

**FUNDACIÓN
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO



GOBIERNO
DEL ESTADO
DE SINALOA

Creación de un banco de reproductores de botete Diana

Noemí García Aguilar
Armando Ibarra Soto
María Isabel Abdo de la Parra
Estela Rodríguez Ibarra
Gabriela Velasco Blanco



COLECCIÓN



RESULTADOS DE PROYECTOS

Creación de un banco de reproductores de botete Diana

Noemí García Aguilar¹

Armando Ibarra Soto¹

María Isabel Abdo de la Parra¹

Estela Rodríguez Ibarra¹

Gabriela Velasco Blanco¹

¹ Laboratorio de reproducción y producción de larvas de peces marinos. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A. C., unidad Mazatlán.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	7
Banco de reproductores de peces, requisito para viabilidad de la acuicultura.....	7
Biología, ecología y distribución geográfica del botete Diana....	8
Clasificación del botete Diana.....	9
Problemática.....	9
Justificación del proyecto.....	10
Objetivos del proyecto.....	10
METODOLOGÍA APLICADA.....	11
Captura de peces para conformar el banco de reproductores marinos.....	12
RESULTADOS.....	13
Transporte de las especies al banco de reproductores del CIAD.....	13
Alimentación.....	14
Selección.....	14
Inducción hormonal.....	15
Desove.....	18
Fertilización.....	18
CONCLUSIONES.....	23
AGRADECIMIENTOS.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25

INTRODUCCIÓN

En el presente folleto se muestra la metodología para obtener un banco de reproductores de botete Diana, así como su manejo, condiciones que resultan indispensables para el cultivo de esta especie en criaderos en el sur de Sinaloa.

La información que se presenta a continuación pertenece a los resultados obtenidos por el proyecto *Determinar la factibilidad técnica de un banco de reproductores de peces marinos. Caso botete (Sphoeroides annulatus), pargo lunarejo (Lutjanus guttatus) y pargo raicero (Lutjanus aratus) de interés comercial en el sur de Sinaloa*, apoyado por Fundación Produce Sinaloa, A. C., durante 2008-2009 a través de su Consejo Consultivo zona sur.

Banco de reproductores de peces, requisito para viabilidad de la acuicultura²

El suministro confiable y estable de huevos fértiles y juveniles³ es un prerrequisito para la viabilidad de la piscicultura marina, que sólo se logra con un banco de reproductores; sin embargo, para obtener desoves⁴ de buena calidad de peces en cautiverio es necesario dominar la reproducción, mediante la adopción y desarrollo de técnicas que permitan optimizar y mejorar de forma sostenible y eficaz el manejo de los reproductores de peces marinos en cautiverio.

Actualmente la piscicultura marina se encuentra en una etapa de pleno desarrollo, y constituye un reto lograr su perfeccionamiento para

² Cría y cultivo de animales y plantas acuáticas con fines comerciales.

³ Estadio en el cual un organismo ha adquirido la morfología del adulto, pero aún no es capaz de reproducirse.

⁴ Acto que consiste en la expulsión de los huevos del cuerpo de la hembra.

convertirla en una actividad rentable, con amplias posibilidades de expansión hacia el cultivo de nuevas especies de peces marinos, para posicionarla como una alternativa que permita aumentar la producción de alimentos proteínicos de alta calidad que satisfagan la demanda del mercado mundial.

En Sinaloa, la acuicultura ha adquirido gran importancia: durante 1989-1995 mantuvo una tasa de crecimiento promedio anual de 18.24%.

El Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C., unidad Mazatlán, ha realizado investigaciones sobre el botete Diana (*Sphoeroides annulatus*) desde 1996. Esta especie posee relevante importancia comercial en el municipio: en el año 2000 se obtuvieron 147.6 toneladas, con un valor de 226 mil 600 pesos.

En el sur de Sinaloa, la explotación de las poblaciones naturales de botete Diana durante su temporada reproductiva ocurre de abril a julio en estuarios⁵ y lagunas costeras.

La información obtenida en estos 13 años de investigación en el CIAD (1996-2009) indica que la especie desova desde abril hasta junio y que la mayoría de las hembras de botete Diana fallan al desovar en cautiverio.

Biología, ecología y distribución geográfica del botete Diana

El botete pertenece a la familia de los Tetradontidae; es conocido como tambor, tamborillo, burro o roncador, esto último porque al inflarse produce diferentes sonidos que simulan ronquidos.

El botete Diana es el pez globo que más abunda en el Golfo de California: se distribuye desde San Diego, Estados Unidos (norte del continente Americano), hasta Perú (en el sur de América, incluyendo las Islas Galápagos).

Esta especie posee hábitos demersales⁶; se observa en abundancia durante su temporada reproductiva (de abril a julio), generalmente en lagunas, estuarios, marismas⁷ y arrecifes. Su presencia también se registra en otros hábitats de salinidades bajas, como en cauces de ríos.

La talla media del botete es de 79 a 152 milímetros, aunque cuando son jóvenes alcanzan hasta 380 milímetros.

Las áreas de desove del botete Diana se encuentran cerca de la costa y esteros, zonas que son abandonadas por los juveniles cuando alcanzan tallas de 25 a 30 milímetros de longitud. El botete Diana sale a mar abierto al presentar su primera madurez sexual, época en la que retornan a los sistemas costeros que utilizan como área de alimentación.

5 Peces que habitan cerca del fondo de depósitos de agua.

6 Región de interacción entre ríos y la orilla de océanos.

7 Zona baja de terreno que se inunda con agua de mar.

El botete Diana encuentra abundante alimento en las raíces de manglares; su alimentación se basa en moluscos bivalvos⁸, gasterópodos⁹ y crustáceos decápodos¹⁰.

Cuadro 1. Clasificación del botete Diana

Phylum*	Animalia
Subphylum	Vertebrata
Súper clase	Gnatostomata
Grado	Teleostomi
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
División	Teleostei
Subdivisión	Euteleostei
Superorden	Acabthopterygii
Serie	Peromorpha
Orden	Tetraodontiformes
Superfamilia	Tetraodontoidea
Subfamilia	Tetraodontinae
Género	<i>Sphoeroides</i>
Especie	<i>annulatus</i> (Jenyns)

*Término que se refiere a un grupo de formas vivientes provenientes de un mismo origen.

Debido a sus altas concentraciones de veneno (tetrodotoxina) en las mucosidades de la piel y vísceras, el botete Diana tiene pocos depredadores.

Problemática

Actualmente en México la oferta de semilla de peces marinos se ha visto rebasada por la demanda, ya que se han apoyado numerosos proyectos de acuicultura marina para la engorda de este tipo de animales, investigaciones que aunque cuentan con jaulas no poseen semilla; una solución a este problema sería la antigua costumbre de capturar juveniles para su engorda, actividad que se ha visto limitada por regulaciones legislativas en el estado de Sinaloa, debido a que genera problemas sociales y enfrentamientos entre grupos de pesquerías y acuicultores.

Ante esta situación resulta necesario obtener un banco de reproductores que sea la base de producción de alevines¹¹ de botete Diana.

8 Animales pertenecientes al grupo de los moluscos. Su concha está formada por dos partes articuladas: por ejemplo, las almejas.

9 Clase de moluscos que tiene el cuerpo cubierto por una concha enrollada en espiral, como los caracoles.

10 Crustáceos que, como el cangrejo de río y la langosta, tienen 10 patas.

11 Crías recién nacidas de peces.



Figura 1. Adultos de botete Diana.

Justificación del proyecto

Sinaloa posee un fuerte avance en materia de cultivo de camarón y en producción de especies dulceacuícolas¹², en maricultura¹³ se tiene información de al menos 26 proyectos en su etapa de instrumentación inicial que requerirán de la aportación de semilla de especies marinas para su desarrollo como negocio.

En la acuicultura continental es una práctica común la utilización de un número reducido de reproductores, dada la elevada fecundidad que muestran los peces, la consecuencia de esta práctica (ampliamente documentada) es la pérdida de diversidad genética, y la aparición de fenómenos “deletéreos” (‘venenosos’). Para evitar que suceda esto es necesario utilizar a corto plazo una población superior a 100 reproductores en un banco de cultivo.

Actualmente Sinaloa no posee un banco de peces marinos reproductores que sea la base de aporte de juveniles para el desarrollo de la maricultura en el estado.

Objetivos del proyecto

1. Establecer la factibilidad técnica de los parámetros productivos de los reproductores de botete Diana que se capturen del medio silvestre para este proyecto.

2. Mejorar la sobrevivencia poscaptura y optimizar el porcentaje de reproductores sensibles al manejo de inducción hormonal.

¹² Especies acuáticas de agua dulce.

¹³ Producción de plantas y animales acuáticos en espacios a mar abierto, ya sea mar costero o mar afuera.

METODOLOGÍA APLICADA

El presente proyecto se realizó en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A. C., unidad Mazatlán.

La ciudad de Mazatlán, Sinaloa, está ubicada en una zona subtropical, con clima cálido subhúmedo, con una estación seca (de noviembre a junio) y otra lluviosa (de julio a octubre) en la que se registran tormentas tropicales y ciclones. La temperatura media anual es de 24 °C.

El CIAD cuenta con una planta piloto de producción de peces marinos con una superficie de 2 mil 668 metros cuadrados. La planta posee la siguiente infraestructura:

- a) Conductoras principales
- b) Tanques de almacenamiento de agua de mar
- c) Local de filtros de arena y cartucho
- d) Local de sopladores
- e) Sector de aclimatación y cuarentena
- f) Tanques de reproductores
- g) Área de reproductores
- h) Local de larvicultura
- i) Áreas interiores de alimento vivo
- j) Área de cultivo exterior de microalgas
- k) Área de cultivo exterior de zooplancton¹⁴
- l) Área experimental de dietas artificiales
- m) Área de alevinaje intensivo
- n) Estanque de estabilización
- ñ) Zanja de drenaje

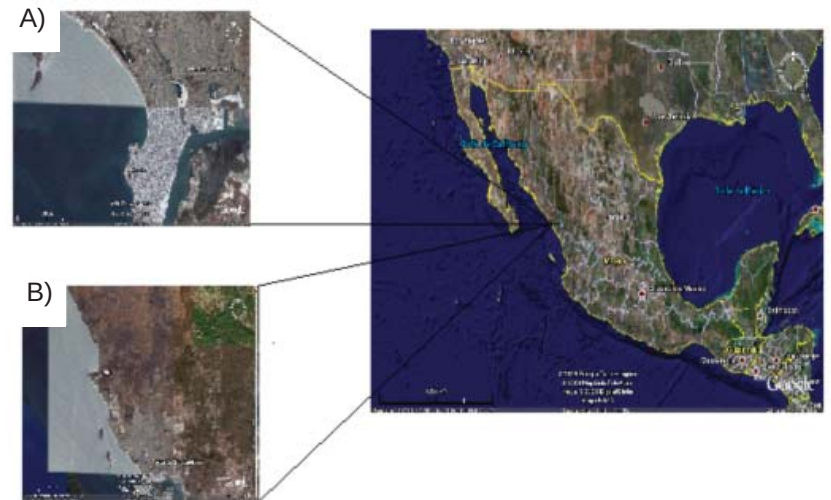


Figura 2. Zona donde se obtuvieron los reproductores marinos (A: playa norte) y área de realización del proyecto (B: CIAD, Mazatlán).

¹⁴ Conjunto de organismos animales, generalmente diminutos, que flotan y son desplazados pasivamente en aguas saladas o dulces.

Las condiciones para establecer y manejar un banco de reproductores de peces marinos, tanto para su maduración como para su desove, requieren en general de organismos preadultos y adultos, en peso y talla requeridos; infraestructura de aporte de agua de buena calidad; sistema de aireación; programa de alimentación; manejo sanitario; y de protocolos de inducción al desove, fertilización, y de cultivo larvario.

Captura de peces para conformar el banco de reproductores marinos

Los ejemplares de botete Diana se capturaron en arrecifes costeros, con un chinchorro playero operado por pescadores con equipo de buceo autónomo, en pequeñas embarcaciones pesqueras.

Una vez que se localizó el cardumen¹⁵, éste se rodeó y capturó rápidamente; después las especies se seleccionaron al salir del copo¹⁶, de acuerdo a su tamaño y características físicas; posteriormente se colocaron en tanques con oxigenación.

Los machos se identificaron por la liberación de semen, que se obtuvo al dar una ligera presión en el abdomen de la especie; por su parte, las posibles hembras se ubicaron por la ausencia de semen. Los peces recolectados presentaron buenas condiciones, sin daños físicos.

Después de desembarcados, los peces se trasladaron al laboratorio del CIAD: los machos se transportaron en tanques o hieleras de 80 a 200 litros, mientras que las hembras en tanques de 500 a mil litros. El agua que se utilizó en los contenedores fue de 35 partes por millón, a temperatura ambiente. Durante el traslado se suministró aireación continua con un soplador 12 V.

El manejo realizado para optimizar la sobrevivencia de los reproductores durante su traslado, así como los aspectos de sanidad (manejo profiláctico¹⁷) e inducción hormonal se describen en el apartado de resultados.



Figura 3. Panorámica del CIAD-Mazatlán.

15 Conjunto o banco de peces, habitualmente de una misma especie, que nadan muy cerca unos de otros; se caracterizan por un comportamiento idéntico entre cada uno de los integrantes. El conjunto actúa como una unidad.

16 Bolsa o saco de red para pescar.

17 Procedimiento o práctica médica que previene o protege contra una enfermedad o afección, por ejemplo: vacunas, antibióticos o medicamentos.



Figura 4. Compra de peces vivos en temporada reproductiva de botete Diana, selección e identificación de machos y posibles hembras.

RESULTADOS

Como producto de este proyecto se obtuvieron tres bancos de reproductores de peces marinos: uno de botete Diana, otro de pargo luna-rejo, y un tercero de pargo raicero; cada uno contó con un número de 100 especies.

Como resultado del proyecto, a continuación se presenta sólo la metodología para el manejo de un banco de reproductores de botete Diana, debido a que fue la única especie que estuvo en su etapa de reproducción (de enero a mayo de 2009) durante el tiempo que duró la presente investigación en operación.

La investigación continuada se realizó sobre un protocolo de inducción al desove en botete Diana, utilizando un agonista¹⁸ de la hormona liberadora de luteinizante¹⁹ (LHRHa) mediante la inyección de implantes, con lo que se incrementó el número de hembras que completaron la maduración final de los ovocitos²⁰ y la ovulación en cautiverio.

Transporte de las especies al banco de reproductores del CIAD

Los organismos silvestres que actualmente se encuentran en el banco de reproductores fueron capturados en alta mar y se transportaron a las instalaciones del CIAD-Mazatlán, en un vehículo acondicionado con un tanque con agua salada y aireación.

Al llegar a las instalaciones del CIAD, a las especies transportadas se les proporcionó un baño de 3 a 5 minutos con agua dulce, para eliminar los parásitos externos; posteriormente fueron depositados en el área de cuarentena, en tanques de 3 metros cúbicos de diámetro, con flujo abierto (150% de recambio diario) y aireación las 24 horas del día.

18 Sustancia que es capaz de unirse a un receptor y provocar una respuesta.

19 En el macho es la proteína que regula la secreción de testosterona, mientras que en la hembra controla la ovulación.

20 Células sexuales femeninas inmaduras.

Alimentación

El banco de reproductores de botete en cautiverio se mantuvo con alimento fresco descongelado (pescado, calamar y camarón) y con una masa de alimento balanceado para peces reproductores, de la marca INVE (el nombre comercial es Fish Breed); se ofreció 3% de la biomasa en cada tanque hasta dos veces al día. Los contenedores se limpiaron diariamente.

Selección

Después de la alimentación de las especies, éstas se separaron por sexo, para lo cual se anestesiaron con 2-fenoxietanol (a una dosis de 0.5 mililitros por litro de agua), se tomaron las medidas morfométricas (peso y longitud total) de cada organismo. Los machos se identificaron por la presencia de esperma.



Figura 5. Transporte de peces.



Figura 6. Recepción de especies en el CIAD.



Figura 7. Cuarentena

21 Práctica realizada para obtener muestras de tejido ovárico para ser analizadas.

Inducción hormonal

A las hembras anestesiadas se les realizó una biopsia ovárica²¹; la muestra obtenida se valoró microscópicamente para conocer las características de desarrollo del ovocito, así como el diámetro y posición del núcleo. Las hembras que registraron una media en el diámetro de los ovocitos de 0.450 milímetros o más fueron seleccionadas para la inducción hormonal.



Figura 8. Alimento fresco congelado y masa de alimento balanceado.



Figura 9. Alimentación de peces en tanque.

22 Circuito integrado miniaturizado.

Todas las hembras seleccionadas para el protocolo de inducción fueron identificadas con un microchip²² que sirve para posteriormente identificar (mediante un lector) a las hembras, en el caso de que se desee realizar algún otro manejo, así como para llevar una bitácora de fecundidad por cada animal. Se aplicó el implante de GnRHa vía intra-peritoneal, a razón de 100 microgramos por kilo de peso de la especie.



Figura 10. Reproductores a seleccionar.



Figura 11. Anestésico.



Figura 12. Preselección de hembras y machos.

Las hembras seleccionadas se separaron en un tanque de 2 metros cúbicos con agua marina, por 72 horas; después de este lapso se revisaron por la mañana, para identificar a las que se encontraban ovulando.

Posterior a la detección de hembras se seleccionaron los machos; de igual forma, fueron anestesiados, pesados e identificados con microchips. Se les tomó una muestra de esperma para evaluar microscópicamente los valores de motilidad espermática.



Figura 13. Medición de longitud total.



Figura 14. Peso de un ejemplar de botete.



Figura 15. Biopsia "gonadal" ('de gónada: órgano formador de células sexuales masculinas o femeninas').



Figura 16. Muestra ovárica a evaluar.



Figura 17. Evaluación de ovocitos.

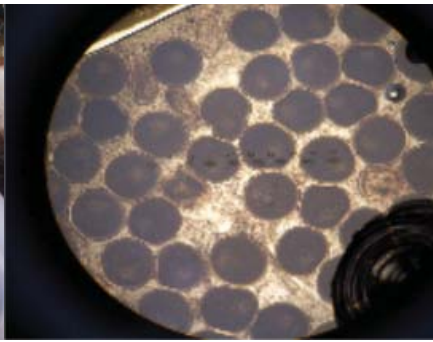


Figura 18. Medición de ovocitos, etapa "vitellogénica" ('de vitelo: conjunto de sustancias almacenadas dentro de un huevo para la nutrición del embrión').

Desove

Las hembras de botete que ovulaban se anestesiaron y se identificaron con el lector de microchip; se registró su longitud y peso antes del desove.

Las hembras que ovulaban se secaron, y mediante una presión abdominal suave se les expulsaron los huevos, que se colocaron en un recipiente seco (previamente pesado). Al final del desove se registró el peso total de la hembra.

El peso total de huevos se registró después del desove: se separó una muestra de 0.1 gramos de huevos para contarlos, posteriormente (con el peso total de huevos) se estimó la cantidad producida por hembra.

Fertilización

Los huevos se fertilizaron por el método semiseco, para lo que se utilizó una cápsula de Petri, disco demaquillante, agua y azul de metileno. El procedimiento de esta labor se detalla a continuación.

El agua se preparó con una gota de azul de metileno, mezcla con la

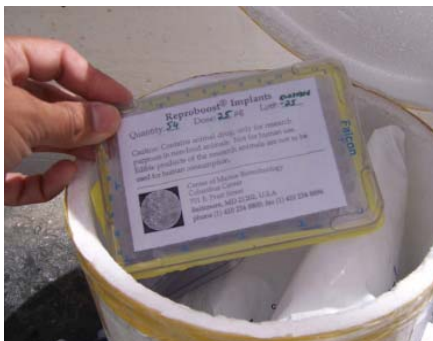


Figura 19. Implante de GnRHA.



Figura 20. Aplicación del implante GnRHA.



Figura 21. Separación de hembras inducidas.



Figura 22. Evaluación de ovulación.

que se mojó el disco demaquillante para evitar la propagación de hongos si se llegase a presentar algún huevo sin fecundar.

Posteriormente los huevos se depositaron en el disco demaquillante (perfectamente mojado), para después ponerlos a incubar en la cápsula de Petri, que se cerró herméticamente para que no perdieran humedad.

Cuando los huevos estuvieron totalmente incubados se mojaron con regularidad.



Figura 23. Selección de machos.



Figura 24. Recolección de espermatozoides.



Figura 25. Recolección de huevos.

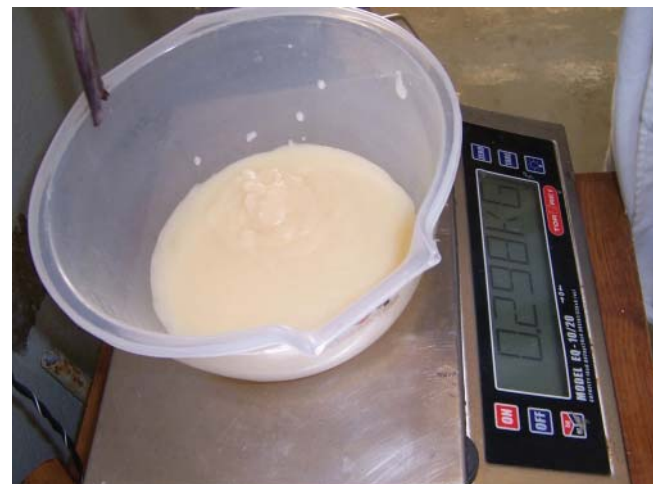


Figura 26. Peso total de desove de una hembra de botete.



Figura 27. Fertilización artificial de huevos.



Figura 28. Activación de esperma con agua marina.

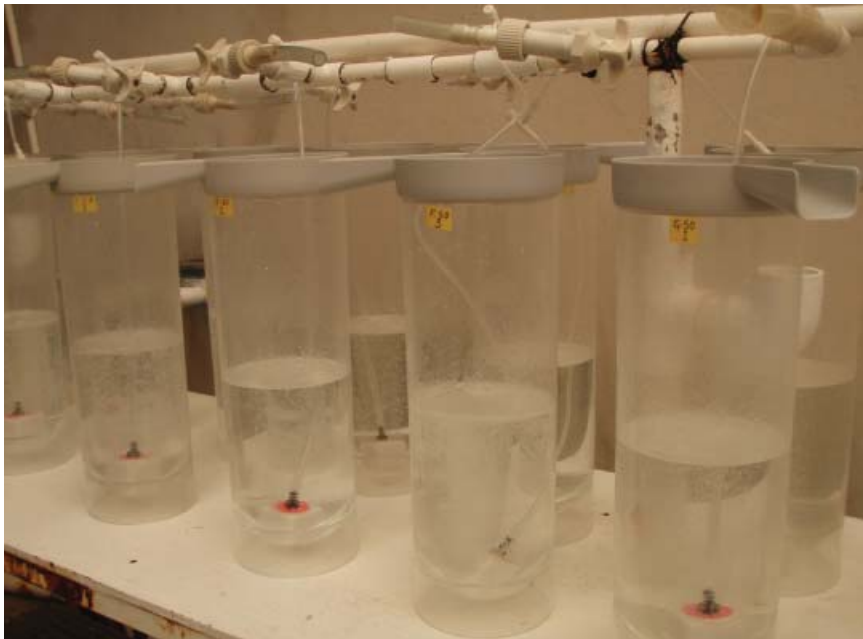


Figura 29. Incubación de huevos fertilizados.

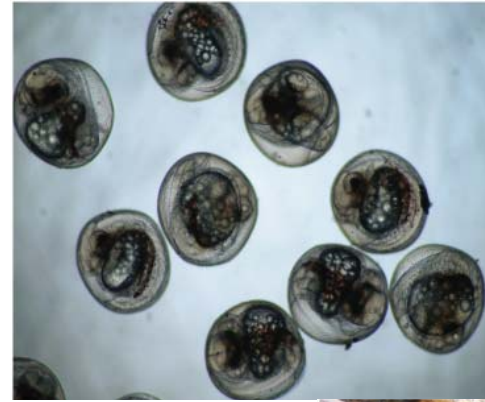


Figura 30. Huevos fertilizados.



Figura 31. Juveniles de botete Diana.

Para mayo de 2009 se evaluó la eficacia de la inducción hormonal en el botete: se identificó talla (un promedio de 34.2 centímetros) y peso (975 gramos en promedio); se seleccionaron 10 hembras que presentaron una producción de 555 mil huevos, de los que se sembraron 166 mil 600, con 12% de sobrevivencia larvaria; lo que significó 20 mil larvas de botete.

Se determinó que la inducción hormonal se puede implementar en pequeños criaderos.

CONCLUSIONES

1. Hasta mayo de 2009, en promedio se habían producido un total de 550 mil huevos de botete Diana por hembra, de los cuales se sembraron 166 mil 600, con 12% de sobrevivencia larvaria, lo que significó 20 mil larvas de botete.

2. Poseer un banco de reproductores de peces marinos en Sinaloa permite vislumbrar la opción de apoyar a los interesados en acuicultura y afrontar de forma sustentable el mercado de peces marinos a nivel nacional.

Actualmente la pesquería no alcanza a cubrir las cantidades de

productos marinos demandadas.

En nuestro estado la reglamentación de pesca ha limitado la extracción de juveniles del medio marino, pero la extracción de adultos también tiene un límite: al momento de la pesca los organismos no alcanzan a madurar para mantener su reproducción natural.

Ante esta situación, la acuicultura es la actividad que puede brindar un mejor abasto de productos cárnicos de origen marino. El potencial de contar con un banco de reproductores sólo está limitado por el tiempo y apoyo entre el quehacer científico y el productor. La combinación de objetivos y metas en forma real podrán conformar empresas rentables y sustentables que procuren la producción de alimentos de origen animal para el consumo humano.

3. El proceso productivo de reproductores marinos aún no concluye: faltan por realizar optimizaciones en las tecnologías para que sea más atractivo al productor, siendo la diversidad de especies en engorda una de las posibles pautas.

AGRADECIMIENTOS

A Fundación Produce Sinaloa (FPS), A. C., por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto; en especial a César Óscar Martínez Alvarado, coordinador operativo del Consejo Consultivo zona sur de FPS.

También agradecemos el apoyo técnico que brindaron César Bonilla Rodríguez, Manuel Cruz Aramburu, Juan Francisco Huerta Ortega y Óscar Sánchez Santos, personal del área de peces marinos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., unidad Mazatlán.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Lajonchere, L.; M. C. Chávez-Sánchez; M. I. Abdo de la Parra; N. García-Aguilar; L. Ibarra-Castro; L. Rodríguez-Ibarra; G. Velasco-Blanco; E. Fajer-Avila; A. Puella-Cruz; and B. González-Rodríguez. 2007. *Pilot-Scale marine finfish hatchery starting this year at Mazatlan, Mexico*. Aceptado en World Aquaculture 2007.

Álvarez-Lajonchere, L.; I. Ibarra-Castro; N. García-Aguilar; y Z. Ibarra-Zatarain. 2007. "Manipulación y nutrición de reproductores de peces marinos", *Panorama Acuicola Magazine*.

Chávez S., M. C.; L. Álvarez-Lajonchere; M. I. Abdo de la Parra; and N. García-Aguilar. 2008. "Advances in the culture of mexican buffer fish *Sphoeroides annulatus*, Jenyns (1842)", *Aquaculture Research*. 39:718-730.

García-Aguilar, N.; I. Abdo; L. E. Rodríguez; and L. Ibarra. 2005. "Protocolo preliminar de desove con reproductores silvestres de botete Diana (*Sphoeroides annulatus*) con implantes intraperitoneales EVAc de LHRHa", *Segundo foro internacional de acuicultura*. Hermosillo, Sonora.

García-Aguilar, N.; I. Abdo; L. E. Rodríguez; L. Ibarra; Z. Ibarra; and L. Álvarez-Lajonchere. 2009. "Desove del botete Diana", *Ciencia y Desarrollo*. Abril. 35:230-68.

Ocampo, P. D. 1983. "El Botete (*Sphoeroides annulatus*) Características y origen como alimento humano", *Ciencias del mar*. 2. 5:9-11.

Zohar, Y. and C. Mylonas. 2001. "Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes", *Aquaculture*. 197:99-136.