos, su uso en la zona es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadero y forestal (INAFED, 2009).

7.5. Zona correspondiente a la fase de crecimiento en agua salobre

La Granja Acuícola Productora de Camarón, propiedad de “Dancar de Occidente” S.P.R. de R.L., sitio de la segunda fase proyecto, se ubica en la localidad de Boca de Apiza, en la planicie costera del Municipio de Coahuayana, Mich, en los límites con el Estado de Colima, al este de la desembocadura del río Coahuayana (Figura VII.6).

7.6. Características del sitio

La granja camaronícola se ubica a unos 400 metros de la desembocadura del río Coahuayana y a 290 m de la línea de costa (Figura VII.6). Las coordenadas del estanque de estabulación son: 18° 41' 02.87" de latitud norte y 103° 43' 48.71" de longitud oeste, con una elevación de 1 msnm. (Google Earth, 2010). Cuenta con ocho estanques rústicos que comprenden un total de 6.2 ha de espejo de agua, con un tirante de agua de operación de 1.0 m. Se dedica a la producción semi-intensiva de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). El abastecimiento de agua es a partir de un pozo supralitoral con un gasto aproximado de agua de 8 L/s, una salinidad que oscila entre 18 y 22 ‰ a lo largo del año y una temperatura de 29 a 31° C.

7.7 Rasgos oceanográficos relevantes en la región del Pacífico Sur de México

Respecto al ecosistema marino, toda la extensión que se encuentra frente a la costa del Estado de Michoacán, en la que se incluyen los sitios del estudio, se ubica dentro de la región oceánica del Pacífico Sur (Figura VII.7), que va desde Cabo Corrientes, Nayarit, hasta la desembocadura del Suchiate, en Chiapas (Figura VII.8).

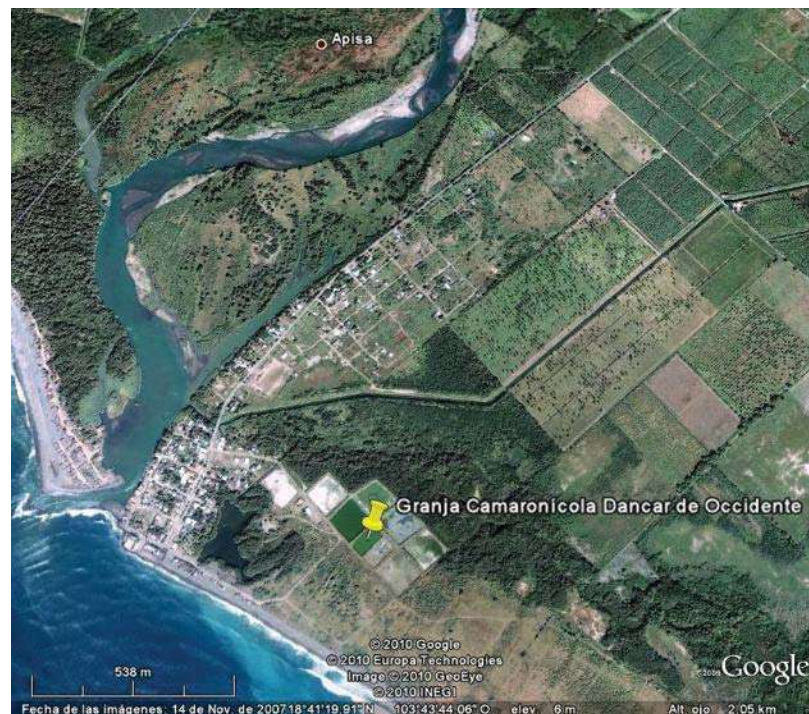


Figura VII.6. Detalle de la ubicación de la Granja Camaronícola “Dancar de Occidente”, en Boca de Apiza, Michoacán (Google Earth, 2010).



Figura VII.7. Panorámica del Pacífico desde el acantilado de “Las Brisas”, en Coahuayana, Mich.

Dicha región se comprende a su vez dentro la provincia marina conocida como Región Panámica del Océano Pacífico y de la ecorregión del Pacífico Transicional Mexicano¹ (CONABIO, 2008), mismas que a su vez se ubican dentro de la región oceánica del Pacífico Oriental Tropical (POT).

La zona del POT abarca la costa continental que se extiende desde la parte sur de la Bahía de Magdalena, a lo largo de la costa exterior del sur de la península de Baja California, pasando por la parte sur y central del Golfo de California y siguiendo hacia el sur la línea costera continental hasta Cabo Blanco, en la parte norte del Perú. Esta región también incluye cinco islas oceánicas y los grupos de islas conformados por las Revillagigedo, Isla Clipperton, Isla del Coco, Isla Malpelo y las Islas Galápagos (Figura VII.9).

También se incluye en la región la totalidad o parte de la costa del Pacífico de 10 países en América Central y América del Sur: la mayor parte de México, Guatemala, El Salvador, una pequeña parte de Honduras, en la parte superior del Golfo de Fonseca; Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador y el norte del Perú, así como una pequeña parte de la Polinesia francesa, como lo es la Isla Clipperton.

¹ Para la definición de las ecorregiones a este nivel, se consideraron diferencias entre los ecosistemas marinos que ocurren a escala de cuencas oceánicas, entre las que destacan la temperatura y la circulación de las grandes corrientes y masas de agua marina (CONABIO, 2008).



Figura VII.8. Regiones oceánicas de México (Tomado de CONABIO, 2008).

Los límites continentales al norte y al sur de esta región están definidos por las corrientes frías que fluyen hacia el Ecuador desde los polos a lo largo de las costas continentales y que posteriormente se alejan de la costa hacia el Pacífico central, aproximadamente en estos lugares (Robertson y Allen, 2002). La porción comprendida entre Cabo Corrientes, Nayarit, México (20° N y 105° 41' W) y Costa Rica (10° N y 84° 15' W) ha sido caracterizada durante mucho tiempo por la convergencia de dos sistemas de corrientes en los mares mexicanos (Badan-Dangon, 1998; en CONABIO, 2008): la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) y la Corriente de California (CC), que al unirse forman parte de la Corriente Norecuatorial (CNE) (Badan, 1997; en CONABIO, 2008).

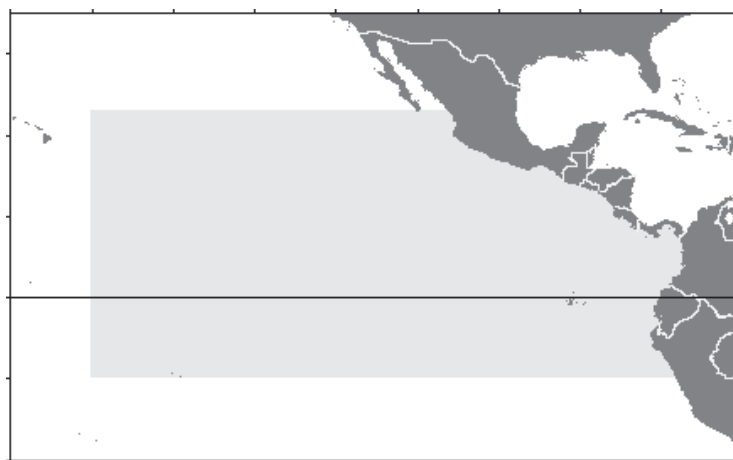


Figura VII.9. Región del Pacífico Oriental Tropical (Tomado de Fiedler & Lavín, 2006).

Existen pocos datos sobre la hidrografía de la región y en general se le considera como la región menos estudiada de los mares mexicanos. No obstante, hay evidencia de la presencia estacional de fenómenos de surgencia en distintos puntos de esta zona al inicio de la primavera, sobre lo cual, desde la década de los noventa, distintas instituciones de investigación en México han estado avocadas a la investigación de este fenómeno (Lavín *et al.*, 2006; Zamudio, *et al.* 2007; López Sandoval, *et al.* En CONABIO, 2008).

VIII. MÉTODOS

8.1. Diseño metodológico

Se llevaron a cabo faenas de colecta de crías de robalo en el río Balsas y de búsqueda de ejemplares adultos en el mar, frente el delta del mismo río. Ambas labores se realizaron con el apoyo de personal de la Delegación de la Comisión de Pesca del Estado de Michoacán (2002-2008) en la Región Sierra-Costa; de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “29 de Julio”, ambas con sede en Lázaro Cárdenas, Mich., y con pescadores de la localidad de Petacalco, municipio de La Unión, Guerrero. Para la recepción, alimentación y cuidado de los organismos colectados se contó con el apoyo de los propietarios de las granjas acuícolas comerciales de “La Mira”, en Lázaro Cárdenas, para la primera fase del proyecto en agua dulce; y de “Dancar de Occidente”, en Boca de Apiza, en Coahuayana, Michoacán, para la segunda etapa en agua salobre.

Para el diseño del estudio se atendió la información disponible sobre la biología de *C. nigrescens*, el cometido de integrar un lote de reproductores para abordar las pruebas de reproducción y crianza controladas en el mediano plazo, así como la identificación de las granjas acuícolas en las que se pudiesen llevar a cabo las pruebas de aclimatación y crecimiento, para lo cual se requería contar con instalaciones que se abastecieran con agua dulce y con agua salobre; esta última para la fase de maduración final de los organismos. De esta manera, se identificó a la zona del delta del río Balsas como un área factible para la colecta de organismos de robalo por sus características ambientales y por la disponibilidad en la zona de un número considerable de granjas acuícolas con estanquería rústica para la producción de tilapia y bagre de canal en las que se podrían correr las pruebas. Dada la necesidad de disponer de agua salobre para una segunda etapa de desarrollo final de los organismos se tuvo que buscar infraestructura ex profeso, condición que solo se tiene hasta el momento en Michoacán en la granja camaronícola de Boca de Apiza. La Figura VIII.1. ilustra la secuencia de las distintas fases del estudio, así como la labores colaterales realizadas, tales como los acuerdos previos con los propietarios de las granjas en las que se correrían las pruebas, el uso de la benzocaína para la sedación y el manejo de los ejemplares en la identificación de la especie disponible, y el monitoreo de la calidad del agua.

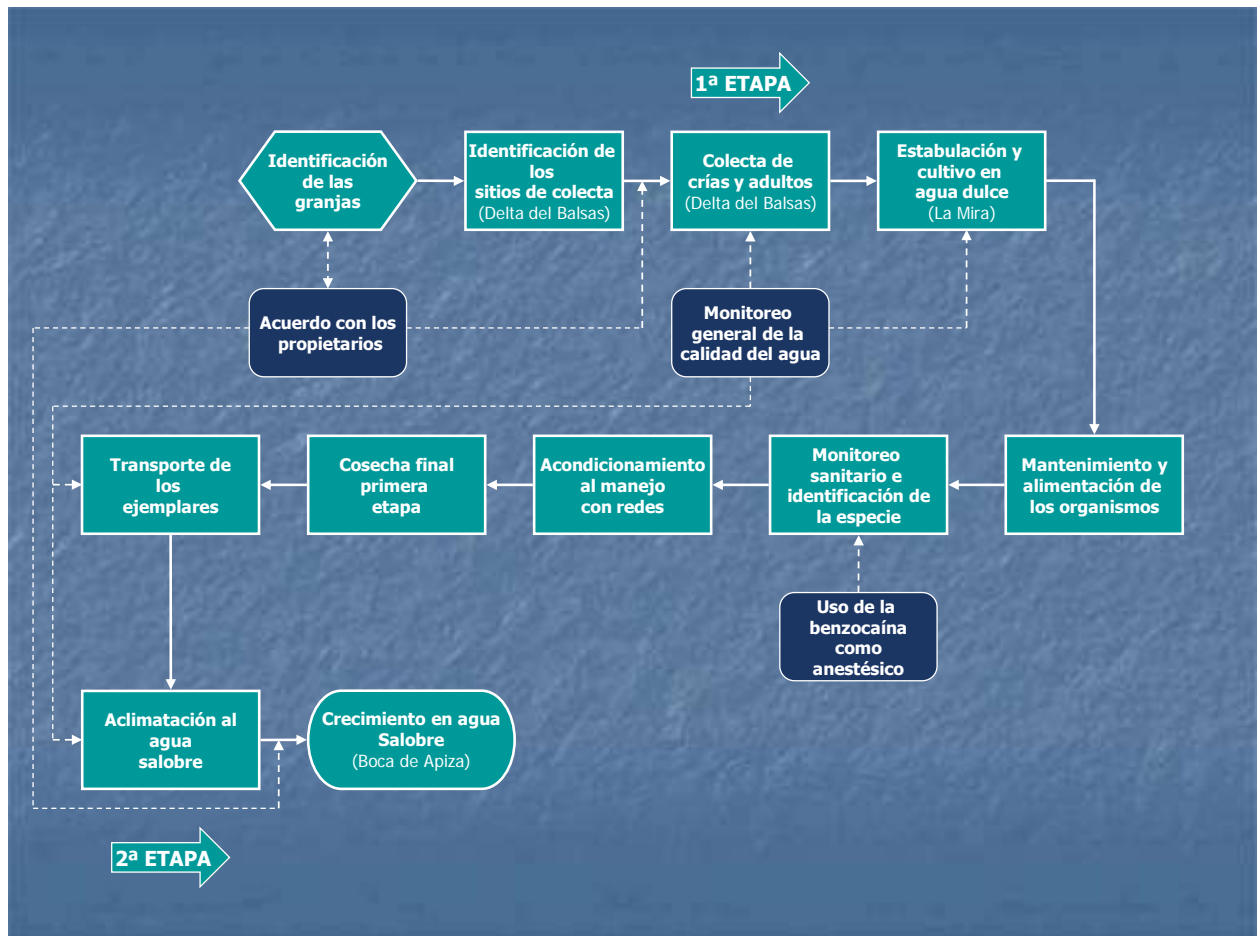


Figura VIII.1. Planteamiento metodológico y secuencia de las etapas abarcadas en el estudio.

8.2. Identificación de alternativas para la colecta de los organismos

A partir de las referencias disponibles sobre el ciclo de vida de *C. nigrescens*, en las que se menciona que es frecuente la presencia de crías y juveniles de robalo en las partes altas de los ríos (FishBase, 2009a) y de pláticas previas con pescadores de la Cooperativa “29 de Julio”, se identificó que la zona con mayor presencia de crías de robalo lo es el brazo izquierdo del delta del río Balsas¹, en el municipio de La Unión, Gro, en una zona cercana a la presa “La Villita” y de fácil acceso por carretera, donde es frecuente apreciar cardúmenes de crías de robalo por las orillas del río, particularmente al término de la temporada de lluvias. Esto fue ratificado también por pescadores de Petacalco, Gro. El brazo izquierdo del delta marca el límite territorial entre los Estados de Michoacán y Guerrero, México (Figura VIII.2.).

¹ Para la ubicación de los brazos del río, se toma como referencia su curso hacia la desembocadura en el mar.



Figura VIII.2. Zona del delta del río Balsas en las inmediaciones de los Estados de Michoacán y Guerrero, México (Google Earth, 2009).

8.3. Colecta de las crías y biometría

El sitio de colecta se encuentra en un apéndice del brazo izquierdo del río Balsas, en agua dulce, mismo que se ubica a 1.2 km del punto de salida del agua de las turbinas de la cortina de la presa “La Villita” y a 11.3 km de la desembocadura. Sus coordenadas son: 18° 02' 05.66" de latitud norte y 102° 10' 44.93" de longitud oeste, con una elevación de 9 msnm (Google Earth, 2009). Dispone de fácil acceso, ya que se ubica a corta distancia de la carretera Federal Lázaro Cárdenas-Zihuatanejo, en el municipio de La Unión, Gro (Figura VIII.3). Con el apoyo de pescadores de la localidad de Petacalco, se llevaron a cabo las faenas de colecta de crías con una red de arrastre tipo atarraya de hilo nylon monofilamento, de 2.5 m de caída y 1.0 cm de luz de malla (Figura VIII.4.), los días 25 y 26 de noviembre de 2004, entre las 11:00 y las 14:00 horas.



Figura VIII.3. Detalle de la ubicación del sitio de colecta de las crías de robalo en zona cercana a la cortina de la presa “La Villita” (Google Earth, 2010).



Figura VIII.4. Maniobra de colecta de crías con atarraya en el brazo izquierdo del río Balsas.

Las crías se transportaron en un tinaco convencional de plástico de 750 L de capacidad con suministro de oxígeno puro a través de una manguera microporo. El agua para el contenedor se captó del río en el mismo sitio de la colecta. En razón de buscar de minimizar el manejo y el estrés en los organismos solo se registró el dato de longitud total en una muestra de 38 organismos, obtenida en el primer día de esta labor. Antes de proceder a la siembra de las crías en el estanque receptor en la Granja Acuícola “La Mira”, se procuró igualar las temperaturas del agua del contenedor con respecto a la del estanque, realizando recambios de agua por espacio de 20 minutos. Para la medición de la longitud total de las crías se empleó una regla de aluminio de 30.0 cm, con una precisión de ± 0.05 cm.

8.4. Estabulación y cultivo en agua dulce

Las crías obtenidas se sembraron inicialmente en un estanque rústico de la Granja Acuícola “La Mira” de forma trapezoidal (Figura VIII.5. Subfase I), de 19 x 13 x 43 m (688m^2), de 1.2 m de profundidad, previamente preparado para el efecto, con suministro continuo de agua dulce a través del canal de riego que abastece a la granja y que proviene de la presa “La Villita”. La preparación inicial del estanque incluyó el secado de la plantilla al sol por espacio de una semana, encalado en seco a razón de 0.5 ton/ha (33.4 kg de cal hidratada). No se aplicó fertilización en razón del recambio permanente de agua que se aplica en los estanques de dicha unidad acuícola. Al cabo de 16 meses (de noviembre de 2004 a marzo de 2006) los organismos fueron reubicados a otro estanque de la granja de $2,772\text{m}^2$, de 1.2 m de tirante de agua de operación (Figura

VIII.5. Subfase II) para brindarles más espacio, en el que permanecieron por un período de 13 meses (de marzo de 2006 a abril de 2007), donde los ejemplares se aprovecharon también para incidir sobre la producción incontrolada de crías de tilapia (*Oreochromis* spp.) que se tiene regularmente en el cultivo de esta especie, en una acción de beneficio mutuo para los fines de la engorda comercial de la tilapia y del crecimiento de los robalos. En este cambio de estanque dentro de la misma granja se contabilizaron y reubicaron al reservorio de 2,772 m² un total de 39 juveniles de robalo. Las coordenadas geográficas del estanque de estabulación final de los organismos (Figura VIII.5.) son: 18° 01' 20.88" de latitud norte y 102°18' 59.39" de longitud oeste, con una elevación de 26 msnm (Google Earth, 2009).

8.5. Mantenimiento y alimentación de los organismos

Durante la primera semana de estabulación de las crías se probó la alimentación de las mismas con alimento extrudizado flotante para bagre de 3/32" de diámetro y un contenido del 32% de proteína, marca Purina, mismo que se aplicó en pequeñas dosificaciones en un mismo punto del estanque y a la misma hora (11:00 hr). En vista de la nula respuesta a su consumo se suspendió su aplicación y se continuó con la alimentación a base de organismos (peces y langostinos) que ingresan a la estanquería de manera continua a partir del canal de riego que abastece de agua a la granja.



Figura VIII.5. Estanques utilizados en la primera fase de confinamiento en agua dulce en la Granja Acuícola “La Mira”, Lázaro Cárdenas, Mich. (Google Earth, 2009).

8.6. Monitoreo sanitario e identificación de la especie

El monitoreo de los organismos se llevó a cabo en la segunda subfase en agua dulce (Figura VIII.5.), momento en el cual se revisó su condición sanitaria en tegumentos, aletas y arcos branquiales. El anestesiado de los mismos se realizó con el uso de benzocaína, se midió su longitud total y se identificó la especie colectada.

La identificación se realizó con la clave dicotómica de la FAO (1995) para peces del Pacífico Oriental Tropical. Para el efecto, se emplearon tres tinas circulares de plástico de 60 litros de capacidad, la primera para la colocación inicial de los organismos capturados, la segunda para la sedación y la última para la fase de recuperación de los ejemplares; una probeta de plástico de 100 mL, con una precisión de ± 1.25 mL, una mesa de madera, una angarilla de tela de organza de tipo chino para el manejo de los robalos y una cinta métrica flexible con una precisión de ± 0.5 mm.

8.7. Uso de la benzocaína como agente anestésico

Se empleó en base a los criterios de preparación y aplicación de Dos Reis y Cerqueira (2003), por medio de la preparación de una solución de benzocaína de grado analítico al 1% en alcohol etílico al 70%, empleando una dosis efectiva en el volumen del agua del contenedor de sedación de 60 mg de benzocaína/litro, utilizando agua del mismo estanque y sumergiendo los organismos en la solución por espacio de 3 minutos. Para el efecto, se empleó una tina circular de plástico de 60 litros de capacidad, una probeta de plástico de 100 mL, con una precisión de ± 1.25 mL, una mesa de madera y una angarilla de tela de organza para la manejo de los ejemplares.

Al cabo de los tres minutos de ser sumergidos los organismos en la solución de benzocaína mostraron una sedación completa y pérdida total del eje de nado, desapareciendo el tono muscular (Figura VIII.6.), adoptando una posición ventral y disminuyendo la frecuencia del movimiento opercular, lo que facilitó el manejo para su medición, la revisión de la condición sanitaria externa y el cotejo con la clave taxonómica. Cabe destacar que una vez que se identificó la especie con el primer ejemplar y que se corroboró que las características verificadas se presentaron también en el resto de los ejemplares capturados (particularmente por la condición de las espinas en la primera aleta dorsal que se precisa en la Figura VIII.7), los demás fueron sometidos posteriormente solo a la medición de su longitud total y revisión sanitaria.



Figura VIII.6. Secuencia del anestesiado de *C. nigrescens* en la solución de benzocaína (Se aprecia la pérdida del tono muscular en la segunda imagen).

Los organismos permanecieron fuera del agua por espacio de tres minutos y se regresaron a otro recipiente con agua del propio estanque para su recuperación, la cual se dio en un lapso de 30 segundos en agua dulce y en aproximadamente un minuto en agua marina, cuando alcanzaron de nueva cuenta el eje de nado normal, siendo regresados a continuación al estanque.

8.8. Acondicionamiento al manejo con redes

En la segunda subfase de estabulación, en la que los ejemplares se mantuvieron asociados a la engorda de tilapia en el estanque de forma triangular (Figura VIII.5.), los organismos de *C. nigrescens* se sometieron al uso de un chinchorro de arrastre en su período de estabulación de 13 meses en este reservorio, durante las maniobras de cosechas parciales de tilapia que se realizaron en dicho lapso. En estas maniobras se empleó un chinchorro de arrastre de hilo multifilamento alquitranado, de 40.0 x 2.0 m y 2 cm de luz de malla, sin copo.

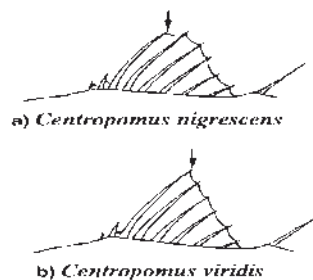


Figura VIII.7. Detalle de la disposición de las espinas de la primera aleta dorsal en *C. nigrescens* (FAO, 1995).

8.9. Captura de ejemplares adultos en el mar

De manera paralela durante la fase de cultivo en agua dulce y con el objeto de reforzar la integración de un lote de reproductores de *C. nigrescens*, con el apoyo de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “29 de Julio”, de Lázaro Cárdenas, Mich., se realizaron faenas de pesca en el mar con el arte de pesca conocido como cimbra escamera de fondo o palangre, con anzuelos tipo “garra de águila”, mismo que se caló a profundidades someras de 3 a 6 m, en la zona costera frente al delta del río Balsas (brazo izquierdo). Las coordenadas del sitio son: 17° 56' 41.38" de latitud norte y 102° 07' 55.76" de longitud oeste (Figura VIII.8.).

Dicho arte de pesca consta de una serie de anzuelos que se insertan de manera equidistante a una línea madre (reinal) de varios cientos de metros de longitud y que se cala a distintas profundidades, dependiendo de las especies objetivo, colocando un lastre y una boya indicadora en los extremos (Figura VIII.9.). La ventaja del anzuelo tipo “garra de águila” estriba en que no es un anzuelo de muerte, su forma permite que la inserción ocurra en los arcos mandibulares del pez, lo que permite que sobreviva por mayor tiempo, en contraste con otros tipos de anzuelos. Los ejemplares capturados se sedaron en lo inmediato con benzocaína a 60 mg/L en agua marina.



Figura VIII.8. Ubicación del área de colecta de adultos de *C. nigrescens* en el mar frente a la zona del delta del río Balsas (Google Earth, 2009).

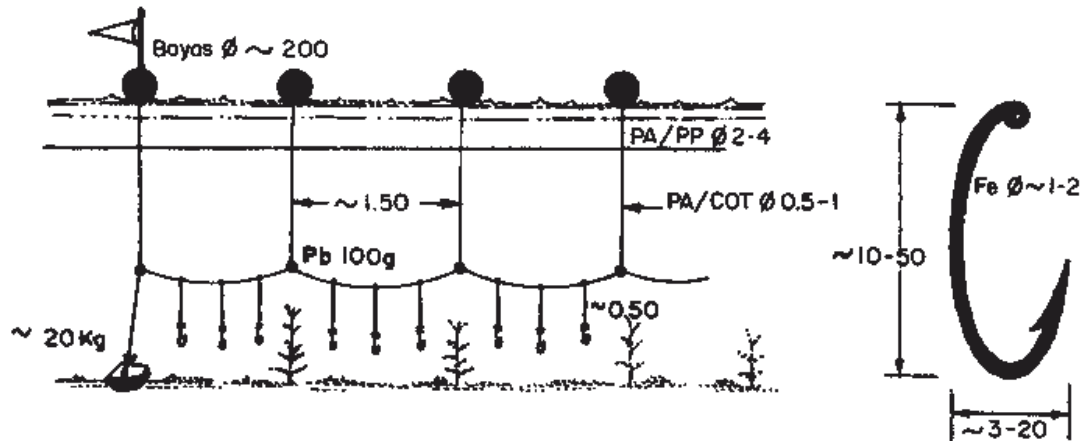


Figura VIII.9. Esquema de una cimbra escamera de fondo o palangre (www.fao.org/docrep/008/s7088s/S7088S84.gif).

Para disminuir de manera paulatina la salinidad durante el traslado en la embarcación, del sitio de colecta al de ubicación del vehículo con el transportador, se introdujo agua dulce al vivero de la lancha conforme se ingresó al río Balsas, realizando igualmente un recambio con agua dulce en dicho contenedor por espacio de 30 minutos, antes de introducir los ejemplares en el estanque de confinamiento en La Mira. La inferencia del sexo en los ejemplares capturados se valoró por medio de una ligera presión abdominal hacia el poro genital, buscando la emisión de gametos.

De igual forma, se realizó el monitoreo de la calidad del agua en el sitio de colecta. La medición de la longitud total se realizó con una cinta métrica flexible con una precisión de ± 0.5 mm y con una báscula de reloj de 20 kg, con una precisión de ± 0.125 kg, empleando una angarilla de tela de organza para el pesaje.

8.10. Cosecha al final de la primera etapa en agua dulce

La cosecha se llevó a cabo en dos eventos, en los meses de marzo y abril de 2007, realizándose en ambos casos el vaciado parcial del estanque desde un día antes para facilitar las maniobras de captura. Los operativos tuvieron verificativo por la mañana con el empleo de un chinchorro de arrastre de hilo multifilamento alquitranado de 40.0 x 2.0 m, de 2.0 cm de luz de malla, sin copo. El agua para el transportador se captó directamente del canal de abastecimiento de la granja para procurar las mejores condiciones en la calidad del agua durante el traslado.

8.11. Transporte de los ejemplares y aclimatación al agua salobre

El traslado de los ejemplares de La Mira, Lázaro Cárdenas, a Boca de Apiza, Mpio. de Coahuayana, se realizó en dos viajes, empleando para el efecto un transportador comercial de 1.0 m³ de capacidad, térmico, de doble pared, equipado con un sistema integrado de aireación con manguera de microporo, así como un tinaco cilíndrico de plástico de 1.5 m³ de capacidad, adaptado igualmente con manguera microporo; aplicando en ambos casos suministro de oxígeno puro. Se procuró en dichas jornadas iniciar los redeos lo más temprano posible. En ambos eventos, y de manera previa a la siembra de los organismos en el estanque de agua salobre, se aplicó baño corto con permanganato de potasio a una concentración de 1.5 mg/L durante las fases de recambio de agua. De igual forma, se aplicó benzocaína a una concentración de 2.5 mg/L en los contenedores de transportación como agente antiestrés durante el traslado. Para igualar los valores de temperatura y salinidad entre el agua de los contenedores de transportación y la del estanque, al momento del arribo a la granja camaronícola en Boca de Apiza, se aplicaron recambios en los transportadores con el agua del estanque por medio de una motobomba eléctrica de 1", incrementando gradualmente la salinidad y la temperatura del agua en los mismos. La determinación de las biomásas al inicio de las maniobras del traslado de los organismos se realizó con una báscula de reloj de 20 kg de capacidad, con una precisión de ± 0.125 kg, realizando los pesajes por lotes de ejemplares, empleando para el efecto una angarilla de tela.

8.12. Aclimatación y crecimiento en agua salobre

Los ejemplares transportados se sembraron en un estanque rústico de la Granja Camaronícola "Dancar de Occidente", de 50 x 90 m (4,500 m²), en el que permanecieron por espacio de 15 meses a cerca de 22 ‰ de salinidad. Las coordenadas del estanque de estabulación son 18° 41' 02.87" de latitud norte y 103° 43' 48.71" de longitud oeste, con una elevación de 1 msnm (Google Earth, 2010) (Figura VII.6.).

La alimentación de los organismos se realizó a base de camarón vivo de la propia granja y de liseta viva que se recolectó en el río Coahuayana con el apoyo de pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "El Platanito", de la localidad de Boca de Apiza. En base a las posibilidades de la granja, el camarón se procuró suministrar dos

veces por semana (miércoles y sábados). La tasa de aplicación de camarón vivo a lo largo de este período fue de 2% sobre la biomasa al momento del arribo de los organismos/día. El suministro de liseta viva fue intermitente y estuvo supeditado a las posibilidades de los pescadores.

8.13. Monitoreo general de la calidad del agua

Para evaluar las condiciones de la calidad del agua en las distintas fases del estudio, el monitoreo se llevó a cabo en cinco momentos: en la colecta de las crías en el brazo izquierdo del río Balsas; al arribo a la Granja Acuícola "La Mira", en Lázaro Cárdenas, en el transporte de los organismos de Lázaro Cárdenas a Boca de Apiza y al arribo a la Granja Camaronícola "Dancar de Occidente", en esta última localidad; así como en la zona de captura de ejemplares adultos, en un punto cercano a la desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas. Para el efecto, se utilizó un equipo Hach Modelo FF-2 con titulador digital para la medición de las siguientes variables de la calidad de agua: potencial de Hidrógeno (pH \pm 0.25), alcalinidad y dureza totales (\pm 0.5 mg/L) y amonio no ionizado (\pm 0.0005 mg/L); así como un multiparamétrico portátil marca YSI, modelo 85-10FT, para la medición de la temperatura (\pm 0.05 °C), oxígeno disuelto (\pm 0.05 mg/L) y salinidad (\pm 0.05 ‰).

8.14. Resumen de la ubicación de los sitios clave del proyecto

En la Tabla VIII.1 se presenta un condensado de los datos referentes a la georeferenciación de los sitios de colecta y ubicación de los organismos a lo largo del estudio.

Tabla VIII.1. Resumen de las coordenadas de los sitios referidos en el estudio.

FASE	Sitio	Fecha de realización	Coordenadas
Colecta de crías	Brazo izquierdo del río Balsas	25/11/2004	18° 02' 05.66" N 102° 10' 44.93" O
Ingreso a la fase en agua dulce	Granja Acuícola "La Mira", Lázaro Cárdenas	25/11/2004	18° 01' 20.88" N 102° 18' 59.39" O
Ingreso a la fase en agua salobre	Granja Camaronícola en Boca de Apiza, Mpio de Coahuayana	27/04/2007	18° 41' 02.87" N 103° 43' 48.71" O
Colecta en el mar	Desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas	12/07/2006	17° 56' 41.38" N 102° 07' 55.76" O

(Google Earth, 2009)

IX. RESULTADOS

9.1. Colecta de las crías

Con la realización de un total 12 lances con atarraya en el sitio de colecta, a 11.3 km de la desembocadura (Figura VIII.3.), se logró la colecta de 201 crías y la estabulación de un total de 198 crías viables de robalo de talla uniforme, con un intervalo de longitud total de 4.9 a 7 cm; 104 crías en el primer día y 94 en el segundo (Tabla IX.1), mismas que fueron transportadas y sembradas en el estanque de la Granja Acuícola “La Mira”.

El desglose de los datos merísticos obtenidos se presenta en la Tabla IX.2. Del procesamiento estadístico de una muestra de 38 organismos se obtuvo una longitud promedio de 6.03 cm, una mediana de 5.95 cm, una moda de 6.8 cm, una varianza de 0.37 cm y un valor de desviación estándar de tan solo 0.61 cm; aspectos que se analizan y discuten en el apartado correspondiente.

9.2. Aclimatación y crecimiento en agua dulce

Hubo una respuesta nula al consumo de alimento balanceado por el hábito de las crías colectadas al consumo de presas vivas en su hábitat natural, por lo que se continuó con la alimentación a través de organismos que ingresan a la estanquería de la granja de manera continua a partir del canal de abastecimiento de agua.

Durante la primera semana de estabulación de las mismas se aplicaron pequeñas porciones de alimento en un mismo punto del estanque y a la misma hora, sin que se apreciara su consumo, permaneciendo el mismo en la superficie hasta desintegrarse, por lo que se suspendió su aplicación.

El carácter flotante del alimento utilizado permitió valorar la factibilidad de su consumo. Por otra parte, no fue posible evitar el ingreso de componentes de la ictiofauna nativa presente en el canal de abastecimiento de agua, por lo que la oferta de alimento natural siempre estuvo disponible a lo largo de la fase de crecimiento en agua dulce.

Tabla IX.1. Resultados de las maniobras de colecta de crías.

Fecha	Hora de inicio	Hora de término	No. de lances	No. de crías colectadas	No. de bajas registradas	No de crías introducidas
25/11/04	11:03	14:10	7	107	3	104
26/11/04	11:15	14:05	5	94	0	94
Totales:			12	201	3	198

Tabla IX.2. Registro de la longitud total de las crías colectadas.

No. de ejemplar	Longitud total (cm)	No. de ejemplar	Longitud total (cm)
1	6.8	20	6.8
2	7.0	21	6.7
3	5.1	22	5.8
4	6.3	23	6.8
5	5.1	24	6.1
6	5.4	25	6.9
7	6.6	26	5.9
8	5.3	27	6.2
9	6.1	28	5.4
10	5.8	29	5.7
11	6.3	30	5.6
12	5.9	31	6.0
13	5.7	32	5.2
14	4.9	33	5.8
15	6.8	34	6.9
16	5.6	35	6.7
17	6.4	36	6.0
18	5.3	37	5.9
19	5.6	38	6.9

Respecto a la ictiofauna nativa de la Cuenca Baja del río Balsas, presente en la presa “La Villita”, reservorio que abastece de agua para riego a toda la zona en la que se ubica la granja, está constituida por especies de las familias: Characidae, Cichlidae, Goodeidae, Poeciliidae, Gobiidae, Atherinopsidae, Cyprinidae e Ictaluridae, entre las que se encuentran: *Astyanax fasciatus*, la mojarra nativa *Cichlasoma istlanum*, *Heterandria* sp., *Ilyodon whitei*, *Poecilia butleri*, *P. maylandi*, *Poeciliopsis infans*, y *Sicydium multipunctatum*; además de *Atherinella balsana*, *Chapalichthys pardalis*, *Hybopsis boucardi*, *Ictalurus balsanus*, *Notropis sallei*, y *Poeciliopsis balsas*; además de postlarvas y adultos de chacal o langostino nativo (individuos de *Procambarus bouvieri*, y *Macrobrachium* spp.); y de crías de tilapia (*Oreochromis* spp.) (Arriaga, et al., 2000). Estos organismos ingresan regularmente a los estanques, aunque es de destacarse la mayor presencia de mojarra nativa y de tilapia en los canales de riego y consecuentemente en los estanques, con respecto a la de las otras especies. La Figura IX.1. ilustra algunas de las especies representativas de las familias mencionadas.



Characidae/ *Astyanax fasciatus*



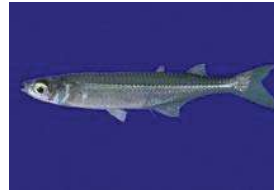
Cichlidae/ *Cichlasoma istlanum*



Goodeidae/ *Ilyodon whitei*



Poecilliidae/ *Poecilia butleri*



Atherinopsidae/ *Atherinella balsana*



Ictaluridae/ *Ictalurus balsanus*



Poecilliidae/ *Poeciliopsis balsas*



Palaemonidae/ *Macrobrachium* sp.



Cichlidae/ *Oreochromis niloticus*

Figura IX.1. Especies representativas de la fauna acuática de la Cuenca Baja del río Balsas (Fishbase/Google images, 2009).

9.3. Estado sanitario e identificación de la especie

El monitoreo de los organismos se llevó a cabo el 26 de mayo de 2006 en el estanque de la subfase II (Figura VIII.5.), logrando la captura de 5 ejemplares de robalo de talla similar, de 18 meses de edad para ese momento (Tabla IX.3.), de un promedio de 52.8 cm de longitud total. El análisis estadístico de esta muestra arrojó una mediana y moda de 53 cm, 2.2 cm de varianza y un valor de desviación estándar de 1.48 cm.

En todos los casos se encontró una condición sanitaria externa adecuada en los siguientes aspectos:

- Tegumentos con coloración brillante y escamación firme y normal.
- Ausencia de lesiones y de ectoparásitos.
- Aletas completas, sin parásitos ni lesiones.
- Arcos y láminas branquiales firmes, compactas y completas, de coloración y apariencia normales, sin la presencia de hongos ni de ectoparásitos.

Tabla IX.3. Datos merísticos de los juveniles monitoreados.

No. de ejemplar	Longitud total (cm)
1	53
2	55
3	51
4	53
5	52

Respecto a la identificación de la especie, una vez sedados los organismos, la identificación se realizó a través del cotejo con la clave disponible. Los resultados encontrados así como los rasgos diagnósticos de la especie son los siguientes (FAO, 1995), de lo que se determinó que la especie disponible es *Centropomus nigrescens* (Günther, 1864):

- La longitud de las aletas pectorales subigual a aquella de las pélvicas; extremos de las aletas pélvicas no mas oscuras que la superficie restante (generalmente pálida); número de radios anales 6 (raramente 5 ó 7).
- Segunda espina anal corta; al ser plegada contra el cuerpo, su punta termina muy por delante de la base de la aleta caudal (Figura IX.2.).
- La tercera espina dorsal aproximadamente de igual altura que la cuarta (aleta en posición erguida); espacio interorbitario ancho, comprendido de 1.3 a 1.4 veces en la longitud del hocico (Figura IX.3., a).

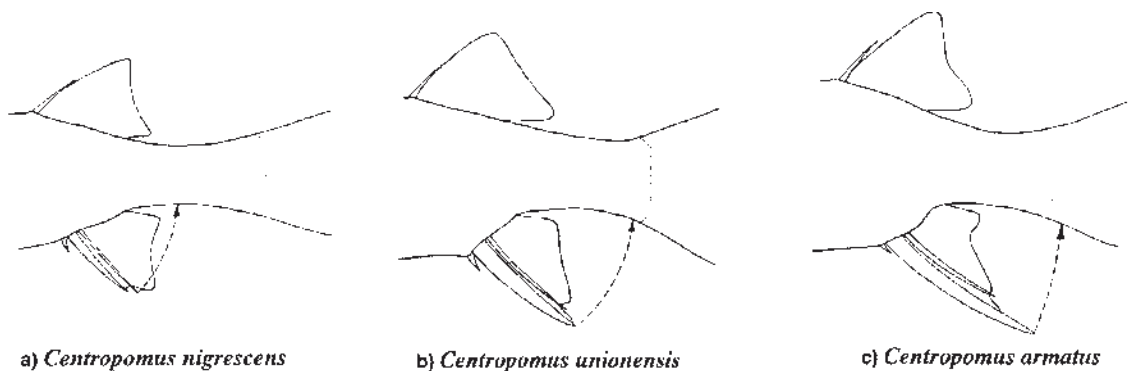


Figura IX.2. Longitud comparativa y proporción de la segunda espina de la aleta anal con respecto a la base de aleta caudal en *C. nigrescens*. (FAO, 1995).

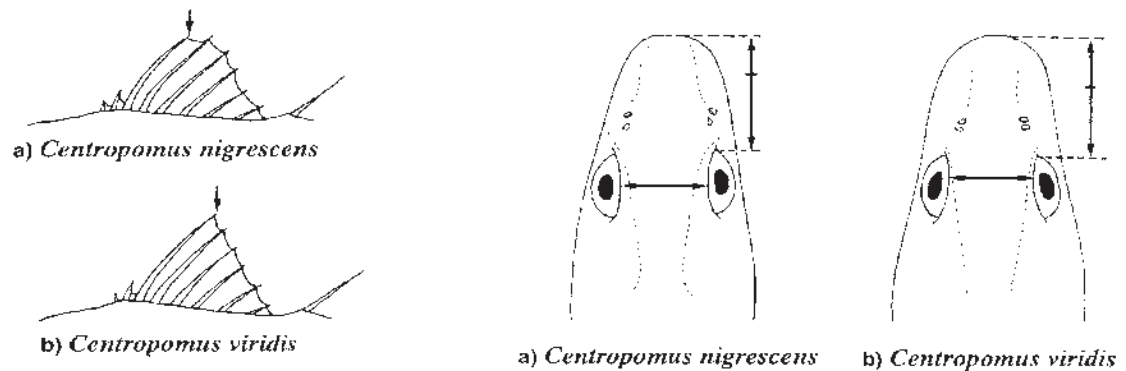


Figura IX.3. Altura comparativa de la tercera y cuarta espinas de la primera aleta dorsal y proporción del espacio interorbitario en *C. nigrescens* (FAO, 1995).

Por otra parte, en todos los casos se procuró la identificación del sexo, buscando alguna condición apreciable en los tegumentos y en las aletas, u otra característica externa, así como por la aplicación de una ligera presión en la región abdominal; no encontrando característica alguna que permitiese establecer una diferenciación al respecto, ni la emisión de gametos por el poro genital, por lo que se trataba de organismos juveniles inmaduros, sin dimorfismo sexual aparente en ese momento.

9.4. Uso de la benzocaína como agente anestésico

Se realizaron dos pruebas con el uso de la solución de benzocaína para la sedación de los ejemplares, una en agua dulce, para el monitoreo sanitario y la identificación de la especie y otra en agua marina durante la colecta de ejemplares adultos (Tabla IX.4).

En el caso de la prueba en agua dulce, al cabo de tres minutos de ser sumergidos los organismos en la solución de benzocaína mostraron una sedación completa, lo cual se logró con la pérdida total del eje de nado (los organismos adoptaron una posición ventral), la desaparición del tono muscular y la disminución de la frecuencia del movimiento opercular, lo que facilitó el manejo para su medición, la revisión de la condición sanitaria externa y el cotejo con la clave taxonómica, por un lapso de tres minutos. En este medio, la recuperación del eje de nado demoró tan solo 30 segundos, cuando los ejemplares se pasaron a la tina de recuperación con agua del estanque. Esta

prueba se llevó a cabo el 26 de mayo de 2006, a las 13:30 horas, bajo una temperatura en el agua de 31° C y una salinidad de 0.2 ‰.

Para el caso de la prueba en agua de mar, esta se realizó el 12 de julio de 2006, a las 12:30 horas, frente a la desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas, en la captura con cimbra escamera de un ejemplar hembra de *C. nigrescens*. En este caso, el tiempo de inmersión fue de igual forma de tres minutos, con el mismo efecto que se logró en agua dulce, solo que por el tamaño del ejemplar (no cabía en la tina con el anestésico) el indicador de la sedación total se valoró por la pérdida del tono muscular (Figura VIII.6.), lo cual se logró durante este lapso. La recuperación del eje de nado se logró en 60 segundos, dentro del vivero de la embarcación (Figura IX.6.). Esta prueba se realizó bajo una temperatura en el agua de 28° C y una salinidad de 25.0‰. El resumen de los resultados alcanzados se presenta en la Tabla IX.4.

9.5. Acondicionamiento al manejo con redes

Los organismos de *C. nigrescens* se aclimataron al uso del chinchorro de arrastre en su período de estabulación de 13 meses en el segundo estanque, período en el que se realizaron al menos tres cosechas parciales de tilapia. Los ejemplares no mostraron señales de estrés, ni de movimientos violentos que los pudieran lastimar en las maniobras (Figura IX.4.).

9.6. Captura de ejemplares adultos en el mar

Entre los años de 2006 y 2007 se realizaron cuatro faenas de pesca en el mar con la cimbra escamera de fondo o palangre (Figura IX.5.).

Tabla IX.4. Resultados del uso de la benzocaína como agente anestésico en *C. nigrescens*.

Fecha	Hora	No de ejemplares	Dosis (mg/L)	Medio	Temperatura (° C)	Salinidad ‰	Tiempo de inmersión ^{a/}	Tiempo de recuperación ^{b/}
26/05/06	13:30	5	60	Agua dulce	31	0.2	3 min	30 seg
12/07/06	12:30	1	60	Agua marina	28°	25.0	3 min	60 seg

a/ Lapso en el que los ejemplares se colocaron en la solución de benzocaína, en el caso del ejemplar adulto, con el auxilio de la angarilla de tela.

b/ Tiempo en el que los ejemplares alcanzaron el eje de nado normal.



Figura IX.4. Maniobras de redeo en el estanque de confinamiento final de los robalos en La Mira.

A partir de esta labor se capturaron tres ejemplares adultos de *C. nigrescens* en distintos momentos, de los cuales uno logró sobrevivir y sumarse al lote disponible en la Granja Acuícola “La Mira”, en razón de que se pudo recuperar de la cimbra al poco tiempo de haberse trabado en el anzuelo, en contraste con los otros dos casos, en los que los organismos se colectaron en condición crítica. El ejemplar sobreviviente fue una hembra¹ de *C. nigrescens* de 7.1 kg de peso y 95.0 cm de longitud total, capturada el 12 de julio de 2006, frente a la desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas, a unos 200 m de la costa (Figura VIII.8.). En los tres casos se verificaron los rasgos diagnósticos en la proporcionalidad de las espinas de la primera aleta dorsal que identifican a la especie.



Figura IX.5. Faena de recuperación de la cimbra escamera en el mar frente al delta del río Balsas.

¹ Dado el protandrismo de los robalos, los ejemplares de tallas grandes generalmente son hembras. *C. nigrescens* no parece presentar un dimorfismo sexual aparente. Al aplicar una ligera presión abdominal en el ejemplar capturado no se presentó emisión de gametos. No obstante, considerando que fue capturado en la temporada de reproducción, es muy probable que un macho de esta talla hubiese emitido semen; por lo que, aunque no se hizo una canulación, existe una alta probabilidad de que se tratase de una hembra en fase de maduración final.

9.6.1. Aclimatación al agua dulce

La hembra capturada se sedó en lo inmediato con benzocaína en agua marina a 60 mg/L para mitigar el estrés y facilitar el manejo (Figura IX.6.), llevándola de 25 ‰ de salinidad en el punto de colecta a 0.2 ‰ en el estanque con agua dulce (Figura VIII.5, Subfase II), en un período de dos horas. Es de destacarse que dicho ejemplar siempre se mostró en excelentes condiciones, desde el momento de su estabulación en el contenedor de transportación hasta su siembra en el estanque de confinamiento (Figura X.2.), lo que evidenció una capacidad notable de recuperación. Al cabo de 9 meses de estabulación y alimentación a base de alimento vivo en agua dulce en La Mira, al igual que el resto de los robalos, esta hembra fue trasladada también con éxito a Boca de Apiza en el mes de abril de 2007, mostrando de igual manera adaptabilidad y docilidad al uso del chinchorro en las maniobras de cosechas parciales de tilapia que se realizaron en este reservorio, sin que se presentaran movimientos drásticos que le pudieran causar daño.

9.7. Cosecha y balance de la primera etapa en agua dulce

La fase de confinamiento, aclimatación y crecimiento de las crías y la hembra de *C. nigrescens* en agua dulce en la Granja Acuícola “La Mira” tuvo una duración total de 29 meses (dos años, cinco meses), bajo las condiciones de manejo ya especificadas.

La cosecha de los ejemplares en el estanque de estabulación final se realizó en dos fechas: 20 de marzo y 27 de abril de 2007. Los operativos tuvieron verificativo entre las 09:00 y las 13:00 hrs. De dichas maniobras se logró la cosecha final de un total 31 ejemplares viables, 30 en un rango de entre 30 a 60 cm de longitud total; además de la hembra de 7.1 kg (Figura IX.7.). El balance final se presenta en la Tabla IX.5.



Figura IX.6. Secuencia de la colecta y transporte de ejemplar hembra de *C. nigrescens*. En el primer plano se aprecia el punto de inserción del anzuelo en la mandíbula inferior.



Figura IX.7. Secuencia de la cosecha de los robalos al final de la fase en agua dulce.

9.8. Transporte de los ejemplares y aclimatación al agua salobre

El traslado de los ejemplares de La Mira a Boca de Apiza se realizó el 20 de marzo de 2007 y el 27 de abril de ese mismo año (Figura IX.8.). En el primer viaje se transportaron 21 organismos, abarcando una biomasa total de 17.35 kg y una densidad de carga de 11.6 kg/m^3 , en un lapso de 4.5 horas a una temperatura en el agua de $25\text{-}26^\circ \text{C}$. El lapso de aclimatación de temperatura y salinidad en Boca de Apiza se realizó en 2.5 horas. No se presentó baja alguna en el operativo.

Tabla IX.5. Balance final de resultados de la primera etapa en agua dulce.

PARÁMETRO	RESULTADOS
No inicial de crías sembradas (5-7 cm):	198
No de adultos capturados:	1 hembra de 95 cm y 7.1 Kg de peso.
No total de ejemplares viables en la primera etapa:	31
Biomasa total:	30.25 Kg
Peso promedio	0.98 Kg
Rango aproximado de tallas (Longitud total):	30-60 cm
No. de ejemplares cosechados en la primera subfase :	39
Sobrevivencia en la primera subfase:	20%
No. de bajas registradas en primera subfase:	Ninguna
No. de bajas inferidas en primera subfase:	159 crías
No. de bajas registradas segunda subfase:	6
No. de bajas inferidas en segunda subfase:	2
Causas aparentes de mortalidad:	<ul style="list-style-type: none"> • Depredación por aves y canibalismo en la 1ª subfase (159 crías). • Manejo en las acciones de redeo. • Pesca furtiva en segunda subfase (2 juveniles).



Figura IX.8. Transporte de los ejemplares y siembra en el estanque de Boca de Apiza.

En el segundo viaje se transportaron 10 ejemplares, incluida la hembra de 7.1 kg de peso. Se destaca en este evento la captura, traslado y estabulación exitosos de dicho ejemplar. Este viaje se realizó de las 14:00 a las 19:00 horas (cinco horas), con etapas de revisión en Caleta de Campos, Maruata y Motín del Oro, en la costa michoacana.

Al momento del arribo en la granja de Boca de Apiza, los valores de oxígeno disuelto, temperatura y salinidad en el agua de los transportadores, de manera respectiva fueron: 14.7 mg/L, 27.2° C y 0.2 ‰, y de 8.5 mg/L, 31.9° C y 21.8 ‰ en el estanque receptor. Los valores de pH, alcalinidad y dureza totales, tanto del agua de los transportadores como de la del estanque receptor se presentan en la Tabla IX.8.

La aclimatación al cambio de temperatura, salinidad y demás condiciones de la calidad del agua se realizó en un lapso de dos horas, con recambios graduales de agua (Figura IX.9.), aplicando, como en la jornada anterior y como medida profiláctica, baño corto con permanganato de potasio a una concentración de 1.5 mg/L en uno de los lapsos de recambio. En ambos traslados, se aplicó benzocaína a una concentración de 2.5 mg/L en los contenedores como agente antiestrés.

La biomasa total en este segundo viaje fue de 12.9 kg, determinando una carga promedio de 8.6 kg/m³, presentándose la baja de dos ejemplares en la escala de Maruata, a las dos horas de traslado (Figura IX.11.).

De esta manera, el conteo final de ejemplares que arribaron viables al 27 de abril de 2007 a Boca de Apiza fue de 29 juveniles de robalo prieto, dentro de los que se encuentra el ejemplar de 7.1 kg. El resumen de los resultados logrados en la transportación y arribo a la granja de Boca de Apiza se expresan en la Tabla IX.6.



Figura IX.9. Recambio de agua en el transportador para la aclimatación al agua salobre antes de proceder a la siembra de los organismos.

9.9. Aclimatación y crecimiento en agua salobre

Los ejemplares transportados se sembraron en el estanque rústico de 50 x 90 m (4,500 m²) de la Granja Camaronícola “Dancar de Occidente” (Figura IX.10.), en el que permanecieron por espacio de 15 meses de confinamiento (de marzo de 2007 a junio de 2008) y crecimiento en agua a 21.8 ‰ de salinidad. De inicio el estanque receptor se apreció en buenas condiciones de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto y salinidad), con una alta proliferación de zooplancton.

Al corte de seguimiento de esta segunda etapa de formación del lote de futuros reproductores de la especie, al mes de junio de 2008, los 29 ejemplares de *C. nigrescens* se mantuvieron sin sufrir baja alguna, con alimentación a base de camarón vivo de la propia granja y de la siembra periódica de liseta viva (*Mugil* sp.) que se colectaba en el río Coahuayana, lo que significó una sobrevivencia del 100% para esta etapa.



Figura IX.10. Aspecto del estanque receptor en Boca de Apiza y siembra de los ejemplares.

Desde un principio se acordó con el responsable técnico de la granja el suministro de camarón en los días establecidos (miércoles y sábados), de lo cual siempre se tuvo la evidencia del comportamiento depredador de los robalos, los cuales se acercaban de manera inmediata al sitio de aplicación al momento de suministrar el camarón.

La tasa de aplicación del mismo, que se procuró realizar en los días indicados, fue a razón del 2% sobre la biomasa aproximada de los ejemplares disponibles. En base a los criterios enunciados en el apartado de Métodos, en la Tabla IX.7. se resume este aspecto. El suministro de liseta viva fue intermitente y estuvo supeditado a las posibilidades de los pescadores de la Sociedad Cooperativa “El Platanito”, de la localidad.

9.10. Registro de la calidad del agua por fase

Las mediciones se realizaron en cinco momentos a lo largo del estudio. En la Tabla IX.8. se presentan los valores encontrados en las fases de: Colecta de las crías en el brazo izquierdo del río Balsas; arribo de las mismas en agua dulce en el estanque de la Granja Acuícola “La Mira”, en Lázaro Cárdenas; transporte de los organismos de Lázaro Cárdenas a Boca de Apiza, Mpio. de Coahuayana (Figura IX.11.); arribo a la Granja Camaronícola “Dancar de Occidente”, en dicha localidad; así como en la colecta de la hembra de *C. nigrescens* en el mar. Se precisa la fecha y la hora de los muestreos.

A partir de los resultados obtenidos en los monitoreos, en la Tabla IX.9. se presentan los intervalos de los valores registrados en los parámetros que fueron sujetos a medición a lo largo del estudio, entre el 25 de noviembre de 2004 y el 27 de abril de 2007. Atendiendo los sitios correspondientes a las fases que se señalan en la Tabla IX.8., los valores hallados en la calidad del agua corresponden a niveles propios del hábitat natural de los organismos colectados, para los parámetros que fueron medidos, ya que incluso en las fases de ingreso de las crías a agua dulce y en su trasportación posterior a Boca de Apiza, estas se llevaron a cabo utilizando agua del Distrito de Riego No 98, que se abastece de la presa “La Villita”, misma que se alimenta del propio río Balsas.

Tabla IX.6. Resumen de los resultados alcanzados en las maniobras de transportación de los ejemplares.

No. Traslado	Fecha	No de ejemplares	Biomasa total (kg)	Densidad de carga (kg/m ³)	Duración del viaje (horas)	Gradiente de salinidad ^{a/} (‰)	Gradiente de temperatura ^{a/} (°C)	Gradiente de oxígeno disuelto ^{a/} (mg/L)	Lapso de aclimatación ^{b/} (horas)	No. de bajas	Total de organismos viables
1	20/03/2007	21	17.35	11.6	4.5	0.2-21.8	27.2-31.9	8.5-14.7	2.5	ninguna	21
2	27/04/2007	10	12.9	8.6	5	0.2-21.8	27.2-31.9	8.5-14.7	2	2	8
Totales/promedio:	-	31	30.25	10.1	4.75	0.2 - 21.8	27.2 – 31.9	8.5 -14.7	2.25	2	29

a/ Se refiere a la diferencia en los valores de los parámetros indicados al momento del arribo a la granja camarónica en Boca de Apiza, entre el agua del transportador y el agua del estanque receptor.

b/ Lapso de tiempo en el que los organismos se pasaron del transportador al estanque receptor con agua salobre (21.8 partes por mil). El agua se fue recambiando de manera gradual en los contenedores de transportación hasta lograr los valores encontrados en el estanque, para los parámetros indicados.

Tabla IX.7. Resumen del suministro de camarón vivo en la fase de agua salobre.

INDICADOR	VALORES
Biomasa inicial de los robalos:	30.25 kg
Porcentaje de aplicación:	2%
Dosificación por día:	0.605 kg
Cantidad suministrada por semana:	4.2 kg
No de semanas de aplicación:	60
Cantidad total suministrada durante el período:	252 kg

Lo mismo procede para los valores encontrados en la colecta de la hembra frente a la desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas y en la siembra de los robalos en el estanque de Boca de Apiza, en la segunda fase del estudio, sitio en el que el nivel freático del pozo de agua salobre que abastece a la granja se ubica en una zona adyacente a la desembocadura del río Coahuayana, hábitat natural también de distintas especies de robalo.

**Figura IX.11.** Aspecto sobre el monitoreo de la calidad del agua en el segundo viaje de traslado de los organismos.

Tabla IX.8. Registro de la calidad del agua por fase.

FASE	Sitio del muestreo	Fecha	Hora	Temp (° C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Salinidad (‰)	Alcalinidad Total (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Amonio no Ionizado (mg/L)
Colecta de Crías	Brazo izquierdo del río Balsas	25/11/2004	13:00	27.5	8.9	8	0.2	116	150	0.031
Ingreso a la fase en agua dulce	Granja Acuícola "La Mira", Lázaro Cárdenas	25/11/2004	14:50	27.5	5.38	8	0.2	95	153	0.051
Trasporte en agua dulce	Contenedores (Previo a la siembra en Boca de Apiza)	27/04/2007	19:00	27.2	14.7	8	0.2	118	154	0.031
Ingreso a la fase en agua salobre	Granja Camaronícola en Boca de Apiza	27/04/2007	19:30	31.9	8.5	7.5	21.8	176	Mayor a 6,000 mg/L	0.048
Colecta en el mar	Desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas	12/07/2006	12:40	28.0	9.2	7.4	25.0	-	-	-

9.11. Balance final de sobrevivencia por fase

Los índices de sobrevivencia que fueron logrados en las distintas fases y actividades clave del estudio se condensan en la Tabla IX.10. Las etapas y maniobras contempladas son: Colecta de crías, primera y segunda subfases en agua dulce, uso de la benzocaína como agente anestésico, colecta de ejemplares adultos en el mar, transporte de los organismos de La Mira a Boca de Apiza, y segunda etapa (final) de crecimiento en agua salobre en esta última localidad. Se presentan como elementos de interés, los sitios de cada evento, la duración de los mismos en la dimensión que le correspondió a cada cual, el número inicial de organismos por fase o actividad, el número final resultante y la correspondiente tasa de sobrevivencia, expresada en porcentaje.

Tabla IX.9. Intervalos de los valores registrados en los parámetros de calidad del agua.

Parámetro	Intervalo de valores registrados
Temperatura	27.2 – 31.9 °C
Oxígeno disuelto	5.38 – 14.7 mg/L
pH	7.4 – 8.0
Salinidad	0.2 – 25.0 ‰
Alcalinidad total	95 – 176 mg/L
Dureza total	150 – mas de 6,000 mg/L
Amonio no ionizado	0.031 – 0.051 mg/L

Como se puede apreciar, salvo el caso de la primera subfase en agua dulce en la que la sobrevivencia fue del 20% (de crías de un promedio de longitud total de 6.03 cm a juveniles de 52.8 cm de L.T., en 16 meses de crecimiento), en todas las demás etapas y maniobras los índices fueron aceptables y, en los casos de las maniobras de sedación, transportación de los ejemplares y en la fase de crecimiento en agua salobre, satisfactorias, incluso del 100%. Todos estos aspectos se analizan al detalle en el apartado de discusión.

9.12 Referencia temporal de las distintas fases del estudio

Finalmente, es importante destacar que el estudio se llevó a cabo entre el mes de noviembre de 2004 al mes de junio de 2008, abarcando un total de 43 meses (tres años, siete meses) de duración. En la Tabla IX.11. se ilustra la dimensión temporal de cada una de las etapas y actividades abarcadas.

Tabla IX.10. Desglose de los índices de sobrevivencia alcanzados en las distintas fases del estudio.

Fase/Actividad	Sitio	Duración total	Número inicial de organismos	Número final	Índice de sobrevivencia
Colecta de crías	Brazo izquierdo del río Balsas	8 horas ^{a/}	201	198	99%
Primera Subfase en agua dulce	Granja Acuícola "La Mira"	16 meses	198	39	20%
Segunda Subfase en agua dulce	Granja Acuícola "La Mira"	13 meses	39	31	94%
Uso de benzocaína como anestésico	Granja Acuícola "La Mira"	45 minutos ^{b/}	5	5	100%
Captura adultos en el mar	Desembocadura brazo izquierdo del Balsas	6 horas ^{c/}	3	1	33%
Traslado a Boca de Apiza	De La Mira a Boca de Apiza	9.5 horas ^{d/}	31	29	94%
Segunda etapa en agua salobre	Granja Camaronícola en Boca de Apiza	15 meses	29	29	100%

^{a/}Considerando una duración de cuatro horas en cada una de las dos faenas de colecta realizadas, tres horas de redes con atarraya y una hora de transportación.

^{b/}Se considera solo el tiempo invertido en la labor de sedación, medición, revisión sanitaria, identificación de la especie y recuperación de los ejemplares en agua limpia, de los cinco ejemplares revisados.

^{c/}Se contempla una duración de dos horas de maniobra por ejemplar, desde su recuperación de la cimbra en el mar, hasta su traslado y siembra en el estanque de La Mira.

^{d/}Se considera la duración total de los dos viajes realizados, 4.5 horas en el primero y cinco horas en el segundo.

Tabla IX.11. Referencia temporal de las fases abarcadas en el estudio.

FASE/ACTIVIDAD	2004			2005			2006			2007			2008		
Identificación de los sitios para la colecta de crías			■												
Colecta de crías			■												
1ª Subfase de aclimatación en agua dulce (La Mira)			■	■	■	■	■								
Mantenimiento y alimentación			■	■	■	■	■	■	■						
2ª Subfase de aclimatación en agua dulce (La Mira)						■	■	■	■						
Monitoreo sanitario e identificación de la especie							■								
Uso de la benzocaína como agente anestésico							■								
Acondicionamiento al manejo con redes							■	■	■	■					
Captura de ejemplares adultos en el mar				■	■	■	■								
Cosecha final y traslado de ejemplares a Boca de Apiza										■					
Fase final aclimatación en agua salobre Boca de Apiza										■	■	■	■	■	

X. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos se desprenden las siguientes consideraciones:

En lo referente a la obtención de crías del medio natural, el inicio del período de estiaje en la zona del delta del río Balsas en el mes de noviembre constituye un momento adecuado para la colecta de crías de *C. nigrescens* en el brazo izquierdo del río, enteramente en agua dulce, en el que es frecuente la presencia de cardúmenes de robalo prieto en dicho estadio en las partes someras, particularmente en el sitio en que se realizaron las faenas con atarraya, el cual se ubica en un apéndice del río, a una distancia de 11.3 km de la desembocadura, donde las crías encuentran alimento y protección. Esto es coincidente con lo que se ha referido para otras especies de robalos, en cuanto a las migraciones de crías y juveniles dentro de los ríos hacia zonas alejadas de las desembocaduras, en agua dulce por completo, como lo señalan autores como Robins, *et al.* (1991), para *C. nigrescens*, y Álvarez del Villar (1959) para *C. undecimalis*, este último para la vertiente del Golfo de México.

Por otra parte, el sitio elegido para la colecta tiene la ventaja de que se localiza en un lugar de fácil acceso por carretera; aspecto que se ilustra con claridad en la Figura VIII.3. Asimismo, las crías de *C. nigrescens*, al igual que muchas otras especies de peces, se agrupan en cardúmenes de la misma edad, lo que permite capturar crías de tallas homogéneas. Esta condición se infiere y se refrenda en los valores de dispersión encontrados en la muestra de crías que fue sometida a medición de su longitud total, con un valor de desviación estándar de 0.61 cm para una muestra de 38 crías de una población de 201 crías colectadas, a partir de lo cual se estima que, con un nivel de confianza del 68%, el total de crías colectadas se agrupa dentro de un intervalo de longitud que va de 5.42 a 6.64 cm (6.03 ± 0.61 cm, que determina una amplitud absoluta de tan solo 1.22 cm) a partir del valor promedio encontrado (6.03 cm), para un intervalo absoluto en la muestra de 2.1 cm (de 4.9 a 7.0 cm de longitud total).

Se destaca de igual forma la resistencia que mostraron las crías a las maniobras de captura con atarraya y a su trasportación, en las que solo se presentaron tres bajas (Tabla IX.1.). Finalmente, es factible afirmar que una vez concluida la temporada de lluvias el agua del río mejora su calidad y transparencia al disminuir el arrastre de sólidos, lo que facilita tanto la ubicación de los cardúmenes como las maniobras para su colecta.

Con relación a la alimentación y crecimiento en cautiverio resulta evidente que los organismos de *C. nigrescens* son susceptibles de aclimatarse y crecer en agua dulce sin problema alguno. Aun cuando las condiciones de seguimiento del proceso en esta fase no pudieron ser realizadas con el rigor requerido, esta especie mostró condiciones de adaptabilidad para su manejo y cultivo en agua dulce durante un período de 29 meses. Esto pudo ser corroborado a lo largo de este lapso durante las maniobras de redeo en el traslado de los ejemplares al segundo estanque de crecimiento y en las cosechas parciales de tilapia realizadas en este último, en las que los ejemplares se pudieron manejar y posteriormente transportar sin mayor problema. Estas evidencias coinciden con lo reportado por Sánchez, *et al.* (2002) en lo referente a pruebas de crecimiento favorables con robalo blanco del Atlántico (*C. undecimalis*) en estanques de manto freático y de concreto en los estados de Tabasco y Campeche. Es evidente que especies eurihalinas como los robalos son susceptibles de cultivarse enteramente en agua dulce. En este sentido, cabe destacar de igual forma el caso del robalo de Indo-Pacífico (*L. calcarifer*) en el que gran parte de su engorda comercial se realiza en agua dulce, lo que da cuenta de los atributos y la versatilidad que poseen estas especies para su cultivo. En lo que respecta a la alimentación, el nulo consumo del alimento balanceado observado desde las primeras aplicaciones del mismo debe guardar relación por un lado, al hábito de consumo de presas vivas por parte de las crías en su entorno natural y al hecho de que la oferta de las mismas se siguió presentando en los estanques de crecimiento en la granja de La Mira, lo que desalentó el consumo de alimento artificial. Es probable que crías que se obtengan del medio natural y que se sometan a cultivo en ausencia de alimento natural acepten balanceados, al no existir alguna otra alternativa. De hecho, en la literatura se refieren experiencias de este tipo para el robalo blanco del Atlántico (*C. undecimalis*) y con el robalo del Indo-Pacífico (*L. calcarifer*). No obstante, aún bajo esta situación de contar solo con la disponibilidad de alimento vivo, bajo un esquema de manejo semi-intensivo, *C. nigrescens* mostró un buen crecimiento. Esto quedó evidenciado en el muestreo realizado para verificar la condición sanitaria y la identificación de la especie, mismo que se realizó 18 meses después de la introducción de las crías en agua dulce, momento en el que la talla promedio de los ejemplares capturados alcanzó 52.8 cm de longitud total.

Sobre la base del procesamiento de los datos de longitud total obtenidos en esta fase, se obtuvo un valor de desviación estándar de 1.48 cm para una muestra de 5 ejemplares de un total de 39 organismos de 18 meses de edad, a partir de lo cual se infiere que el 68% del total de los organismos se agrupa dentro un intervalo de longitud que va de los 51.32 a los 54.28 cm (52.8 ± 1.48 cm, que determina una amplitud de 2.96 cm) a partir del valor promedio encontrado (52.8 cm), para un intervalo absoluto en la muestra de 4.0 cm (de 51 a 55 cm de longitud total).

Aunque no se obtuvo el peso de dichos ejemplares en esta fase, partiendo de la relación longitud-peso encontrada en *C. nigrescens*, en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, en el Estado de Chiapas (Ramos y Gil, 2009): $W = 0.00001 (LT)^{2.9369}$, para longitud total (mm), se puede inferir que para una longitud promedio de 528 mm, el peso resultante es de 991.07 gr; lo cual indica un buen crecimiento, comparado con las referencias disponibles al respecto para otras especies de peces marinos de importancia en la acuicultura. Así, de acuerdo a este dato (991.07 gr/18 meses), el crecimiento promedio resultante es de 1.84 gr/día, tasa que, de acuerdo a lo referido por Álvarez-Lanjonchère (2006), supera a la lograda en pruebas realizadas con otras especies como el pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) y el pargo amarillo (*L. argentiventris*); la dorada (*Sparus aurata*), la lubina (*Dicentrarchus labrax*), estas dos últimas nativas del Mediterráneo; la cherna (*Epinephelus itajara*), la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) y diversas especies de pargos del Atlántico Occidental, como el criollo (*L. analis*), el guachinango del Golfo (*L. campechanus*), la rabirrubia (*Ocyurus chrysurus*), la biajaiba (*L. synagris*) y el pargo prieto (*L. griseus*), entre otras (Figura X.1). En la Tabla X.1 se presenta un comparativo de las tasas de crecimiento obtenidas en algunas de las especies que en la actualidad están siendo sujetas a cultivo comercial y experimental en diversas partes del mundo.

Con relación a este punto, es de señalarse que aunque en las fases en agua dulce y en agua salobre del estudio se manejaron densidades de carga bajas (de tan solo 109 kg/ha), carga realmente baja dentro de los estándares de cultivo que se aplican con diversas especies en sistemas de engorda en estanquería rústica, y de que esto haya favorecido un buen crecimiento, es muy probable que en pruebas posteriores en *C. nigrescens* con el empleo sistemático de alimento balanceado, las tasas de crecimiento

puedan ser incrementadas, dado que en este caso se aplicó un esquema semi-intensivo de cultivo y aun así el crecimiento fue adecuado, en comparación con lo que se ha logrado con otras especies bajo sistemas intensivos de cultivo.

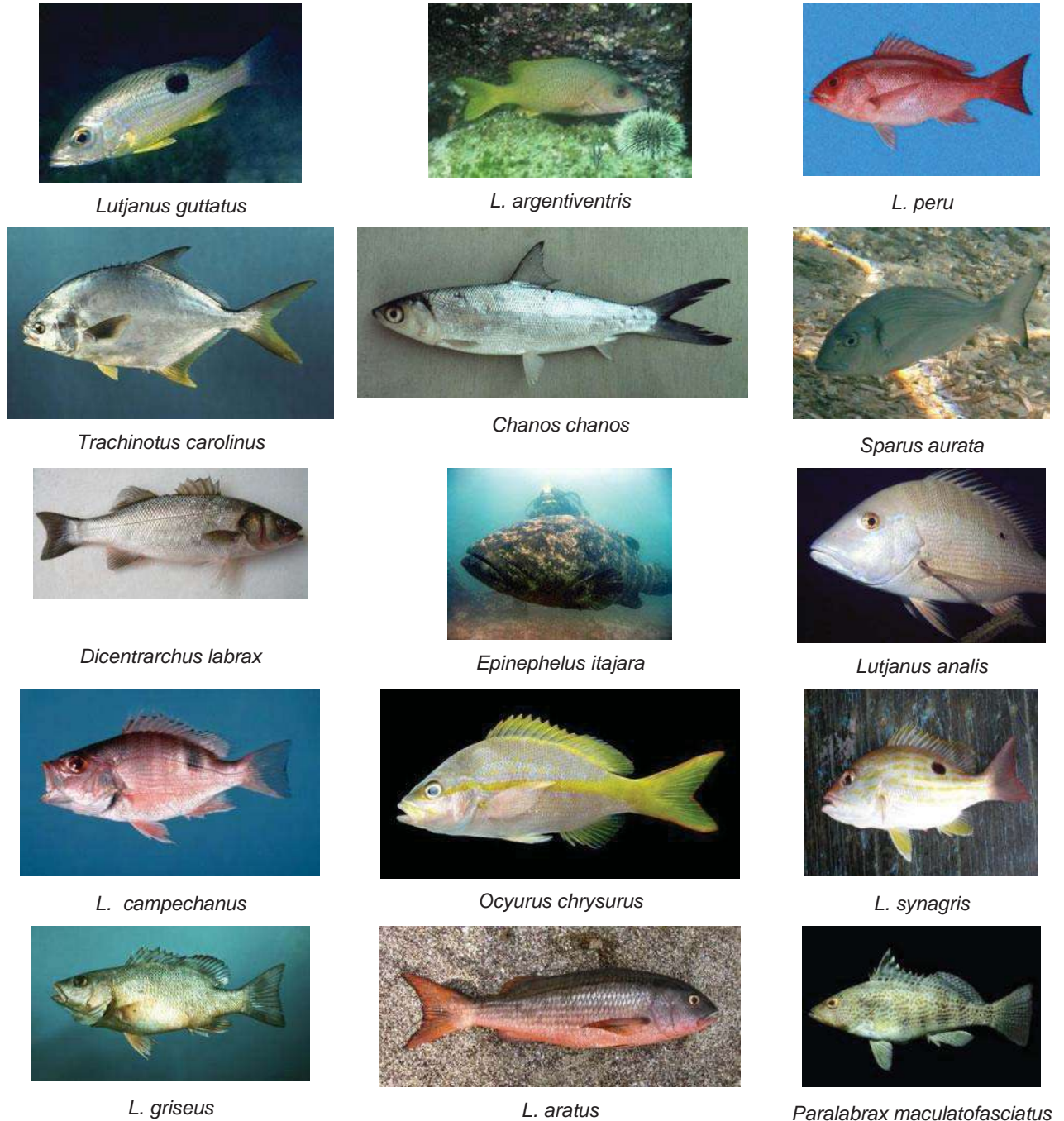


Figura X.1. Mosaico de especies de peces marinos en fase de cultivo experimental y comercial en América Latina y el Caribe (Fishbase/Google images, 2010).

Tabla X.1. Comparativo de tasas de crecimiento en el cultivo de peces marinos de importancia comercial.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CRECIMIENTO (gr/día)	FUENTE
<i>Rachycentron canadum</i>	Cobia	16-22	Chiang, <i>et al.</i> (2003)
<i>Lates calcarifer</i>	Barramundi	3.5	Chaitanawisuti y Piyatiratitivorakul (1994)
<i>Centropomus nigrescens</i>	Robalo prieto	1.84	(Hallazgo en el estudio)
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	Cabrilla arenera	1.16	Avilés-Quevedo, <i>et al.</i> (1995)
<i>Lutjanus guttatus</i>	Pargo flamenco	1.6	Avilés-Quevedo y Castelló-Orvay (2003)
<i>Lutjanus campechanus</i>	Guachinango del Golfo	1.4	Laidley, <i>et al.</i> (2004)
<i>Ocyurus chrysurus</i>	Rubia	0.6	Davis, <i>et al.</i> (1999)

Fuente: Alvarez-Lajonchère (2006).

Por otra parte, la condición sanitaria y el crecimiento adecuados encontrados en los ejemplares en el momento de la identificación de la especie, al cabo de 18 de meses de crecimiento en agua dulce, bajo el esquema de suministro continuo de alimento vivo, da cuenta de la factibilidad de la engorda de la especie en agua dulce, al igual que como se tiene documentado para otras especies de robalos, como el barramundi (*L. calcarifer*), que como ya ha sido señalado, una proporción significativa de su producción se logra en agua dulce (FAO, 2006-2010). Por otra parte, con referencia a la identificación de la especie disponible, en complemento a lo señalado en el Capítulo IX, la corroboración de la condición clave de las espinas en la primera aleta dorsal (las dos primeras espinas mas largas de la primera aleta dorsal prácticamente de la misma longitud), que identifica a *C. nigrescens* (Figura IX.3.), fue verificada también en los 31 ejemplares que se cosecharon al término de la fase de crecimiento en agua dulce, al momento de su estabulación gradual en los contenedores para su traslado a Boca de Apiza, mismos que en su totalidad presentaron dicha condición; por lo que en todos los casos se trató de organismos de esta especie. Por otra parte, por el hecho de que no se encontraron signos de diferenciación sexual en los cinco ejemplares revisados en esta etapa de verificación de la condición sanitaria, es factible afirmar que se trató de organismos indiferenciados (inmaduros) en ese momento. Cabe destacar en este punto que los robalos presentan una maduración tardía y en este sentido *C. nigrescens* así lo esta

evidenciando. Así, por ejemplo, para el caso de *L. calcarifer*, dentro del protandrismo que presenta, los machos maduran entre los 3 a 4 años y revierten a hembras entre los 6 a 8 años de edad (FAO, 2006-2010). Cabe resaltar que desde el punto de vista acuícola, esta condición de la maduración tardía es una ventaja, ya que permite el logro de grandes tallas en corto tiempo a un costo menor en la fase de engorda, en vista de que no existe una demanda energética en la gametogénesis, lo que se traduce en un mayor crecimiento.

En lo que respecta al uso de agentes químicos para la sedación de los peces, la benzocaína es factible de emplearse como anestésico en *C. nigrescens*, tanto en agua dulce como en agua marina, siendo la recuperación un poco mas tardía en este último medio. Tal como lo refieren Dos Reis y Cerqueira (2003) en el caso del anestesiado del robalo peva o chucumite (*C. parallelus*) en el Brasil, la benzocaína se mostró efectiva para el anestesiado total de los organismos de *C. nigrescens*, permitiendo una manipulación fuera del agua por espacio de tres minutos sin mayor problema. La recuperación de igual forma resultó ser breve. En agua dulce los ejemplares anestesiados mostraron la recuperación del eje de nado en alrededor de 30 segundos al ser pasados a agua limpia, y en cerca de un minuto para el caso de la hembra capturada en el mar. Por otra parte, es probable que el lapso de inmersión en la solución con benzocaína en esta especie se pueda acortar a un tiempo menor a los tres minutos utilizados en esta etapa, valorando la pérdida del eje de nado (criterio usual para determinar el anestesiado en peces) en un recipiente más grande para verificar esta condición. Otro criterio que se podría adoptar en ejemplares grandes, como fue el caso en este estudio para la hembra capturada en el mar, es la pérdida del tono muscular al ser sumergidos en la solución, como se puede apreciar con claridad en la Figura VIII.6. Cabe resaltar que no se registró baja alguna en los organismos en los días siguientes a la realización de estas maniobras, en ninguno de los casos.

Con relación al acondicionamiento de los ejemplares al manejo con redes, las bajas registradas (seis ejemplares) en la fase de agua dulce, en la etapa en la que permanecieron en el estanque de 2,772 m² (Tabla IX.5.) durante 13 meses, de acuerdo a información proporcionada por el dueño de la Granja Acuícola “La Mira”, se debieron a que varios organismos se atoraron en algunas roturas que presentaba el paño de la red,

lo que causó lesiones severas, particularmente en los opérculos. No obstante, salvo esta situación, como ya ha sido señalado, en condiciones normales los ejemplares de *C.nigrescens* se adaptaron al manejo con este tipo de red de arrastre en agua dulce sin mayor problema, al igual que lo que se ha logrado con otras especies de peces que se han incorporado a su aprovechamiento acuícola en distintas latitudes del planeta, tanto en el medio continental como marino.

Con relación a las maniobras de captura de ejemplares adultos en el mar, sobresale en este esfuerzo la notable capacidad que mostró la hembra colectada de *C. nigrescens* para adaptarse a rápidos cambios de salinidad, pasando de 25 ‰ en el sitio de su colecta en la desembocadura del brazo izquierdo del Balsas, a 0.2 ‰ en el estanque de recepción en La Mira, con agua dulce, en un período de tan solo dos horas (Figura X.2.); aspecto que fue valorado en su captura en el mes de julio de 2006. Cabe destacar que al cabo de 9 meses de estabulación en agua dulce, dicho ejemplar fue trasladado también con éxito a Boca de Apiza en el mes de abril de 2007, mostrando de igual forma la capacidad de la especie, aún como ejemplares adultos, para adaptarse al cautiverio en estanquería rústica con agua dulce, al forrajeo natural anteriormente descrito y al cambio a agua salobre, lo que da cuenta de la resistencia de la especie al manejo y a condiciones cambiantes en la calidad del agua.



Figura X.2. Siembra en el estanque de La Mira de la hembra de *C. nigrescens* capturada en el mar.

Respecto a los dos ejemplares adultos que no sobrevivieron, esto fue a causa de que en el momento de su recuperación de la cimbra (Figura VIII.9.) para estos casos, seguramente ya tenían un lapso de tiempo amplio en el anzuelo, dado que estos implementos se calan regularmente por la tarde y se recuperan hasta el día siguiente. Si bien es cierto que los anzuelos tipo “garra de águila” permiten el enganche en los arcos mandibulares de los peces, lo que facilita la cosecha de ejemplares vivos en el momento de la recuperación, en contraste con otros tipos de anzuelos (de ahí su ventaja sobre éstos), cuando pasan muchas horas los ejemplares ya no se recuperan y finalmente mueren. Es muy probable que la hembra sobreviviente se haya enganchado en el anzuelo poco tiempo antes de la recuperación de la cimbra en el día de su colecta.

Con relación a la cosecha y balance de los resultados logrados al final de la etapa en agua dulce (primera fase del estudio), el bajo margen de sobrevivencia que se infiere de los 39 organismos que se cosecharon al final de la primera subfase, que representaron el 20% con relación al número inicial de crías introducidas (198), aunque no se detectaron ni contabilizaron organismos muertos por parte del personal operativo de la Granja Acuícola “La Mira” durante los 16 meses que permanecieron en el primer estanque, es muy probable que las bajas se hayan dado por canibalismo, que es usual en los robalos, tal como se refiere para el caso del barramundi (*L. calcarifer*), en el que el canibalismo se acentúa particularmente hasta que alcanzan una longitud total de 150 mm (FAO, 2006-2010); y por depredación por aves. A partir de la Tabla IX.5. se deduce de igual forma que dos ejemplares seguramente fueron sustraídos de manera furtiva en la segunda subfase de crecimiento en el estanque de 2,772 m², que sumados a las 6 bajas registradas en dicho período establecen el diferencial con los 31 ejemplares que finalmente fueron cosechados para su traslado a Boca de Apiza. Respecto al canibalismo, es de destacarse que este se presenta particularmente en especies de hábito depredador como los robalos, pero que en los sistemas de cultivo puede paliarse por medio de la aplicación de esquemas de selección periódica de tallas, o bien por medio del suministro sistemático de alimento artificial que atenúe el crecimiento diferencial que normalmente ocurre en los sistemas de producción acuícola.

Con relación al transporte de los ejemplares y la aclimatación al agua salobre, las dos bajas registradas en el segundo traslado de La Mira a Boca de Apiza (Figura IX.11.), por

las condiciones adecuadas de calidad de agua mantenidas durante el viaje: oxígeno a saturación, por arriba de los 14.6 mg/L, y una variación de temperatura de 26.7 a 27.1 °C (de menos de 1° C), valores que se encuentran dentro del intervalo óptimo de temperatura para los robalos, el cual es de 26-28° C, de acuerdo al dato aportado por Tucker (1989) para el robalo blanco del Atlántico (*C. undecimalis*); y por el vigor mostrado por el resto de los organismos al momento de su arribo en Boca de Apiza y su aclimatación al agua salobre, se infiere que las bajas fueron a consecuencia del manejo en las maniobras de redeo en “La Mira”, por el daño que presentaba el paño de la red. No obstante, el índice de sobrevivencia registrado en las maniobras de traslado de los organismos fue del 94%, el cual es adecuado de acuerdo a las experiencias registradas con otras especies.

Respecto a las densidades de carga manejadas en la transportación, comparadas con estándares que se aplican con otras especies, estas fueron bajas y consecuentemente óptimas para la transportación de los organismos. Bajo un promedio de 10.1 kg de biomasa/m³ de agua, dicha tasa representa tan solo una sexta parte de las cargas usuales que se emplean con otras especies, las cuales, dependiendo de la especie, duración y condiciones de los traslados, oscilan entre los 60 a 80 kg/m³ (Kubitza, 2009). Por otra parte, es de destacarse la apreciación en los dos viajes, el vigor que adquirieron los robalos al ser aclimatados al agua salobre. Esto se pudo apreciar en el momento previo a su introducción en el estanque, bajo los mismos valores de salinidad tanto en los contenedores como en el agua del estanque, en el que los ejemplares mostraron un vigor en los trasportadores no apreciado en la fase de cultivo en agua dulce.

En este sentido, sobresale también la capacidad mostrada por los ejemplares de *C. nigrescens* para adaptarse, en momentos distintos, a rápidos cambios de salinidad en el agua; de 0.2 a 21.8 ‰ en un lapso de dos horas; y de 25 a 0.2 ‰ en el mismo período de tiempo. Comparado con otras experiencias referidas para robalos americanos es realmente un dato relevante. Para documentar lo anterior, la Dra Kevan L. Main (Main, 2009, *Comunic pers*), Directora del Laboratorio Marino Mote, del Centro para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura, de Sarasota, Florida, E.U., refiere que para el robalo blanco del Atlántico (*C. undecimalis*) se destinan períodos de aclimatación y recambio de agua de hasta 7 días de duración para llevarlos de agua dulce a agua

salobre, para no tener problemas de mortalidad. En la experiencia de este trabajo no se presentó baja alguna después de que los 29 robalos fueron sembrados en el estanque con agua salobre en Boca de Apiza. En este sentido, este atributo hace mas similar a *C. nigrescens* con el robalo del Indo-Pacífico (barramundi), *Lates calcarifer*, en cuanto a su grado de resistencia a condiciones ambientales cambiantes, lo que refuerza la evidencia de que se trata de una especie con altos atributos para el cultivo.

Respecto a la fase de aclimatación y crecimiento en agua salobre, de inicio el estanque receptor de los robalos en Boca de Apiza se apreció en buenas condiciones de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto y salinidad), con una alta proliferación de zooplancton; lo cual, si bien los robalos juveniles y adultos no lo aprovechan de manera directa, si es un buen indicador de la rápida fertilidad que adquieren los estanques en la granja camaronícola del lugar y del beneficio que esto podrá traer en las pruebas de crianza que a futuro se puedan realizar.

En la fase de alimentación y mantenimiento de los organismos durante los 15 meses de desarrollo en agua salobre, aunque se procuró el esquema de alimentación a base de camarón y liseta vivos, referido en la parte de resultados, se enfrentaron diversos problemas en la granja que limitaron la aplicación de un manejo adecuado, llegándose a presentar situaciones de desabasto de agua (por descomposturas en la bomba del pozo) que derivaron en el manejo de un tirante reducido de agua en el estanque de los robalos y en la proliferación de algas filamentosas (Figura X.3.) que en lo posible se trató de controlar con el personal de la misma; además de condiciones adversas en la calidad del agua. No obstante esta deficiencia, no se registró baja alguna en los ejemplares hasta el mes de junio de 2008, de lo que se obtuvo una sobrevivencia del 100% para esta fase; lo que refuerza la evidencia de la resistencia que guarda *C. nigrescens* ante condiciones ambientales poco favorables.

En lo que respecta a la calidad del agua, los valores encontrados en las distintas etapas del estudio, corresponden prácticamente a los del hábitat natural de los ejemplares colectados, tanto en el río Balsas como en el mar.



Figura X.3. Proliferación de algas filamentosas en el estanque de cultivo en la fase final de crecimiento en agua salobre.

Así, dado el surtimiento de agua del río Balsas a la estanquería a partir de la presa “La Villita”, los valores encontrados en el estanque de la Granja Acuícola “La Mira” son evidentemente similares a los hallados en el río (Tabla IX.8.), con valores mayores en cuanto a amonio no ionizado (NH_3) en razón del mayor contenido de materia orgánica en el mismo. No obstante, los valores encontrados para este parámetro en los estanques, tanto en La Mira como en Boca de Apiza (0.051 mg/L como valor máximo registrado), fueron inferiores al valor máximo recomendado en la acuicultura para distintas especies, el cual es de 0.1 mg/L (Boyd and Lichtkoppler, 1979), salvo la excepción que se marca para el caso de cultivo de salmónidos, en los que, por ser especies más exigentes en cuanto a la calidad del agua, los valores de amonio no ionizado se recomiendan sean inferiores a 0.012 mg/L (Camacho, *et al.*, 2000); sin embargo, para el resto de las especies los valores máximos aceptables de NH_3 pueden variar entre 0.1 mg/L para la tilapia (*Oreochromis* spp.) (Nicovita, 2010), 0.06 mg/L para el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) (Robinette, 1976; en Boyd and Lichtkoppler, 1979) y hasta 0.6 mg/L para la dorada (*Sparus aurata*) (Wajsbrodt, 1993; en Boyd and Lichtkoppler, 1979). En este sentido, en base a los resultados alcanzados, en los que se tuvo un crecimiento y condición sanitaria adecuados en los ejemplares, se tiene que *C. nigrescens* presentó un

desarrollo adecuado bajo las condiciones de calidad del agua que se presentaron en las distintas etapas del estudio.

Finalmente, los intervalos en los valores encontrados para los parámetros medidos (Tabla IX.9.) constituyen una referencia preliminar de los valores en los que *C. nigrescens* se puede desarrollar sin problema alguno, aunque la amplitud, en cuanto a la tolerancia de la especie para cada uno de ellos, debe de ser evidentemente mayor, dado el carácter eurihalino de esta especie. Los valores registrados de temperatura fueron de 27.2 a 31.9° C, de 5.4 a 14.7 mg/L de oxígeno disuelto, pH entre 7.4 a 8.0, de 0.2 a 25.0 ‰ de salinidad, de 95.0 a 176.0 mg/L de alcalinidad total, de 150.0 a mas de 6,000.0 mg/L de dureza total y de 0.031 a 0.051 mg/L de amonio no ionizado.

XI. CONCLUSIONES

- La zona del delta de río Balsas, en el sitio identificado en el presente estudio, constituye un área adecuada para la colecta de crías de *C. nigrescens*, por su fácil acceso y disponibilidad de los organismos.
- El mes de noviembre constituye un momento adecuado para la colecta de crías de la especie, cuando se reduce la carga de sólidos en el río, se incrementa la transparencia del agua y se facilita la ubicación de los cardúmenes de crías de robalo.
- Es factible sostener el crecimiento de crías de *C. nigrescens* de 5 a 7 cm en agua dulce con el suministro de alimento vivo, constituido por organismos de tilapia (*Oreochromis* spp.) y de distintas especies de peces propios de la Cuenca Baja del río Balsas, además de langostinos del género *Macrobrachium* spp., que llegan de manera continua a las granjas acuícolas que se alimentan a partir del agua de los canales del Distrito de Riego No.98, “José María Morelos y Pavón”, que se surte a partir de la presa “La Villita”, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Mich.
- Aun bajo este esquema de forrajeo natural la especie evidenció un buen crecimiento, al alcanzar 0.991 kg de peso en 18 meses de cultivo, bajo una densidad de carga baja, misma que no superó los 110 kg de biomasa/ha de espejo de agua de cultivo.
- En este tenor, la zona del Distrito de Riego No. 98, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Mich., constituye una zona apta para el crecimiento de *C. nigrescens* a nivel semi-intensivo en estanquería rústica, por el ingreso permanente de alimento natural que no tiene costo alguno.
- *C. nigrescens* puede utilizarse también para el control de la reproducción de la tilapia en estanques rústicos, al incidir sobre las crías que se van generando, lo que favorece su crecimiento y el de la tilapia, incrementando la productividad y la rentabilidad de los cultivos.
- Es una especie resistente al manejo, tanto en la colecta en el medio natural, como en el manejo y cosecha en estanques rústicos, manipulación fuera del agua y en la transportación.

- La benzocaina es factible de emplearse como agente anestésico en *C. nigrescens*, tanto en agua dulce como en agua marina, lográndose una sedación y recuperación efectiva de los ejemplares sin problemas de mortalidad posteriores.
- Para los efectos de la identificación de la especie, sobre la base de la clave taxonómica utilizada, la condición y proporcionalidad de las espinas más largas de la primera aleta dorsal facilita la determinación, en complemento con la proporcionalidad que guarda la segunda espina anal con respecto al pedúnculo caudal.
- En el crecimiento de la especie en estanquería rústica en agua dulce en el sitio de la primera fase del estudio, en la planicie costera del municipio de Lázaro Cárdenas, hasta los 18 meses de edad los ejemplares revisados no mostraron dimorfismo ni señales de maduración sexual.
- *C. nigrescens* se muestra como una especie que se adapta y acondiciona a su manejo con chinchorro de arrastre en estanques rústicos en agua dulce, sin que se presenten movimientos violentos que les puedan causar un daño.
- Por otro lado, el uso de la cimbra escamera de fondo o palangre, con el empleo de anzuelos tipo “garra de águila”, constituye una alternativa para la captura de ejemplares adultos en el mar; aunque mostró una eficacia reducida, que se tradujo en 3 ejemplares capturados en 4 faenas de calado y recuperación de dicho implemento de pesca (75% de eficacia) y solo un ejemplar viable en esos 4 intentos (25% de eficacia).
- La zona de la desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas, en las inmediaciones de los Estados de Michoacán y Guerrero, México, constituye un sitio alternativo para la colecta de ejemplares adultos de *C. nigrescens*.
- Se destaca igualmente la evidencia hallada sobre el alto grado de adaptabilidad y resistencia que muestra la especie a cambios rápidos de salinidad en el agua, tanto del agua marina a la dulce, como a la inversa (de 25.0 a 0.2 ‰ y de 0.2 a 21.8 ‰, en tan solo dos horas, sin problemas de mortalidad), comparado con las referencias que se tienen al respecto con otras especies de robalos americanos, como el robalo blanco del Atlántico (*C. undecimalis*), especie en la que se aplican

lapsos de aclimatación de hasta una semana; aspecto que denota una tolerancia mucho menor a estos cambios, en contraste con *C. nigrescens*.

- Con relación a lo anterior, la hembra colectada en el mar mostró de igual forma la capacidad de adaptación a su crecimiento y alimentación en agua dulce sin evidenciar problemas de enfermedad, hasta por un período de nueve meses; así como a su transportación en el mismo medio y reubicación posterior en un estanque con agua salobre a 21.8 ‰ de salinidad.
- Es factible la transportación de los ejemplares de esta especie en agua dulce con el suministro de oxígeno con valores a saturación de más de 14 mg/L, hasta por cinco horas, a temperaturas de 26-27° C y bajo una densidad de carga de 11.6 kg/m³.
- La especie muestra un incremento en su vitalidad y fortaleza al momento de ser aclimatada del agua dulce al agua salobre.
- Es factible sostener el crecimiento de juveniles y adultos en estanquería rústica con agua salobre (21.8 ‰) con el suministro de camarón y liseta vivos como fuente de alimento.
- De todo lo anterior, es factible proponer que *C. nigrescens* se muestra como una especie con altos atributos para su manejo en cautiverio y crecimiento en estanquería rústica en la planicie costera del Estado de Michoacán, tanto en agua dulce como en agua salobre, con lo cual se confirma la hipótesis propuesta, se refuerza la evidencia del potencial que tiene la especie para su cultivo y se abre a la vez la puerta para la realización de futuras investigaciones en los distintos ámbitos de la biología de la especie, tendentes al desarrollo tecnológico para su cultivo en ciclo completo; sobre lo cual, vale la pena destacarlo, existe muy poca información, aún en el contexto global.
- En este sentido, hay materia y justificación para seguir avanzando en este esfuerzo, dado el amplio potencial que se presenta para el desarrollo de la piscicultura marina a gran escala en los litorales de México.

XII. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones obtenidos y con miras a avanzar en el desarrollo tecnológico para el cultivo de *C. nigrescens*, será recomendable atender lo siguiente:

1. A futuro, para los fines de integración de lotes de reproductores, cumpliendo con la normatividad establecida en la materia, la colecta y recolecta de crías y juveniles de la especie se podría realizar a lo largo del período de estiaje en el brazo izquierdo del río Balsas, en los meses de noviembre a mayo, período en el que se tienen condiciones adecuadas en la calidad del agua en el río para el desarrollo de estas labores.
2. Bajo este enfoque, en las faenas de captura de crías se podrán utilizar artes de pesca con mayor capacidad de captura, como pequeños chinchorros de arrastre, de no más de 15 m de longitud, de malla cerrada, que permitan capturar las cantidades de crías autorizadas o permitidas, según sea el caso, por la autoridad competente (CONAPESCA), con una mayor facilidad y eficacia.
3. Como alternativa para la integración de un lote de reproductores se tiene también la colecta de ejemplares adultos en el medio natural. La desembocadura del brazo izquierdo del río Balsas constituye una opción factible para dicho fin, con cimbra escamera de fondo y con línea. De hecho, a través de la ejecución de este estudio se tiene referencia de pescadores con caña o línea del estado de Guerrero, que capturan robalos en cantidades significativas en este punto de la desembocadura. Será recomendable a futuro obtener reproductores por medio de estos implementos de pesca, como alternativa a la cimbra, al amparo en cualquier caso del permiso o autorización correspondientes.
4. Es importante destacar que la colecta de organismos de *C. nigrescens* y de cualquiera otra especie, a partir del medio natural para fines de acuicultura, debe estar enfocada solo hacia la integración de lotes de reproductores en una primera fase, para establecer el paquete tecnológico para su cultivo. En este sentido, a futuro se deberá lograr la producción de crías para la engorda

comercial estrictamente por medio de sistemas controlados, que permitan un aprovechamiento sustentable del recurso, de rentabilidad social, económica y ambiental.

5. Dada la factibilidad del forrajeo natural con organismos vivos propios de la fauna acuática de la Cuenca Baja del río Balsas, la zona de La Mira, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, constituye un área de oportunidad para promover e impulsar el cultivo de la especie y la formación de lotes de reproductores, dada la disponibilidad de un número considerable de granjas acuícolas existentes en la zona que en la actualidad se dedican al cultivo de tilapia y bagre de canal, cuyo abastecimiento de agua es a partir de la presa “La Villita”, las cuales podrían ir complementando de manera paulatina sus esquemas productivos incorporando el cultivo de una especie de alto valor comercial en la región y en el país, como lo es *C. nigrescens*.
6. En pruebas posteriores para la etapa de crecimiento será importante de igual forma probar el uso de alimento balanceado en crías de la especie, evitando el ingreso de organismos en los estanques de cultivo. Al respecto, se recomienda capturar crías de *C. nigrescens* del menor tamaño posible en la zona del estudio, lo cual se podrá lograr al final del ciclo de lluvias, en el mes de noviembre, con la finalidad de facilitar la adaptabilidad al consumo de alimento artificial. Para las primeras pruebas se podría emplear alimento iniciador para trucha con un contenido alto de proteína.
7. A futuro, habrá que buscar indudablemente dominar la reproducción controlada de la especie, como ocurre con otras del espectro acuícola, y realizar, entre otras pruebas, la de habituación al consumo alimento artificial desde el estadio de alevín. Al igual que lo que se ha logrado con otras especies esto no debe constituir mayor problema.
8. En lo general, habrá que avanzar en la investigación para generar el paquete tecnológico del cultivo de *C. nigrescens* para la costa de Michoacán y la región del Pacífico Sur de México, abarcando entre los rubros mas importantes los siguientes:

- Determinación de las edades en las que se alcanza la maduración sexual y las condiciones del protandrismo en *C. nigrescens*. Los robalos de las familias Centropomidae y Latidae (barramundi) son en general organismos que inician su maduración sexual como machos y luego revierten a hembras. Será importante identificar la edad a la que *C. nigrescens* alcance dichos estadios, lo que permitirá establecer los períodos en los que se puedan iniciar los trabajos para su reproducción controlada, para organismos cuyo cultivo se inicia desde la etapa de cría.
- En este sentido, será importante continuar con el proceso de maduración de los ejemplares materia del presente estudio en agua salobre. La salinidad es un factor indispensable en los robalos para el proceso de maduración final y consecuentemente para los trabajos de reproducción y crianza controladas.
- Realización de las pruebas de reproducción inducida partiendo de los protocolos y referencias puntuales que se emplean en la actualidad con otras especies de robalos en el contexto global, como son los que se aplican con el uso extractos hormonales como el análogo de la hormona liberadora de luteotropina (*LHRHa*), en dosis de 50 a 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Dos Reis y Cerqueira, 2003) y el análogo de la hormona liberadora de luteotropina del salmón (*GnRHa*), conocida comercialmente como *Ovaprim* (Syndel, 2010), mismos que han demostrado el logro de buenos resultados en la reproducción inducida del barramundi (*L. calcarifer*) del Indo-Pacífico, y de los robalos blanco (*C. undecimalis*) y chucumite (*C. parallelus*) del Atlántico Occidental Tropical.
- Hacer lo propio para las pruebas de incubación y eclosión, en apego de igual forma a los procedimientos que se emplean con otras especies de robalo. Una referencia en cuanto a los niveles de salinidad en el agua a utilizar, lo podrán ser los valores que se tienen en las zonas de las desembocaduras de los ríos en los que habitan estas especies. En el caso del presente estudio, una buena referencia lo es el valor de 25 ‰ de salinidad encontrado en el verano de 2006 en la desembocadura del río

Balsas; no obstante, hay materia para la investigación en este sentido, para probar en su momento distintos niveles de salinidad en las pruebas de reproducción y eclosión.

- Con el objeto masificar la producción de crías y como alternativa a los protocolos que actualmente se utilizan en México para la crianza de peces marinos en sistemas cerrados con niveles productivos reducidos, a escala experimental, será recomendable probar el alevinaje en estanques rústicos, manipulando la sucesión de los componentes del zooplancton (Escárcega, 2005), alternativa que se emplea con éxito en otras especies de peces que presentan altos índices de fecundidad y potencial biológico como los robalos. De hecho, estas pruebas en mesocosmos se utilizan también para la producción masiva de crías de *L. calcarifer* en la región del sudeste asiático, particularmente en países como Tailandia (primer productor a nivel mundial de barramundi cultivado), solo que no se refiere el uso de agentes químicos para manipular la sucesión del zooplancton, como se refiere en la cita anterior, lo que podría constituir un buen hándicap para nosotros.
- Crecimiento en estanquería rústica con el suministro de alimento balanceado, con el manejo de distintas densidades de siembra. Esto podría extenderse a pruebas en otros sistemas y niveles de cultivo, como las jaulas flotantes (en agua marina y agua dulce), estanques circulares y otros sistemas de alto rendimiento productivo.
- Estudios bromatológicos para la formulación de un alimento específico para *C. nigrescens* en sus distintos estadios. Al respecto, se podría retomar como una referencia inicial la formulación que se emplea en la actualidad en el cultivo del barramundi en la región del Indo-Pacífico, especie emparentada que presenta una filogenia común y características biológicas similares.
- Respecto a la fuerte evidencia encontrada en el presente estudio de la tolerancia que muestra *C. nigrescens* a cambios rápidos de salinidad en el agua, será necesario realizar mayor número de pruebas para determinar los umbrales de viabilidad en torno a las fluctuaciones en este parámetro,

información que será de utilidad en el diseño del modelo tecnológico para su cultivo en ciclo completo.

- De igual forma, respecto al uso de la benzocaína como agente anestésico para poder realizar la manipulación de los ejemplares, será recomendable probar el uso de dosis menores. Es probable que con cantidades menores se logre el efecto deseado, a un menor costo.

Finalmente, solo resta enfatizar en el hecho de que el horizonte para el cultivo de *C. nigrescens* es promisorio, por los atributos que han sido identificados en el presente estudio, por lo que será de la mayor importancia continuar en la investigación aplicada con esta especie para impulsar a futuro su cultivo. Por otra parte, resulta igualmente importante destacar que otras especies de peces eurihalinos como los robalos, de probado potencial acuícola, como las corvinas (Sciaenidae), pámpanos (Carangidae), pargos (Lutjanidae) y lenguados (Bothidae/Paralichthyidae, Achiridae y Cynoglossidae), propias de la región oceánica del Pacífico Oriental Tropical, de alto aprecio en el mercado nacional e internacional, abren amplias expectativas para trascender a futuro en el cultivo de otras especies de peces marinos tropicales del litoral del Pacífico mexicano, con la visión de sentar las bases para impulsar la piscicultura marina sustentable a gran escala en Michoacán y en México, de amplio beneficio social; aspecto que se aborda y se perfila en el Apéndice 1.

REFERENCIAS

- Aleva, G.J.J.(Compil.), 1994. *Laterites. Concepts, Geology, Morphology and Chemistry*.169 pp. ISRIC, Wageningen. Países Bajos (En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Laterita>).
- Álvarez del Villar, J., 1959. Nota preliminar sobre la ictiofauna del Estado de San Luis Potosí. *Acta Cientif. Potosina*. 3 (1): 71-88 pp. (En: Castro- Aguirre, J.L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos). *Serie científica* No. 19. Departamento de Pesca. México. 298 p.
- Álvarez-Lajonchère, L.S., 2006. La selección de especies de peces marinos nativos en el Caribe y avances en México. (*Primera Conferencia Latinoamericana sobre Cultivo de Peces Nativos*. Presentación en power point). Morelia, Michoacán. México. (En:<http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/Conference/presentaciones.php>).
- Álvarez-Lajonchère, L.S. y Tsuzuki, Mónica Y., 2008. A review of methods for *Centropomus* spp. (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research*, **39**, 684-700.
- Arriaga, C. L, V. Aguilar S. y J. Alcocer D, 2000. *Aguas Continentales y Diversidad Biológica de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 327 p.
- Avilés, Q.A., 1997. Resultados y avances del cultivo de peces marinos con apoyo de la agencia de cooperación internacional de Japón y proyectos actuales. (En: SEMARNAP, 1997. *Memorias de las reuniones técnicas de la red nacional de investigadores en maricultura*). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 178-183 pp.
- Avilés, Q. A., 2000. Cultivo de Peces Marinos. (En: SEMARNAP, 2000. *Estado de salud de la acuicultura. Compil.*). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. Cap. XV, 1-16 pp.
- Boyd, C.E. and Lichtkoppler, F., 1979. Water quality management in pond fish culture. *Research and Development*. Series No. 22. International Center for Aquaculture, Auburn University. USA.

- Camacho, B. E., M. Moreno R., M. Rodríguez G., C. Luna Romo y M. Vásquez, 2000. *Guía para el cultivo de trucha*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 135p. (En: <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/MANUAL%20BASICO%20P%20EL%20CULTIVO%20DE%20TRUCHA%20ARCO%20IRIS-1.pdf>).
- Carvajal, V.M., 1997. Inducción a la maduración y desove del robalo (*Centropomus nigrescens*) en cautiverio mediante la utilización de las hormonas HCG (Gonadotropina Coriónica Humana) y LHRHa (Luteinizing Hormone Releasing Hormone Ethylamide). Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil. Ecuador.
- Castro- Aguirre, J.L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. *Serie científica* No. 19. Dirección General del Instituto Nacional de la Pesca. Departamento de Pesca. México. 298 p.
- CEDEMUN, 2009. *Portal de los municipios del Estado de Michoacán*. Centro Estatal de Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Michoacán. México.
- CENAIM, 1992. *A field guide to the edible fishes and shellfishes in coastal waters of Ecuador*. Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). Ecuador. 95 p (En: FishBase, 2009a).
- Chávez, H., 1963. Contribución al conocimiento de la biología de los robalos, chucumite y constantino (*Centropomus* spp.), del estado de Veracruz (Pisc. Centrop.). *Ciencia Mex.*, 22(5): 141-161 pp. (En: Castro- Aguirre, J.L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos). *Serie científica* No. 19. Departamento de Pesca. México. 298 p.
- CONABIO, 2008. *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- CONAGUA, 2008. Organismo de Cuenca Balsas. Comisión Nacional del Agua. México. (En: www.conagua.gob.mx/ocb/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=cee90965-dd6c-4e1e-81cc-152b17f74f22|CONÓCENOS|1|0|0|0|0).

- CONAPESCA, 2007. *Anuario estadístico de acuacultura y pesca*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México. 223 p.
- Correa, P.G., 1974. *Geografía del Estado de Michoacán*. Gobierno del Estado de Michoacán. México. 454 p.
- Della Patrona, L., 1988. Aquaculture en Amerique Latine demain le robalo? *Aqua. Revue*. No. 20: 31-34 pp. Aout-septembre. (En: SEMARNAP, 1997. *Memorias de las reuniones técnicas de la red nacional de investigadores en maricultura*). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 192-207 pp.
- DOF, 2004. Carta nacional pesquera. Diario Oficial de la Federación. *Acuerdo de aprobación de la actualización*, del 16 de febrero de 2004. México.
- Dos Reis, M.A. y Cerqueira, V.R., 2003. Inducción del desove del robalo-peva *Centropomus parallelus* Poey 1860, con diferentes dosis de LHRHa. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. Maringá, V. 25, No. 1, 53-59 pp. Brasil.
- Escárcega, R.S., 2005. *El robalo. Avances biotecnológicos para su crianza*. AGT Editor. México. 126 p.
- FAO, 1995. *Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental*. Vol. II. Vertebrados. Parte 1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma.
(En: www.fao.org/docrep/010/t0852s/t0852s00.HTM).
- FAO, 2006. Yearbook of fishery statistics 2006. *Summary tables*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma
(En: ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/summ_06/default.htm).
- FAO, 2006-2010. *Cultured aquatic species information programme*. Text by Rimmer, M.A. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 19 July 2006. [Cited 1 May 2010]. (En: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Lates_calcarifer/en#tcN900EA).
- FAO, c2007-2008. *National aquaculture sector overview - Thailand*. Text by Pongsri, C. and Sukumasavin, N. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 1 Feb 2005. [Cited 16 Nov 2008]. (En: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_thailand/es).

- Fiedler, P. & Lavín, M. (Compil.), 2006. Review of Eastern Tropical Pacific oceanography. *Progress in Oceanography* Vol. 69 (2-4). Elsevier LTD. USA. (En: <http://swfsc.noaa.gov/textblock.aspx?Division=PRD&ParentMenuId=210&id=3378>).
- FishBase, 2009a. (En: <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=6428&genusname=Centropomus&speciesname=nigrescens&lang=Spanish>).
- FishBase, 2009b. (En: <http://www.fishbase.org/Nomenclature/NominalSpeciesList.cfm?family=Centropomidae>).
- FishBase, 2010. (En: <http://www.fishbase.org/search.php>).
- Google Earth, 2009. (En: http://earth.google.es/intl/es_es/index.html. Tele Atlas 2009).
- Google Earth, 2010. (En: http://earth.google.es/intl/es_es/index.html. Digital Globe 2010).
- González, G.D. y L.A. Soto, 1988. Hábitos alimenticios de peces depredadores del sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 15(1) 97-124. México. (En: FishBase, 2009a).
- Günther, A., 1864. Report of a collection of fishes made by Messrs. Dow, Godman, and Salvin in Guatemala. *Proceedings of the General Meetings for Scientific Business of the Zoological Society of London* 1864 (pt 1): 144-154 pp.
- IGFA, 2000. *World record game fishes 2000*. Freshwater, saltwater, and fly fishing. International Game Fish Association. Florida. U.S.A. 344 p.
- INAFED, 2009. Enciclopedia de los municipios de México. Michoacán. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Michoacán. México. (En: <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/michoacan/mpios/16014a.htm>).
- INEGI, 1982. *Carta edafológica*. Cerro de Ortega E13B64 (1:50,000). Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI, 1983. *Carta geológica*. Cerro de Ortega E13B64 (1:50,000). Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI, 2010. Principales suelos en México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. (En: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/fisigeo/principa.cfm>).
- Ikenoue, H. y Kafuku (eds). 1992. *Modern methods of aquaculture in Japan*. 2nd. ed. Developments in aquaculture and fisheries science, Vol. 24. Kodansha Ltd. Tokyo. 272

- p. (En: SEMARNAP, 2000. *Estado de salud de la acuicultura. Compil.*). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. Cap. XV, 1-16 pp.
- Johnson, G.D., 1984. Percoidei: Development and relationships. 464-498. (En: Muhlia, et al., 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del cultivo del robalo*). Secretaría de Pesca. México. 65 p.
- Kubitza, F., 2009. Manejo en la producción de peces. *Panorama da Aquicultura*. (En:http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/06_Noticias/archivos/091230_Manejo%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20peces.pdf?PHPSESSID=8d1682adcdc3e9028ad5d600238acdfb).
- Lau, S.R. y P. Shafland, 1982. Larval development of snook *Centropomus undecimalis* (pisces: Centropomidae). *Copeia* 1982 (3): 618-627 pp. (En: Muhlia, et al., 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del cultivo del robalo*). Secretaría de Pesca. México. 65 p.
- Main, L. K., 2009. Laboratorio Marino Mote. Centro para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura, Sarasota, Florida. E.U. (*Comunic personal*).
- Muhlia, M. A., J. Arvizu, J. Rodríguez, D. Guerrero, F. Gutiérrez y A. Muhlia, 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del cultivo del robalo*. Secretaría de Pesca. México. 65 p.
- NICOVITA, 2010. Manual de crianza de tilapia. Callao, Perú. (En:<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>).
- Perera-García, M.A., M. Mendoza-Carranza y S. Páramo-Delgadillo, 2008. Dinámica reproductiva y poblacional del robalo, *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae), en Barra San Pedro, Centla, México. *Publicaciones/uciencia* 24(1):49-59. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.
- Pérez, M.J., 1997. Perspectivas de la piscicultura marina en México. (En: SEMARNAP, 1997. *Memorias de las reuniones técnicas de la red nacional de investigadores en maricultura*). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 92-96 pp.

- Ramos, S.E. y H. A. Gil L., 2009. Bases técnicas y sociales para elaborar el plan de manejo pesquero del sistema lagunar Chantuto-Panzacola. Informe final. *Documento interno* INAPESCA SAGARPA. México. 140 p.
- Roberts, D.E., 1987. Induced maturation and spawning of common snook, *Centropomus undecimalis*. *Proceedings 38th Annual Meeting of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 222-230 pp. (En: Muhlia, et al., 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del cultivo del robalo*). Secretaría de Pesca. México. 65 p.
- Robertson, D.R. y G.R. Allen, 2002. *Peces costeros del Pacífico Oriental Tropical: Un sistema de información*. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Balboa. República de Panamá.
- Robins, C.R., R.M. Bailey, C.E. Bond, J.R. Brooker, E.A. Lachner, R.N. Lea and W.B. Scott, 1991. World fishes important to North Americans. Exclusive of species from the continental waters of the United States and Canada. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.* (21):243 p. (En: FishBase, 2009a).
- Sánchez, Z.A., C. Rosas, C. V. Durruty, y J. Suárez, 2002. Reproducción en cautiverio de robalo. Una necesidad inaplazable en el sureste mexicano. *Panorama Acuícola*. Vol. 7. No. 5, 24-25 pp. Julio/Agosto 2002. México, D.F.
- SEEM y UMSNH, 2003. *Atlas geográfico del Estado de Michoacán*. Secretaría de Educación en el Estado de Michoacán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editora y Distribuidora EDDISA. México.
- SEMARNAP, 1997. *Memorias de las reuniones técnicas de la red nacional de investigadores en maricultura (Redimar) 1996*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 227 p.
- SEMARNAP, 2000a. *Estado de salud de la acuicultura*. (Compilación). Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- SEMARNAP, 2000b. *La gestión ambiental en México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México (Libro blanco). 374 p.
- Shafland, P.L., y D.H. Koehel, 1979. Laboratory rearing of the common snook. *Proc. Ann. Conf. S.E. Asosoc. Fish and Wild Agencies*. 33: 425-431 pp. (En: Muhlia, et al., 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del cultivo del robalo*). Secretaría de Pesca. México. 65 p.

- Syndel, 2010. *Ovaprim. spawning agent*. Syndel Laboratories Ltd. (En: www.syndel.com/Product.aspx?CategoryId=20&ProductId=78).
- Tacon, A.G.J. & Halwart, M., 2007. Cage aquaculture. Regional reviews and global overview. *FAO fisheries technical paper*. 498. FAO, Rome. Italy.
- Toledo, A. y L. Bozada, 2002. *El delta del río Balsas. Medio ambiente, pesquerías y sociedad*. Instituto Nacional de Ecología (INE) y El Colegio de Michoacán A.C. México. 294 p.
- Tucker, J.W., 1987. Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for commercial farming. *The progressive Fish-Culturist*. 49: 49-57 pp. (En: SEMARNAP, 1997. *Memorias de las reuniones técnicas de la red nacional de investigadores en maricultura*). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 192-207 pp.
- Tucker, J.W., 1989. Recent research on coastal finfish aquaculture in Florida and Australia. *Proceeding 39th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. (En: SEMARNAP, 1997. *Memorias de las reuniones técnicas de la red nacional de investigadores en maricultura*). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 192-207 pp.

APÉNDICE 1

Planteamiento para el desarrollo de la piscicultura marina

A partir de los aspectos mencionados en la parte de recomendaciones se visualizan dos vertientes paralelas para impulsar el desarrollo de la piscicultura marina en la costa del Estado de Michoacán y en la zona del Pacífico Sur de México, con especies que son propias de dicha zona y de la región del Pacífico Oriental Tropical.

Una tiene que ver con la continuidad de los esfuerzos para el desarrollo tecnológico del cultivo del robalo prieto (*C. nigrescens*) en ciclo completo, los cuales se precisan en el apartado de recomendaciones; y otra, que podría abordarse de manera paralela, con la identificación de otras especies eurihalinas como los robalos, de alto valor comercial, que a futuro se puedan constituir en la base para desarrollar trabajos de investigación dirigidos a promover de igual forma su cultivo. Entre estas especies se destacan los lenguados (de las familias Bothidae/Paralichthyidae, Achiridae y Cynoglossidae), los pámpanos (*Trachinotus* spp.), los pargos (*Lutjanus* spp.) y las corvinas (familia Sciaenidae), que aunque no reúnen los altos atributos de los robalos, si son especies de alto valor comercial y varias de ellas tienen presencia en ríos y esteros, con ciclos de vida que están ligados a este tipo de ambientes.

Respecto a *C. nigrescens*, dada la factibilidad de su engorda en agua dulce, se abre un enorme potencial a futuro para expandir su cultivo a gran escala en jaulas flotantes en presas como las de “El Infiernillo” y “La Villita” y en general en las unidades de producción acuícola existentes en la Región Sierra-Costa del Estado de Michoacán; además, para el medio marino, en la engorda en jaulas que se viene impulsando en la costa del municipio de Coahuayana.

En este contexto, a partir de la información disponible sobre las especies endémicas de peces marinos del Pacífico Oriental, se podrá integrar una primera selección de aquellas especies eurihalinas de componente marino (con una mayor presencia en zonas estuarinas y ríos) que tengan alto valor comercial y que logren las mayores tallas, buscando por lo pronto tres atributos básicos para la acuicultura que nos aproximan mas a la factibilidad para su aprovechamiento: resistencia a condiciones ambientales cambiantes, alto valor comercial y rápido crecimiento.

Para el efecto, se deberá considerar de igual forma la información disponible sobre el avance en el cultivo de peces marinos que han logrado distintas instituciones de investigación de la región noroeste del país, como el CIAD de Mazatlán, Sinaloa; el CRIP y el CIBNOR de La Paz, Baja California Sur; y el CICESE de Ensenada, Baja California, entre otros.

En base a lo anterior, al igual que para el caso del robalo, se podrá generar la investigación necesaria para el desarrollo tecnológico del cultivo de las especies elegidas, abarcando las fases esenciales, como lo son: la integración de lotes de reproductores, la reproducción controlada, la producción de crías a escala comercial

(teniendo como alternativa para masificar la producción, la utilización de estanques rústicos, manipulando la sucesión de los componentes del zooplancton) y el desarrollo de los modelos específicos de cultivo; contemplando además, de manera colateral, la identificación de los nichos de mercado y de la demanda potencial de crías para los sistemas de engorda en la región del Pacífico Sur, así como la definición de la capacidad a instalar en materia de infraestructura para satisfacerla. Todos estos aspectos se ilustran y perfilan en la Figura A1.1.

Como puede apreciarse, la columna vertebral de este planteamiento lo constituye la participación de los sectores académico y gubernamental, los cuales deberán delinear y guiar un proceso de este tipo, articulando la participación de los distintos sectores involucrados bajo un enfoque de cadena productiva; aspecto que será determinante para poder impulsar y concretar este importante esfuerzo tendente al desarrollo de la piscicultura marina a gran escala en la región del Pacífico Sur de México.

