

Desove inducido en moluscos bivalvos del sistema de Maracaibo

David Nava & Yajaira García de Severeyn*

*Laboratorio de Cultivo de Invertebrados Acuáticos, Departamento de Biología,
Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.*

Recibido: 26-02-10 Aceptado 17-05-10

Resumen

Esta investigación tuvo como propósito comprobar el efecto de la temperatura, salinidad, serotonina, KCl y radiación ultravioleta, sobre inducción del desove en condiciones de laboratorio en especies de moluscos bivalvos del sistema de Maracaibo (*Crassostrea virginica*, *Geukensia demissa* y *Rangia cuneata*), sexualmente maduros. Para ello se realizaron muestreos en la Laguna Gran Eneal y Nazaret del Moján, donde se colectaron los individuos y se midió la temperatura y la salinidad del agua. Los ejemplares colectados se colocaron en recipientes de plástico con agua del medio natural y se transportaron al Laboratorio de Cultivos de Invertebrados Acuáticos de la Facultad Experimental de Ciencias, donde se aclimataron a las condiciones del laboratorio. Se comprobó la efectividad de todos los métodos aplicados, encontrándose desove en las tres especies, demostrándose que la serotonina y la salinidad fueron los métodos con mejores resultados. En cuanto a desoves, *Crassostrea virginica* y *Rangia cuneata* fueron las especies con el mayor porcentaje promedio de desove con 73% en el primer ensayo; para el segundo ensayo las especies *Geukensia demissa* y *Rangia cuneata* fueron las mejores desovantes con 67% y 60% respectivamente. Entre los métodos, el menor tiempo de respuesta promedio se obtuvo con la serotonina, mostrando diferencias significativas ($p < 0,0001$), entre las tres especies. *Geukensia demissa* obtuvo el mejor tiempo con 29,5 min. A pesar de que no hubo diferencias significativas entre los porcentajes promedios de desove para los cinco métodos aplicados, el mejor porcentaje de desove y tiempo de respuesta se obtuvo con la serotonina.

Palabras clave: Inducción de desove, moluscos bivalvos, laguna Gran Eneal, playa Nazaret del Moján, sistema de Maracaibo.

Induced spawning in bivalve mollusks from Maracaibo system

Abstract

This research had the goal of testing the effect of temperature, salinity, serotonin, KCl and UV on three bivalve mollusks from Maracaibo system (*Crassostrea virginica*, *Geukensia demissa* and *Rangia cuneata*), sexually mature, as spawning techniques under laboratory conditions. Animals were collected at Gran Eneal lagoon and Nazaret beach, San Rafael del Moján, where temperature and water salinity were measured. The animal were put into plastic container with water from the collecting site, and transported to the laboratory of Aquatic Inverte-

* Autor para la correspondencia: davidnava_26@yahoo.com

brate Culture where they were acclimated up to laboratory conditions in order to apply the respective spawning techniques. The effectiveness of the methods used was verified founding spawning of the three tested species. Serotonin and salinity changes showed better results obtaining in *Crassostrea virginica* and *Rangia cuneata* the highest mean percentage of spawning, 73% in the first experiment. In the second experiment, *Geukensia demissa* and again *Rangia cuneata* obtained the best spawning percentage with 67 y 60% respectively. Despite there was not significant differences in the percentage of spawning among techniques and considering the time of response, serotonin was the better technique in the three species. *Geukensia demissa* got the shortest time with 29,5 min, followed by *Rangia cuneata* with 31,5 min. Thus, the best combination, higher percentage of spawning and shorter time of response, was produced by serotonin.

Key words: spawing induction, bivalve mollusks, Gran Eneal lagoon, Mojan Nazaret beach, Maracaibo system.

Introducción

Los moluscos bivalvos han sido sometidos a una intensa explotación natural durante siglos, lo cual ha obligado a regular su extracción de los bancos y yacimientos naturales, mediante el otorgamiento de concesiones y licencias para controlar la producción en su hábitat, facilitando por medio de diversos métodos de captura, una recuperación de los yacimientos naturales y una disponibilidad de semillas y juveniles, que faciliten potenciar el desarrollo de moluscos a través de la acuicultura (1).

En los bivalvos, el cultivo se ha centrado en ostras, mejillones, almejas y vieiras. Estos han sido importantes para la alimentación humana así como recursos para ciertas actividades, las cuales varían dependiendo del país. Entre las ostras, los géneros *Ostrea* y *Crassostrea* ocupan la mayor atención y aceptación por su amplia distribución geográfica, principalmente en aguas cálidas (2).

Existe una serie de estímulos naturales, temperatura y salinidad, entre otros, que favorecen la puesta. Estos estímulos naturales deben actuar de forma brusca o progresiva para que determinen el desove. Además, de los estímulos externos, los estímulos internos también ejercen un control respecto a la gametogénesis y emisión de ga-

metos. Cualquier cambio brusco de los factores del medio, dentro de ciertos límites, pueden dar lugar al desove (1).

La acción colectiva de varios de estos estímulos como temperatura, salinidad, serotonina entre otros, es lo adecuado. Para inducir el desove es importante comprobar que el bivalvo se encuentre en estado fisiológico adecuado (maduro), para que los huevos y larvas presenten los mejores índices de viabilidad. Estos métodos son importantes ya que a través de ellos se pueden conseguir puestas o desoves durante casi todo el año, aunque los desoves sean escasos en la época de recuperación normal (1).

En Venezuela, en La laguna Gran Eneal y el sector Nazaret del Moján, la explotación de los moluscos bivalvos es indiscriminada. Por ello, se hace necesario replantear cambios para utilizar la acuicultura como alternativa para el desarrollo de las comunidades bentónicas en estas zonas y producir alimentos de alto valor proteico, facilitar la generación de empleo y explotar zonas costeras con potencial acuícola.

Con base en la situación descrita, esta investigación podría convertir al cultivo de bivalvos en una actividad importante desde el punto de vista económico y se reduciría la presión de pesca en las poblaciones naturales. De acuerdo a lo anterior, el objetivo del

presente estudio fue evaluar varias técnicas de inducción de desove en especies de moluscos bivalvos del Sistema de Maracaibo como alternativa para la malacocultura regional.

Materiales y métodos

Área de estudio

La laguna El Gran Eneal se localiza en el Municipio Páez de la Guajira venezolana, entre Sinamaica y Paraguaipoa, a 60 Km al noreste de Maracaibo, Estado Zulia. El sector Nazareth está localizado en el Municipio Mara en la zona nor-occidental del Lago de

Maracaibo, al Norte de San Rafael del Moján (figura 1).

Trabajo de campo

Se hizo un muestreo exploratorio para ubicar los sitios donde se encontraron los bancos de *Crassostrea virginica*, *Geukensia demissa* y *Rangia cuneata*. Los ejemplares se colectaron en recipientes de plástico con agua del sitio de colecta, donde al mismo tiempo con termómetro de mercurio y salinómetro refractómetro, se midieron los parámetros temperatura y salinidad del agua; luego los animales fueron transportados al laboratorio de Cultivos de Invertebrados

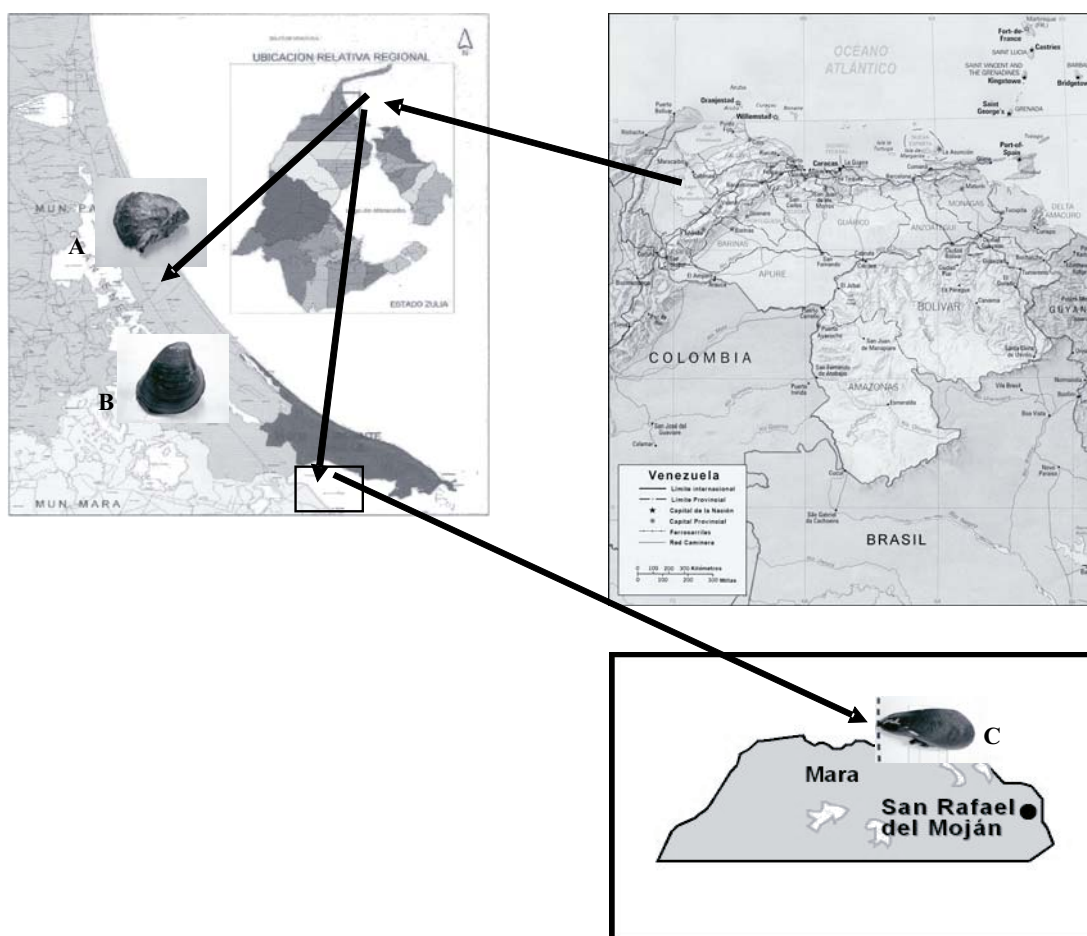


Figura 1. Ubicación relativa de las diferentes especies de moluscos en la Laguna de Gran Eneal (Municipio Páez) y Nazareth (Municipio Mara). A- *Crassostrea virginica*. B- *Rangia cuneata* C- *Geukensia demissa*.

Acuáticos de la Facultad Experimental de Ciencias de la Universidad del Zulia (LUZ).

Trabajo de laboratorio

Los bivalvos se aclimataron por siete días en el laboratorio para verificar si se producía desove y se alimentaron con microalgas (*Chlorella* sp) dos veces por día con el fin de madurar las gónadas hasta el momento del ensayo, estas fueron monitoreadas por observación al microscopio para comprobar el estado de madurez gonadal de los animales. Se colocaron cinco animales por separado en tinas plásticas por cada uno de los cinco tratamientos con tres réplicas para cada uno de ellos, más el control. Se realizaron dos experimentos, agosto del 2006 para el primer ensayo y febrero del 2007 para el segundo ensayo. Para todas las técnicas utilizadas se midieron las respuestas de desove cada 15 minutos hasta obtener desove y se hicieron las observaciones correspondientes para cada tratamiento.

Técnicas utilizadas

Cambios de temperatura: Los ejemplares fueron colocados por 20 minutos en envases con agua previamente enfriada en una nevera hasta que la temperatura del agua llegara a 5°C. Inmediatamente después los animales fueron colocados en agua previamente calentada en una plancha a una temperatura de 30°C y se mantuvo a esta temperatura en un gabinete ambiental. Los animales fueron observados cada 15 minutos (3).

Cambios de salinidad: Los ejemplares fueron colocados 30 minutos a una salinidad 3 veces superior a la que presentaba el agua del medio natural. Una vez terminado el tiempo, ésta fue bajada a su salinidad original y se esperó el tiempo antes mencionado y se hicieron las observaciones respectivas (3).

Luz ultravioleta: Los ejemplares fueron sometidos a irradiaciones con luz ultravioleta (30 watt) por 45 minutos y posteriormente

se colocaron en luz artificial en el laboratorio, esperándose el tiempo antes mencionado y haciéndose las observaciones respectivas (4).

Concentración de serotonina: Los ejemplares fueron inyectados con 0,4 mL de una solución 2 mM de serotonina en el músculo adductor, abriendo un pequeño orificio entre las valvas justo donde se encuentran los músculos aductores. Se esperó el tiempo antes mencionado (15') y se hicieron las observaciones respectivas. Para el control se hizo la incisión pero no se inyectó serotonina (5).

Concentración de potasio (KCl): Los ejemplares fueron inyectados con 0,5 mL de una solución de 0,1 N de KCl en la cavidad del manto y se siguió el mismo procedimiento utilizado para la serotonina. Para el control se hizo la incisión pero no se inyectó el KCl (6).

Análisis estadísticos

Los resultados fueron analizados por medio de análisis de varianza para determinar si existían diferencias significativas entre el porcentaje de desove y en el tiempo de respuesta para desovar entre las especies estudiadas.

Resultados

En el primer ensayo, todos los métodos estudiados produjeron desoves (figura 2). La almeja *Rangia cuneata*, con el método de la salinidad, obtuvo el mayor porcentaje promedio de desove con el 73,33%, la serotonina produjo 60%, mientras que la temperatura obtuvo 66,66%, al igual que la luz ultravioleta; por otra parte el menor porcentaje fue el obtenido por el método de cloruro de potasio el cual fue de un 40% de desove para esta especie.

Para la ostra *Crassostrea virginica*, el método de serotonina obtuvo el mayor porcentaje de desove con 73,33%; para el caso de los métodos de salinidad y luz ultravioleta

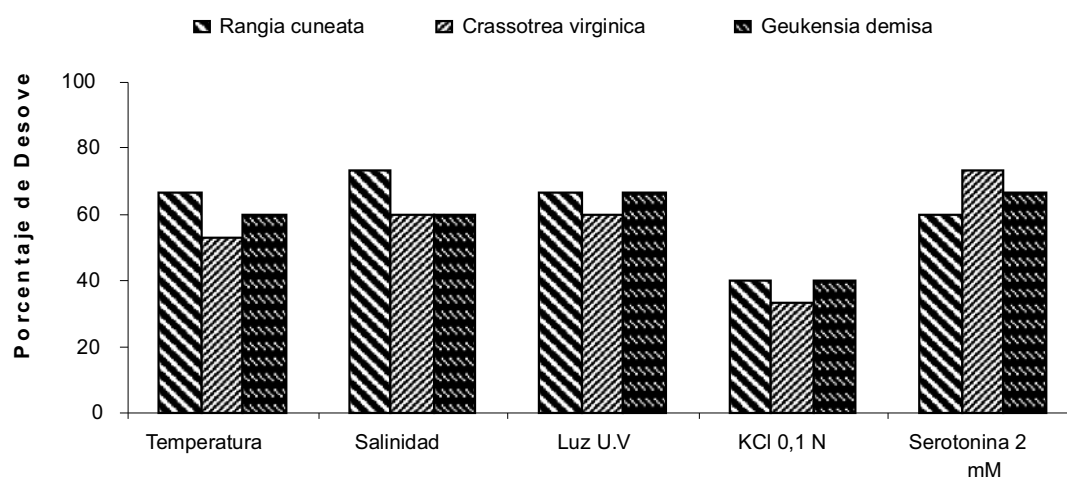


Figura 2. Porcentaje promedio de desove para cada especie por cada método de inducción de desove (Exp 1).

ta el porcentaje resultó el mismo con un 60%. Con la temperatura también se obtuvo un porcentaje de desove satisfactorio con un 53,33%, mientras que el método de cloruro de potasio produjo el promedio de porcentaje de desove menor con apenas un 33,33%.

En cuanto al mejillón *Geukensia demissa*, los resultados obtenidos tienden a variar ligeramente. Los métodos de serotonina y luz ultravioleta tienen el mismo porcentaje de desove con un 66,66%, mientras que para los métodos de temperatura y salinidad el porcentaje de desove resultó igual con 60%. Con el cloruro de potasio se presentó el porcentaje de desove de un 40%.

El método de temperatura fue el que registró menores porcentaje de desove para *Crassostrea virginica*; no obstante, para las otras especies se registraron porcentajes de desove mayores. La técnica que presentó valores de porcentaje menores fue la de cloruro de potasio (KCl) para las tres especies (figura 2).

Los valores de porcentaje de desove en el segundo ensayo para cada una de las especies sometidas a todos los métodos, resultaron no ser tan favorables como en el primer ensayo, *Rangia cuneata*, para el caso de serotonina obtuvo el mayor promedio de

porcentaje de desove con 60%, el cloruro de potasio con un 53,33%, mientras que la salinidad obtuvo un porcentaje de 46,66%. La temperatura tuvo un 40%. Por otra parte, el porcentaje menor fue el obtenido por el método de luz ultravioleta 33,33%.

En cuanto a *Geukensia demissa*, los resultados obtenidos variaron ampliamente. El método de salinidad obtuvo el mayor porcentaje de desove con 66,66%, la serotonina 60%, y para los métodos de cloruro de potasio y luz ultravioleta el porcentaje de desove resultó ser de 46,66% y 33,33% respectivamente. La temperatura presentó el porcentaje de desove de 26,66%.

Para cada uno de los métodos, los porcentajes de desove se mantuvieron por debajo de lo esperado en comparación con el primer ensayo, exceptuando KCl para ambas especies, la salinidad en *Geukensia demissa*, y la serotonina, para *Rangia cuneata* que se mantuvo igual (figura 3).

Al igual que los porcentajes de desove, los tiempos promedio de respuesta en el primer ensayo para cada especie y por cada método mostraron resultados positivos. *Rangia cuneata*, para el método de serotonina, presentó el menor tiempo de respuesta con 31,5 min, mientras que la temperatura

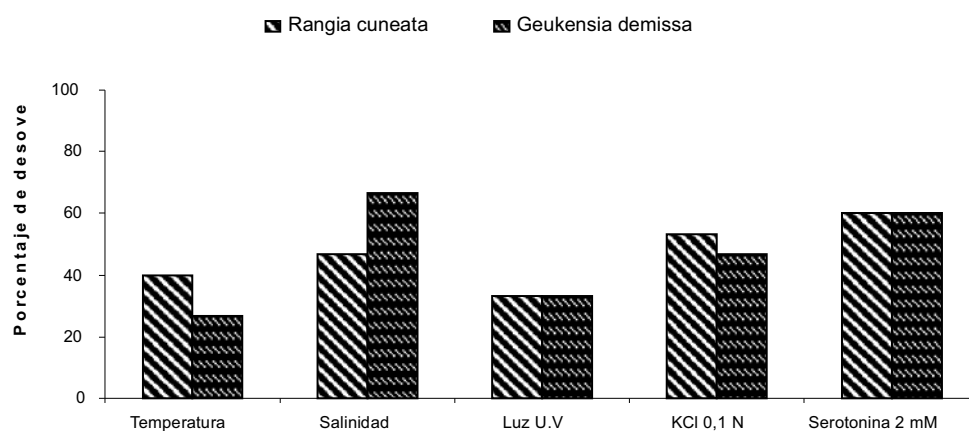


Figura 3. Porcentajes promedio de desove para cada especie por cada método de inducción de desove (Exp. 2).

y salinidad produjeron un tiempo de respuesta de 3,22 horas y 4,25 horas respectivamente. Por otra parte los mayores tiempos promedio para el desove de esta especie fueron con los métodos de KCl y luz ultravioleta, 6,23 y 6,21 horas respectivamente.

Cabe destacar que para *Crassostrea virginica* no se le realizó un segundo ensayo debido a que en el punto de colecta no se encontraron animales vivos.

Para *Crassostrea virginica*, el método con serotonina obtuvo un tiempo de respuesta de 32,5 minutos, el método de temperatura 3,25 horas, con salinidad 4,21 horas, mientras que los métodos de luz ultravioleta y cloruro de potasio produjeron tiempos promedio de respuesta muy similares con 6,21 horas y 6,26 horas, respectivamente.

En cuanto a la especie *Geukensia demissa*, la serotonina requirió de 40 minutos, tiempo muy inferior en comparación con *Rangia* y *Crassostrea*; la temperatura tuvo un tiempo de respuesta de 3,23 horas y la salinidad de 4,22 horas, mientras que el promedio de respuesta de los métodos de luz ultravioleta y KCl fueron de 6,23 horas y 6,27 horas respectivamente.

Los valores de tiempo de respuesta de desove para cada uno de los métodos se

mantuvieron más o menos constantes para cada una de las especies. La luz ultravioleta y cloruro de potasio fueron las técnicas que presentaron los tiempos más tardíos de respuestas en las tres especies, mientras que la serotonina presentó el tiempo de respuesta más rápido (figura 4). Cabe destacar que en los animales de control no se obtuvo desove en ninguno de los ensayos para cada tratamiento.

En el segundo ensayo, *Rangia cuneata*, para el método de serotonina, presentó el menor tiempo promedio de respuesta con 32 minutos. El cloruro de potasio presentó un menor tiempo de 35,5 minutos, en comparación con el primer ensayo. La temperatura y salinidad produjeron tiempos de respuesta de 4,26 horas y 4,24 horas respectivamente. Por otra parte, el mayor tiempo promedio para el desove de esta especie fue con el método de luz ultravioleta (7,22 horas).

En cuanto a *Geukensia demissa*, el tiempo promedio para el desove, con la serotonina fue de 29,5 minutos. El segundo menor tiempo se obtuvo con el cloruro de potasio (38,5 minutos). Con temperatura se obtuvo un tiempo de respuesta de 4,28 horas y 4,25 horas con la salinidad. Finalmente, el mayor tiempo de respuesta fue para el método con luz ultravioleta (7,28 horas).

En cuanto a cada uno de los métodos, los tiempos promedio de respuesta de desove en el segundo ensayo se mantuvieron más o menos constantes en todas las especies. Los métodos de serotonina y KCl presentaron el tiempo de respuesta más rápido, mientras la luz ultravioleta fue la técnica que presentó el tiempo más tardío de respuesta en las dos especies (figura 5).

El análisis de varianza indicó que para la almeja *Rangia cuneata* hubo diferencias significativas ($p=0,0001$) en cuanto a tiempo de respuesta entre las técnicas aplicadas, siendo la serotonina la principal causante de la diferencia. Para el porcentaje de desove

no se encontró diferencia significativa entre las técnicas ($p=0,5441$).

Para la ostra *Crassostrea virginica* el ANOVA mostró diferencias significativas en los tiempos de respuestas ($p=0,0001$) entre los métodos de inducción debido al rápido tiempo de respuesta de la serotonina, e igualmente mostró diferencias significativas para los porcentajes de desove ($p=0,0376$) entre las técnicas debido a la baja respuesta (33,33%) del KCl.

El mejillón *Geukensia demissa* mostró que hubo diferencias significativas entre los tiempos de respuesta por técnica ($p=0,0001$),

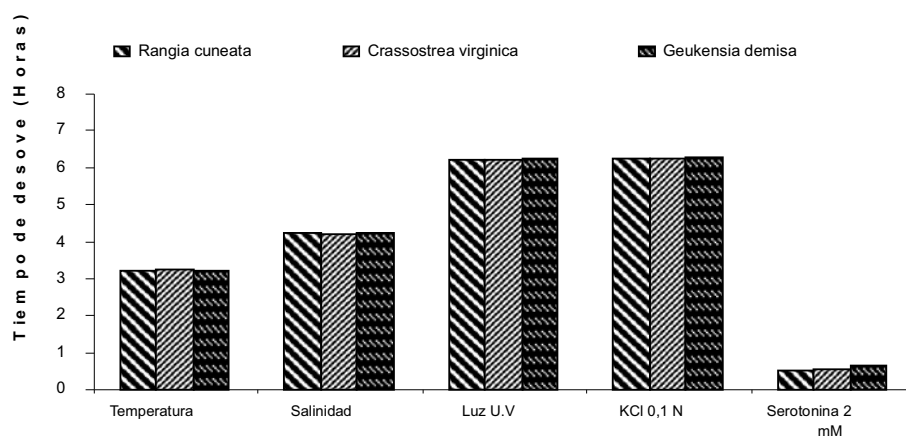


Figura 4. Tiempo promedio de respuesta de cada especie por cada método de inducción de desove (Exp. 1).

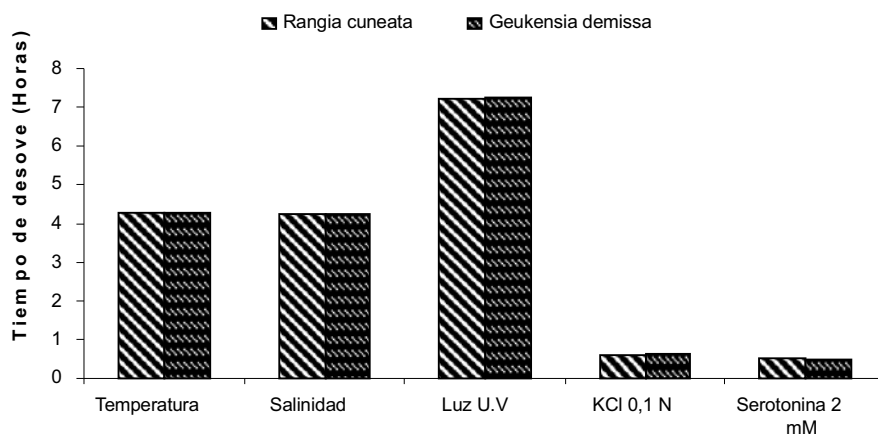


Figura 5. Tiempo promedio de respuesta de cada especie por cada método de inducción de desove (Exp. 2).

causada por la serotonina. Por otra parte no hubo diferencias para el porcentaje de desove ($p=0,0804$).

Discusión

Los desoves obtenidos por los cambios bruscos de temperatura, coinciden y además muestran valores aproximados a los reportados previamente (7). En estos experimentos se utilizaron cambios bruscos de temperatura de 21 a 30°C en *Argopecten nucleus* y de 27 a 30°C en *Nodipecten nodosus* obteniendo desoves en machos y hembras (60%), (50%), (39%) y (10%) para ambas especies en un tiempo de 3 horas y 1,5 horas respectivamente.

Loosanoff y Davis (3), lograron inducir desove en *Arca trasversa*, aumentando la temperatura del agua de 15°C a 27-28°C después de un periodo de 2-3 horas. García (8), utilizó cambios bruscos de temperatura de 5 a 30°C en *Polymesoda arctata*, sin resultados positivos al querer lograr desoves en el laboratorio, debido a que esta especie presenta una concha fuerte y tiene la capacidad de cerrarse herméticamente cuando las condiciones no son favorables; así, los cambios bruscos de temperatura no la afectaron.

La temperatura del agua no sólo parece tener una función preponderante en los procesos de maduración estructural y fisiológica de los gametos de estas tres especies *Rangia cuneata*, *Crassostrea virginica* y *Geukensia demissa*, sino también en la sincronización de la actividad reproductiva, según lo indica el alto porcentaje de desove inducido mediante este método. Vélez y col. (9), reportaron que esto parece estimular la síntesis de las prostaglandinas que inducen el desove.

Los efectos de la salinidad sobre los mecanismos reproductivos de mejillones, almejas y otros bivalvos se han enfocado en la viabilidad de larvas y adultos, y en los datos geográficos relacionados con la distribución de las concentraciones salinas. El deso-

ve, fertilización, motilidad de los espermatozoides e integridad de los ovocitos de los mejillones, almejas y otros bivalvos varía en función de las condiciones salinas (3). La aclimatación de los bivalvos a elevados niveles salinos sobre un periodo de días resulta en una mejora significativa en estos indicadores de la función reproductiva obteniéndose altos desoves en condiciones de laboratorio en un periodo de una noche (10).

El desove puede ser promovido en salinidades tan altas como 15 y 20 ups de tal manera que la función reproductiva de los mejillones y almejas, aclimatadas por varios días a salinidades tan altas pueden llegar hasta niveles normales en poco tiempo (11).

Las investigaciones efectuadas sobre el mejillón y especies de almejas han mostrado que la reproducción se efectúa con normalidad a condición de que los factores térmicos y nutricionales sean óptimos. Loosanoff y Davis (3), han mostrado que existe una correlación entre temperatura y salinidad, y que para prever buenas producciones, el óptimo salino se sitúa entre los 15 y 30 ups.

En este estudio, los desoves obtenidos a través de los cambios de salinidad podrían coincidir o ser aproximados a los obtenidos por García (8), donde a pesar de que no reporta valores de desove, utilizó los cambios de salinidad en *Polymesoda arctata*, logrando desoves en el laboratorio obteniendo gametos y embriones viables que permitieron fertilizaciones y etapas larvales del ciclo de vida de esta especie.

Posteriormente, García de Severein y col. (12), lograron inducir altos desoves en *Polymesoda sólida*, variando la salinidad de 0 a 35 ups, y así describe el ciclo embrionario y larval de esta especie, cultivada bajo condiciones controladas de salinidad, y difiere notablemente a lo obtenido por Fuenmayor (13), donde logró a través de cambios de salinidad desoves en machos (35%) y hembras (25%) en condiciones controladas de laboratorio.

Esta capacidad de tolerar amplios rangos de salinidad, no sólo por incremento progresivo sino también ante cambios drásticos y repentinos, le permite soportar las típicas fluctuaciones estuarinas que destruirían a cualquier otra especie marina o dulceacuícola (14).

Lo anterior, evidencia una alta capacidad competitiva que explica porque las especies de bivalvos que viven en estuarios, toleran tal inclemencia ambiental. García de Severeyn y col. (12), demuestra que la variabilidad constituye una característica básica de los organismos que viven en este hábitat quienes han de poseer rangos de tolerancia muy amplios.

La inducción de desove por irradiación de luz ultravioleta (UV) en bivalvos mediante agua de mar tratada con UV, produce efectos similares al KCl. La radiación produce, por fotólisis, ozono y posteriormente agua oxigenada, para obtener desoves en condiciones controladas (4). Esta última actúa sobre las enzimas de peroxidación, en particular sobre las prostaglandinas endoperoxidasas, que transforman los ácidos grasos poliinsaturados (ácidos linolénico, araquidónico) en prostaglandinas E₁, E₂, y E₃.

La presencia de dichos constituyentes ha sido demostrada por numerosos autores en invertebrados marinos. En este estudio los desoves fueron obtenidos después de un periodo de tiempo de 6 a 7 horas, lo cual coincide con lo reportado por Ladja (15), donde utilizó este estímulo obteniendo desoves en *Placuna placenta* después de un periodo de 7 horas, desovando primero las machos. También coincide con lo obtenido por Osada y col. (16), en *Patinopecten yessoensis*, *Crassostrea gigas* y *Mytilus edulis*, donde lograron obtener a través de este estímulo, en condiciones controladas, desoves después de un periodo de 6-8 horas.

La serotonina induce en las tres especies estudiadas de bivalvos, *Rangia cuneata*, *Crassostrea virginica* y *Geukensia demissa*, el desove. La reacción de los bivalvos a la se-

rotonina fue casi inmediata. Las almejas (*Rangia cuneata*) comenzaron a reaccionar a este agente químico a los 10 minutos, después de la inyección con 60% de respuesta, pero la mayoría desovó a los 15 min. Las ostras (*Crassostrea virginica*) comenzaron a desovar a los 7 minutos, con un porcentaje de 73,33%, posterior a la inyección, con la mayoría desovando a los 10 min. Los mejillones desovaron a los 30 minutos, con un porcentaje de 66,66%. En este estudio los resultados obtenidos con este agente químico coincide con lo reportado por Ewald y col. (17), para *Polymesoda arctata*, quien obtuvo 60% de desove en 25-30 minutos y con los de Gibbobs (5) quien logró obtener desoves en tiempos de respuesta que variaron desde 5 hasta 30 minutos para otras seis especies de bivalvos. Igualmente, Madrones-Ladja (15) trabajando con *Placuna placenta*, logró entre 15 y 30 minutos, después de la inyección, obtener desoves para hembras (60%) y para machos (73%), comprobando la efectividad de la serotonina en comparación con los demás métodos realizados en este estudio.

Según Fong y Warner (11), el 5-HT (5-hydroxytryptamine), un componente de la serotonina, ha sido previamente demostrado que induce un número de respuestas reproductivas en bivalvos, incluyendo vesículas germinales y liberación de ovocitos de fragmentos de ovarios. Ellos expresaron que el 5-HT es un muy efectivo inductor de desove (93%) de juveniles viables de *Sphaerium transversum*. Estudios posteriores demuestran que los receptores para la aplicación externa del 5-HT podría ser colocado en la superficie de los animales o alternativamente el 5-HT podría ser internalizado y actuar directamente en el sistema nervioso o branquias.

Tanabe y col. (18), lograron extraer una proteína y otras sustancias que demuestran ser un nuevo inhibidor del 5-HT que indujo la liberación de huevos desde los tejidos ováricos, fue encontrado en el ganglio del pie y en el cerebro de *Patinopecten yessoensis*. A través observaciones histológicas, demos-

traron que el nuevo inhibidor previene la maduración de los ovocitos inducidos a madurar por la 5-HT en pectínidos. Este inhibidor parece ser una sustancia universal en otras especies de bivalvos.

La adición de KCl a una concentración de 0,1 N causa de forma reproducible el desove en condiciones de laboratorio, tanto en machos como hembras. La inducción al desove del cloruro de potasio sugiere entonces, que la actividad de la ciclooxigenasa y la síntesis de prostaglandina, pueden ser requeridas por el animal durante su exposición al cloruro de potasio para la inducción del desove. Bajo condiciones óptimas, los huevos y espermatozoides producidos en respuesta al KCl son completamente competentes para la fertilización normal y el desarrollo embrionario, además de permitir el desove sincronizado tanto macho como hembras en mejillones (19).

Aunque el cloruro de potasio o algún producto derivado de éste, como el superóxido de potasio (KO_2) pueden actuar en conjunto con la ciclooxigenasa o en algún sustrato formado como consecuencia de la actividad de esta enzima, para que ocurra la puesta o desove, la inducción del desove no garantiza embriones viables. Esto lo demostró García (8), quien al utilizar KCl al 0,1 N logró el desove, gametos viables y fertilización, pero las primeras etapas embrionarias murieron rápidamente.

A pesar de lo anterior, este estudio ha demostrado que este agente químico produce desoves en poco tiempo y al menos comparado con los métodos de estimulación física, produjo tiempos de respuesta más rápidos e inmediatos.

Es importante destacar que los resultados obtenidos en este estudio conciernen a la reproducción de bivalvos bajo condiciones controladas, como las que se realizan en la malococultura. Aunque la mayoría de los bivalvos tropicales y subtropicales desovan durante la mayor parte del año, en algunas

especies, la actividad reproductiva y los reclutamientos de larvas y postlarvas disminuyen marcadamente cuando se reduce la disponibilidad del fitoplancton, la salinidad y la temperatura del agua, por efecto de lluvias, descargas de ríos y el afloramiento de aguas subsuperficiales (9).

Por otro lado, desde el punto de vista ecológico, los bivalvos estuarinos tales como los estudiados en este trabajo, que aunque pueden vivir en agua dulce, su permanencia en ella está limitada a la etapa adulta, ya que el proceso de reproducción y más específicamente el de maduración de las gónadas depende de los cambios progresivos de salinidad durante el lapso de tiempo que dura su ciclo de vida. Es por ello que estas especies sobreviven en áreas como las desembocaduras de los ríos del Lago de Maracaibo, Nazaret y la Laguna El Gran Eneal, zonas que si bien se mantienen en condiciones dulceacuícolas una gran parte del año, durante la época seca que caracteriza a esta cuenca, su salinidad se eleva lo suficiente como para permitir la culminación del ciclo con el proceso de desove y producción de embriones.

Todo esto significa que, posiblemente exista una combinación óptima entre salinidad, temperatura, pH, textura del sustrato y duración de las etapas de inmersión y emersión para que el desarrollo de las grandes poblaciones se manifieste, pero en la cuenca raramente todas estas condiciones se mantienen estables, por lo que la estrategia ecológica mas apropiada es adaptarse a todas estas condiciones, sin que algunas de ellas entre en niveles críticos que estas especies no puedan soportar (8).

Varios investigadores han reportado la gran dificultad que presentan algunas especies de moluscos bivalvos de ser cultivadas en condiciones de laboratorio. Ello es producto de la existencia de una complicada combinación de condiciones físico-químicas, biológicas, ecológicas y ambientales, imposible de reproducir en el laboratorio,

sin las cuales el proceso reproductivo no se da. Pero el presente estudio, realizado completamente en condiciones de laboratorio, demuestra que es posible obtener altos y exitosos desoves, y que por lo tanto estas especies podrían ser cultivadas exitosamente durante cualquier época del año.

Chanley (20) en un análisis de la facilidad de estudiar los ciclos de vida de moluscos bivalvos en función de la posibilidad de lograr desove en las condiciones más naturales posibles, señala que de 49 especies estudiadas, 25, es decir el 50%, son "difíciles o imposibles" de hacer desovar, que sumada a 7 más "moderadamente difíciles de desovar" eleva este porcentaje a 65. Al parecer el problema de inducir el desove tiene mucho que ver con la ubicación geográfica de las poblaciones utilizadas para el desove, así como en la época en la cual se intenta realizar. En este estudio las tres especies estudiadas no presentan dificultad alguna, dada la variedad de técnicas utilizadas, todas similarmente efectivas.

Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio demuestra que cualquiera de los métodos de inducción al desove estudiados en las especies *Crassostrea virginica*, *Rangia cuneata* y *Geukensia demissa* es efectivo para producir gametos viables, rápidamente, y en cantidades relativamente altas, lo que garantizaría una posible actividad de cultivo a escala comercial.

Resultó evidente que la serotonina reúne las condiciones ideales en lo que respecta al mayor porcentaje de desoves y menor tiempo promedio de respuesta, pero su aplicabilidad a gran escala debe evaluarse en función del costo y la logística requerida en comparación con el uso de los cambios de salinidad y temperatura.

Las tres especies estudiadas resultaron similares en su capacidad de responder a los estímulos estudiados, por lo que una decisión acerca de cual cultivar primero debería estar dictada por un estudio de comer-

cialización y mercadeo que garantice su rentabilidad económica.

Referencias bibliográficas

1. BAUTISTA C. **Tecnología de cultivo**. Ediciones Mundi- Prensa Madrid. (España). 167. 1989.
2. MILNE P.H. **Fishing New L.T.D.** News (Books) London (Inglaterra). 208. 1972.
3. LOOSANOFF V., DAVIS H. **Adv Mar Biol** 1: 1-136. 1963.
4. UKI N., KIKUCHI S. **Bull Tohoku Reg Fish Res Lab** 34: 87-92. 1974.
5. GIBBOBS M., CASTAGNA M. **Aquaculture** 113: 189-191. 1984.
6. IWATA K. S. **Bull Jpn Soc Fish** 13: 237-240. 1948.
7. VELASCO L.A., BARROS J., ACOSTA E. **Aquaculture** 266: 153-165. 2007.
8. GARCIA Y. Biología y Ecología de *Polymesoda arctata* (Deshayes, 1854), almeja presente en el Lago de Maracaibo. (Para obtener el título de Licenciada en Biología), Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela). 25 pp. 1984.
9. VÉLEZ A., ALIFA E., FREITES L. **Caribb J Sci** 29: 209-213. 1993.
10. CAIN T.D. The reproductive cycle and larval tolerances of *Rangia cuneata* in the James river, Virginia. PhD. Dissertation. University of Virginia. Charlottesville. Va. xii, 121. 1972.
11. FONG P., WARNER M. **J Exp Zoo** 272: 163-166. 1995.
12. GARCIA DE SEVEREYN Y., SEVEREYN H., EWALD J. **Am Malacol Bull** 11: 51-56. 1994.
13. FUENMAYOR B. Fecundidad y efecto de la Salinidad sobre la fecundación del molusco bivalvo *Polymesoda solida* en condiciones de laboratorio. (Para obtener el título de Licenciada en Biología), Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela). 75 pp. 2006.

-
14. CASTAGNA M., CHANLEY P. **Am Malacol Union, An Rep** 35. 1966.
 15. MADRONES-LADJA J.A. **Aquaculture** 157: 137-146. 1997.
 16. OSADA M., MATSUTANI T., NOMURA T. **Int J Inv Rep** 12: 241-251. 1987.
 17. EWALD J., SEVEREYN H., GARCÍA DE SEVEREYNY. **Acta Cien Ven** 37:1-4. 1986.
 18. TANABE T., OSADA M., KYOSUKA K., INABA K., KIJIMA A. **Gen Comp Endocr** 147: 352-361. 2006.
 19. IWATA K.S. **Bull Jpn Soc Sci Fish** 16: 393-394. 1951.
 20. CHANLEY P. **Chesapeake Sci** 6: 209-213. 1965.