

CARRERA TÉCNICA EN ACUACULTURA

Módulo 5. Produce crustáceos

Sexto semestre



Submódulo 1

Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar

Créditos

Desarrollo de Contenido

Ana Nallely Cerón Ortiz

Revisión técnico – pedagógica y edición

Arit Furiati Orta

Itandehui García Flores

Judith Doris Bautista Velasco

México, 2021.

Presentación

Actualmente los procesos de enseñanza y de aprendizaje se han diversificado en las formas, métodos y medios a través de los cuales se realizan para brindar una educación de calidad, por lo que cada día las instituciones educativas deben coadyuvar en dichos procesos a través de estrategias y acciones que favorezcan en los alumnos la adquisición de los aprendizajes tanto con la mediación de un docente de manera presencial como, en ocasiones singulares, a distancia.

Acorde con los principios de la Nueva Escuela Mexicana, los alumnos son sujetos activos y responsables de su propio aprendizaje, por lo que Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (**DGETAyCM**) pone a disposición de los estudiantes el presente material de apoyo que tiene el propósito de brindar elementos teóricos de los módulos profesionales de la carrera técnica en **Acuicultura**, así como el reforzamiento de estos a través de actividades de aprendizaje.

El material está organizado de modo progresivo para abordar los contenidos de la carrera Técnico en Acuicultura en el presente material se analizarán el **Módulo V “Produce crustáceos”** con sus respectivos submódulos:

- Submódulo 1. Produce y desarrolla larvas de crustáceos
- Submódulo 2. Cosecha, transporta y siembra postlarvas de crustáceos
- Submódulo 3. Engorda crustáceos

En este cuadernillo se abordará el **Submódulo 1. Produce y desarrolla larvas de crustáceos**.

El primer apartado de cada lección denominado **“Contextualizando”** se muestra un primer acercamiento a los conceptos que se abordan, articulándolos con escenarios y situaciones de la vida cotidiana, con la intención de realizar asociaciones derivadas de los conocimientos previos de los estudiantes. En el apartado **“Vamos a aprender”** se integra información para analizar los conceptos y características de la temática. En la sección de **“Actividades de aprendizaje”** se proponen actividades para para asimilación de los principales conceptos y características del tema. En el apartado **“Autoevaluación”** se plantean una serie de indicadores de desempeño que buscan evaluar los aprendizajes e identificar los contenidos a reforzar. Finalmente, en la sección **“Para saber más”** se proporcionan recomendaciones para complementar los contenidos como videos y lecturas.

Deseamos que este material apoye la formación académica y sea una herramienta de utilidad en los procesos de aprendizaje para los estudiantes.

Índice

	Pág.
Submódulo 1. Produce y desarrolla larvas de crustáceos	
Los crustáceos----- (Ana Nallely Cerón Ortiz)	7
Acopia reproductores----- (Ana Nallely Cerón Ortiz)	18
Inducción a la reproducción y desove----- (Ana Nallely Cerón Ortiz)	28
Incuba huevos y produce crías----- (Ana Nallely Cerón Ortiz)	40
Mantenimiento de larvas y postlarvas----- (Ana Nallely Cerón Ortiz)	53
Aclimata y siembra crías----- (Ana Nallely Cerón Ortiz)	61

Estructura didáctica

Este material está dividido en submódulos y a lo largo de cada uno de ellos encontrarás diferentes secciones las cuales te facilitarán el abordaje de cada contenido.

En esta sección se delimitarán conceptos y características del tema a revisar, así como articulación de los contenidos con tus conocimientos previos relacionados con el tema y la relevancia de éstos en tu formación profesional/académica.

Contextualizando

o precipita con esas grandes tormentas. ¿E otras cosas se pueden descargar o subir? ¿ el agua se almacena en las nubes?

Emplearás los contenidos revisados para asimilar los principales conceptos y promover el desarrollo de las competencias profesionales.

Actividades de aprendizaje

Lee las siguientes oraciones y subraya la respuesta correcta.

- Este tipo de nube se caracteriza por ofrecer estos servicios pueden ser gratuitos o pueden ser de pago.
 - Encriptar
 - Pública
- Su uso es exclusivo de una persona o una empresa. ¿Es un usuario o es un cliente?
 - Híbrida
 - Cifrar
- Ofrece servicios donde se comparte información: música, videos, tutoriales, cocina, entre otros.
 - Híbrida
 - Pública
- Ocultar el contenido de un mensaje a similitud de un correo electrónico.
 - Cifrar
 - Pública
- Si al conectarse a la red no te solicita una contraseña o te pide un código de seguridad, ¿cómo se llama?
 - Cifrar
 - Seguridad en la nube

Autoevaluación

Reflexiona y evalúa los conocimientos, habilidades y actitudes que adquiriste en esta lección.

Coloca una X en la columna que corresponda al desempeño que consideras que tienes para cada indicador.

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Comprendo el concepto de computación en la nube.			
Conozco cuáles son las ventajas del uso de la computación en la nube.			
Entiendo cuáles son las desventajas de la computación en la nube.			

¡Vamos a aprender!

En la actualidad has escuchado mencionar el término *computación en la nube*, o has oído decir "con la nube", "síbelo en la nube", pero ¿sabes qué es la nube?

La *nube* es un modelo de soporte tecnológico que brinda acceso a un conjunto de recursos y servicios informáticos compartidos, por ejemplo: servidores, almacenamiento, aplicaciones, etc.

En esta sección encontrarás información para analizar los conceptos y características del tema con énfasis en las competencias profesionales.

Evaluarás tus aprendizajes sobre los temas abordados e identificarás los contenidos que debes reforzar.

- Para saber más**
- Capacítate para el empleo (2021). *Curso Fundamentos de cómputo en la nube*. Fundación Carios. <https://capacitateo.org/empleo/curso-fundamentos-de-computo-en-la-nube>
 - Surveillance. Self-defense (2018). *Qué debo saber sobre el cifrado*. <https://ssd.eff.org/es/module/3c72bfeq4c33a67-es-el-cifrado>

En este apartado se te proporcionan recomendaciones para profundizar en los contenidos.

Submódulo



Produce y desarrolla larvas de crustáceos

Competencias profesionales

Acopia reproductores e induce al desove

Incuba huevos y produce nauplios

Aclimata y siembra nauplios

Los crustáceos



Contextualizando

¿Alguna vez te has puesto a pensar la relación que tienen los diferentes organismos en los ecosistemas terrestres y acuáticos? Y si te dijera que las arañas son parientes de los camarones, ¿Me creerías? Imagínate que en el mar y en la tierra hay un grupo de organismos que están emparentados muy de cerca debido a sus características externas. Pero a su vez son tan diferentes que pueden tener tamaños desde los milímetros hasta los 10 metros de largo. Bueno, pues prepárate a esta aventura en el mundo de los artrópodos y podrás conocer la relación entre la abeja y la mariposa, o el cangrejo y el ciempiés.

Además, poco a poco nos adentraremos al mundo de los crustáceos, el tipo de artrópodos que en este módulo profesional aprenderás a reproducir y cultivar. ¿Y tú, conoces a los crustáceos?, ¿Has comido alguno?, ¿Identificas las similitudes entre un camarón y un cangrejo?, ¿Serán primos cercanos?



¡Vamos a aprender!

Los artrópodos son organismos sin columna vertebral (invertebrados) que tienen un exoesqueleto externo articulado compuesto por un polisacárido llamado quitina. El grupo está formado por el 80 % de las especies animales conocidas. Han mostrado una gran capacidad evolutiva y los encuentras en los diversos ecosistemas. Una característica que comparte todos es su cuerpo segmentado, en



shutterstock.com · 239150362

ocasiones unido o fusionado para formar diferentes regiones. Al no tener un esqueleto interno, las modificaciones evolutivas los han dotado de un exoesqueleto impermeable que protege su cuerpo. Aunque, el exoesqueleto debe cambiarse conforme van creciendo, una acción denominada exuvia. Y al exoesqueleto que abandonan se le llama muda o exuvia. La respiración es branquial en los acuáticos, traqueal en los terrestres y en los arácnidos por filotráqueas (pulmones). La reproducción es sexual, dioica y en ciertos casos con hermafroditismo y partenogénesis. La fecundación en su mayoría es interna y en muchos casos hay metamorfosis para cambiar a la siguiente etapa de desarrollo.

Los artrópodos

Los artrópodos se dividen en par artrópodos (onicóforos, tardígrados y pentastómidos) y euartrópodos (trilobitomorfos, los quelicerados y los mandibulados). Los euartrópodos son los artrópodos típicos y cuyas diferencias principales entre los organismos de este grupo son la división de su cuerpo, los apéndices prebucales y posbucales. Los grupos más comunes son los quelicerados (merostomas, arácnidos y picnogónidos) y los mandibulados (crustáceos, insectos, sínfilos, paurópodos, diplópodos y quilópodos o miriápodos). Las características de los principales grupos se pueden apreciar en el siguiente cuadro. Si tienes la oportunidad de ver el material que se recomienda en la sección “para saber más”, podrás ver imágenes e información relacionada con cada uno de ellos.

Características	Arácnidos	Miriápodos	Insectos	Crustáceos
Órganos bucales	Quelíceros	Mandíbulas	Mandíbulas	Mandíbulas
No. partes del cuerpo	2	2	3	2
No. de patas	8	10 a 200	6	Variable
No. de antenas	0	2	2	4
Respiración	Traqueal y pulmonar	Traqueal	Traqueal	Branquial
No. de alas	0	0	1 o 2 pares	0
Realizan exuviación al crecer	Si	Si	Si	Si
Realizan metamorfosis	No	No	Si	Si

Los crustáceos

En el presente módulo nos vamos a centrar en un grupo específico de crustáceos, pero antes, hay que conocer el parentesco entre los diferentes organismos del grupo. Los crustáceos, un término del latín que significa corteza o caparazón, una característica que comparten en su mayoría las 30,000 especies que conforman la clase.

El caparazón de estas especies de crustáceos es el exoesqueleto duro constituido por quitinosa e incrustaciones de carbonato cálcico. El cual cambian al crecer a través del proceso de exuviación, cuyo ritmo disminuye con la edad. El carácter común en todos ellos son los dos pares de pares de antenas (biantenados), la respiración branquial, ser mandibulados, extremidades generalmente birramificadas y de vida acuática. El cuerpo de los crustáceos se divide en dos partes: el cefalotórax y abdomen, pocos de ellos tienen tres partes (cabeza, tórax y abdomen). También tienen dos apéndices denominados maxilípedos cerca de su boca para aproximar el alimento, los dos últimos apéndices de su abdomen se denominan urópodos, generalmente presentan metamorfosis y tienen reproducción sexual con fecundación interna. El tamaño de su cuerpo puede ser menos de 1 mm hasta los 3,5 m. Los crustáceos habitan la tierra y el agua, incluso a profundidades cercanas a los 1000 m.



El sistema circulatorio es abierto (corazón dorsal) dentro del cual circula un líquido incoloro denominado hemolinfa (contiene hemocianina). La mayor parte de la excreción del amoníaco se lleva a cabo por las branquias, pero cuentan con un par de glándulas que desembocan en la base de las antenas ó de las segundas maxilas para ayudar al proceso. Los sentidos del gusto y del olfato se desarrolla en las antenas y piezas bucales.

Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de los crustáceos se muestra en el siguiente cuadro, en donde se reconoce seis clases, de las cuales nos vamos a enfocar a la Clase Malacostraca, Subclase Eumalacostraca, Superorden Eucarida y el Orden Decapoda:

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Subfilo	Crustacea
Clases	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clase Branchiopoda <ul style="list-style-type: none"> • Subclase Phyllopoda (Triops, pulgas de agua, branquiópodos "bivalvos"). • Subclase Sarsostraca (Artemia.) 2. Clase Remipedia 3. Clase Cephalocarida 4. Clase Maxillopoda <ul style="list-style-type: none"> • Subclase Mystacocarida (diminutos crustáceos intersticiales). • Subclase Copepoda (copépodos). • Subclase Branchiura (piojos de peces).

-
- Subclase Pentastomida (gusanos lengua, parásitos).
 - Subclase Tantulocarida (parásitos marinos).
 - Subclase Thecostraca (percebes, bellotas de mar y afines).
5. Clase Ostracoda
- Subclase Myodocopa.
 - Subclase Podocopa.
6. Clase Malacostraca
- Subclase Phyllocarida.
 - Subclase Hoplocarida (galeras).
 - Subclase Eumalacostraca (krill, camarones, cangrejos, gambas, langostas, cochinillas de humedad).
-

En la subclase Eumalacostraca existen cuatro superórdenes:

- El Superorden Hoplocaridea: quisquillas mantis y animales depredadores a menudo grandes.
- El Superorden Peracarida: crustáceos malacostráceos que sostienen sus huevos en una bolsa formada por proyecciones de sus apéndices.
 - El Orden Isopoda: cochinillas y especies afines.
 - El Orden Amphipoda: las pulgas de mar.
- El Superorden Eucarida se divide en dos órdenes.
 - El Orden Euphausiscea: animales similares a los camarones y forman el krill, (alimento de ballenas).
 - El Orden Decapoda ("diez patas"): tienen cinco pares de patas torácicas y un caparazón fusionado al cuerpo que protege a las branquias.

Los crustáceos decápodos

Los crustáceos decápodos son los organismos con mayor importancia comercial y alimenticia; destacan el camarón, la langosta, los acociles, las jaibas y cangrejo. Sin embargo, se recomienda identificarlos mediante su nombre científico, ya que el nombre común es similar en muchas partes de mundo. Una de las principales formas de identificarlos es por sus diferencias en forma y tamaño. El aparato digestivo es variable y su alimentación cambia de acuerdo con el estadio de desarrollo, en las fases juveniles pueden ser herbívoros o filtradores de plancton, también filtran partículas de comida del agua y en los juveniles y adultos son omnívoros o carroñeros. El crecimiento de los decápodos es discontinuo a diferencia de los peces



y al crecer pasan por períodos de muda (eliminan su exosqueleto) para poder incrementar en tamaño. La reproducción es dioica (hay machos y hembras), ovípara y fecundación externa e interna. Una característica propia y definitoria es la presencia de una larva llamada nauplium (o nauplio) provista de un ojo naupliano, que será sustituido por dos ojos compuestos.

Los decápodos pasan por varios estados larvarios antes de alcanzar el adulto como resultado de su metamorfosis. El número de fases depende de la especie y a lo largo de ellas las crías cambian en forma hasta parecerse a los adultos. Las especies de aguas saladas tienen larvas de vida libre, esto es, nada en la columna de agua. Aguas abiertas. Por el contrario, los decápodos de agua dulce y terrestre carecen de fase larvaria libre debido a que el desarrollo de estas fases se da en el abdomen de la hembra. A excepción de aquellos que regresan al mar para reproducirse. Los crustáceos más pequeños viven sólo unos días, pero los más grandes pueden vivir décadas.

El crecimiento de los decápodos como en el resto de los crustáceos se ve influenciado por los factores ambientales como la temperatura, cantidad de oxígeno disuelto en el agua, luz y salinidad. Algunos han desarrollado una mayor resistencia biológica al cambio en las condiciones fisicoquímicas óptimas del hábitat, una característica relevante a considerar en las especies de interés comercial. Los camarones, los cangrejos, las langostas, las jaibas, etc., se consumen como alimento debido a la excelente calidad de su carne. El cultivo de los decápodos no es fácil, hay que considerar una integración de procesos, desde la fecundación e incubación artificial hasta la obtención de organismos de talla comercial. En esta travesía, la etapa más compleja es la sobrevivencia de las fases larvarias y posteriormente la inocuidad en los procesos de engorda. En las siguientes líneas se mencionará información relacionada con algunos representantes de los decápodos. Sin embargo, te invito a consultar las fuentes recomendadas en la sesión de “Para aprender más”, las cuales te mostrarán imágenes alusivas a esta información para que puedas relacionar la información escrita y visual.

El camarón

El camarón es un decápodo de agua salada con una amplia importancia comercial del Phylum Arthropoda, Clase Crustacea, Sub-clase Eumalacostraca, Orden Decápoda, Sub-orden Natantia, Super Familia Penaeoidea, Familia Penaeidae y Género *Litopenaeus*. Algunos ejemplos de especies de camarones son *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco), *Litopenaeus stylirostris* (camarón azul), *Litopenaeus occidentalis* (camarón mandarina), *Farfantepenaeus brevisrostris* (camarón rojo) y *Farfantepenaeus californiensis* (Camarón café). La maduración y reproducción se realiza en aguas profundas y las hembras fecundadas ponen entre los 10,000 y 1,000,000



de huevos. En general, el ciclo vital de un peneido es el huevo, nauplio, protozoa, Mysis, postlarvas y adulto; en algunos de estos estadios hay subetapas de crecimiento que se diferencian por alguna estructura morfológica en su cuerpo. Los huevos flotan pero tienden a depositarse en el fondo de la columna del agua. Los nauplius se alimentan de las reservas del vitelo en el huevo y su locomoción se da por sus antenas planctónicas y se mantienen en la columna del agua. Los protozoa se alimentan de fitoplancton y son planctónicas que nadan por apéndices cefálicos. Los Mysis se alimentan de zooplancton y son planctónicas que nadan por apéndices del tórax. Las postlarvas son zooplactónicas y posteriormente omnívoras; primero son planctónicas y posteriormente de hábitos bentónicos. La natación la realizan por sus pleópodos.

El langostino

El langostino es un decápodo de agua dulce y que requiere de una salinidad entre los 5 y 10 ppm durante la liberación de las larvas para el éxito de su sobrevivencia. Es un organismo muy parecido al camarón, pero a diferencia de este, el langostino tiene el primero y segundo par de pereiópodos con quelas o pinzas, y el segundo de ellos muy desarrollado. Actualmente tiene una moderada importancia comercial y es consumido por los pobladores locales. El Phylum Arthropoda, Clase Crustacea, Sub-clase Eumalacostraca, Orden Decápoda, Infraorden Caridea, Familia Palaemonidae y Género *Macrobrachium*. Algunos ejemplos de las especies son *Macrobrachium rosenbergii*, *Macrobrachium borelli*, *Macrobrachium amazonicum* y *Macrobrachium quelchi*. La maduración y reproducción se realiza en aguas profundas y las hembras fecundadas ponen entre los 5,000 y 100,000 de huevos. Las hembras fecundadas se dirigen a zonas salobres para la liberación de las larvas. En general, el ciclo vital de un peneido es el huevo, nauplio, larva, juvenil y adulto; en algunos de estos estadios hay subetapas de crecimiento que se diferencian por alguna estructura morfológica en su cuerpo. Los nauplius se alimentan de las reservas del vitelo en el huevo y su locomoción se da por sus antenas planctónicas y se mantienen en la columna del agua. Las larvas se alimentan de fitoplancton y son planctónicas que nadan por apéndices cefálicos. Los juveniles son zooplactónicas y posteriormente omnívoros de hábitos bentónicos y la natación por pleópodos.



La langosta azul



La langosta azul es un decápodo de agua dulce mediana importancia comercial del Phylum Arthropoda, Clase Crustacea, Sub-clase Eumalacostraca, Orden Decápoda, Sub-orden Pleocyemata, Infraorden Astacidea, Super Familia Parastacoidea, Familia Parastacidae y Género Cherax. Algunos ejemplos de especies son *Cherax tenuimanus*, *Cherax quadricarinatus* y *Cherax destructor*. La maduración y reproducción se realiza en aguas profundas y las hembras fecundadas ponen entre los 30 y 1,000 huevos. Es una de las especies de desarrollo directo, en donde el ciclo vital desde el huevo, nauplio y postlarva se desarrolla adheridos en el abdomen de la hembra. El juvenil y el adulto se desplazan en el fondo del cuerpo de agua. El nauplio cuenta con el característico ojo naupliar y la postlarva es idéntica a los adultos pero con menor tamaño. El nauplius se alimentan de las reservas del vitelo en el huevo, la postlarva en un principio consume fitoplancton y se ubican en el fondo del cuerpo de agua en cuanto se liberan del abdomen de la hembra. Posteriormente inicia una alimentación omnívora y mantienen los hábitos bentónicos durante el resto de su vida, la natación es mediante el uso de los pleópodos.

El acocil de río



El acocil de río es un decápodo de agua dulce mediana importancia comercial del Phylum Arthropoda, Clase Crustacea, Sub-clase Eumalacostraca, Orden Decápoda, Infraorden Astacidea, Familia Cambaridae y Género Cherax. Algunos ejemplos de especies son *Cambarellus montezumae*, *Cambarellus patzcuarensis*, *Cambarellus zacapuensis* y *Cambarellus zempoalensis*. La maduración y reproducción se realiza en aguas someras y las hembras fecundadas ponen entre los 20 y 120 huevos. Es una de las especies de desarrollo directo, en donde el ciclo vital desde el huevo, nauplio y postlarva se desarrolla adheridos en el abdomen de la hembra. El juvenil y el adulto se desplazan en el fondo del cuerpo de agua. El nauplio cuenta con el característico ojo naupliar y la postlarva es idéntica a los adultos pero con menor tamaño. El nauplius se alimentan de las reservas del vitelo en el huevo, la postlarva en un principio consume fitoplancton y se ubican en el fondo del cuerpo de agua en cuanto se liberan del abdomen de la hembra. Posteriormente inicia una alimentación omnívora y mantienen los hábitos bentónicos durante el resto de su vida, la natación es mediante el uso de los pleópodos.

La jaiba



La jaiba es un decápodo de agua salada y salobre con una moderada importancia comercial del Phylum Arthropoda, Clase Crustacea, Sub-clase Eumalacostraca, Orden Decápoda, Sub-orden Pleocyemata, Infraorden Brachyura, Superfamilia Portunoidea, Familia Portunidae y Género Callinectes. Algunos ejemplos de jaibas son *Callinectes sapidus* y *Callinectes arcuatus*. Presenta un cuerpo deprimido

formado por un ancho cefalotórax de aspecto pentagonal, a diferencia de otros crustáceos, por debajo se encuentra replegado el abdomen. El quinto par de patas termina en una estructura en forma de paleta que se denomina dactilopodito. La maduración y reproducción se realiza cercana a las costas y las hembras fecundadas ponen entre los 700,000 y 2,000,000 de huevos. Los huevecillos crecen dentro de la hembra en forma de una masa esponjosa, al terminar su desarrollo embrionario nace una larva llamada zoea que cambiará su forma y se convierte en megalopa, la cual crece y se transforma en un juvenil con la forma idéntica a la del adulto. El cual crecerá hasta alcanzar la madurez sexual y dará inicio al ciclo. La zoea se alimenta de las reservas del vitelo en el huevo, la megalopa se alimentan de fitoplancton y posteriormente de zooplancton. Los juveniles son omnívoros de hábitos bentónicos y la locomoción mediante el movimiento de sus cinco pares de patas.

El cangrejo



El cangrejo es un decápodo de agua salada, salobre y dulce con una moderada importancia comercial. El grupo está constituido por una amplia gama de familias y por ende un número grande de géneros. En general pertenecen al Phylum Arthropoda, Clase Crustacea, Sub-clase Eumalacostraca, Orden Decápoda e Infraorden Brachyura; de aquí, se pueden identificar diferentes familias (Ocypodidae, Gecarcinidae) y Géneros (Ocypode, Gecarcinus).

Algunos ejemplos de cangrejos son *Ocypode cordinama* (cangrejo fantasma) y *Gecarcinus quadratus*. Al igual que la jaiba, presenta un cuerpo deprimido formado por un ancho cefalotórax de aspecto pentagonal, a diferencia de otros crustáceos, por debajo se encuentra replegado el abdomen. Sin embargo, en el quinto par de patas termina en pinza y no en forma de paleta como la jaiba, esta característica puede ayudar a diferenciarlos. La maduración y reproducción se realiza cercana a las



costas o cuerpo de agua. Las hembras fecundadas ponen entre los 300,000 y 2,000,000 de huevos. Al igual que en la jaiba, los huevecillos crecen dentro de la hembra en forma de una masa esponjosa, al terminar su desarrollo embrionario nace una larva llamada zoea que cambiará su forma y se convierte en megalopa, la cual crece y se transforma en un juvenil con la forma idéntica a la del adulto. El cual crecerá hasta alcanzar la madurez sexual y dará inicio al ciclo. La zoea se alimenta de las reservas del vitelo en el huevo, la megalopa se alimentan de fitoplancton y posteriormente de zooplancton. Los juveniles son omnívoros de hábitos bentónicos y la locomoción mediante el movimiento de sus cinco pares de patas.

Fuentes:

- FAO (2021). Biología de camarones peneidos. <http://www.fao.org/3/AB466S/AB466S02.htm#:~:text=Ciclo%20vital%20de%20un%20camar%C3%B3n,%3A%20juveniles%3B%207%3A%20adultos>.
- FAO (1879). Programa de información de especies acuáticas *Macrobrachium rosenbergii* http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Macrobrachium_rosenbergii/es
- Gassman, J. y López-Rojas, H. (2016). Biología y pesquería del camarón *Litopenaeus schmitti* en la Laguna de Tacarigua, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(3): 655-663. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-19572016000300016&script=sci_arttext&lng=p
- Pérez-Velázquez, P. A., De la Cruz-González, F.J., Garduño-Dionate, M. y Luna-Raya, M. (2015). Estimación de parámetros de crecimiento individual y de primera captura de la jaiba azul *Callinectes arcuatus*, en Nayarit, México. *Ciencia Pesquera*, 23:15-25. [https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP23-3/3-Perez-et-al-2015-\(23-especial\).pdf](https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP23-3/3-Perez-et-al-2015-(23-especial).pdf)

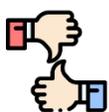


Actividades de aprendizaje

Elabora un cuadro comparativo donde registres la información que se solicita en el siguiente ejemplo de algunos de los crustáceos más conocidos:

- Nombre común y científico.
- El intervalo en el número de huevos de cada ejemplo.
- Indica si los huevos son liberados en el cuerpo de agua o se mantienen en el abdomen de la hembra.
- El nombre de las etapas de desarrollo del ciclo de vida.
- La alimentación en los diferentes estadios de desarrollo.
- Menciona si la larva es de vida libre o permanece su desarrollo en el abdomen de la hembra.

Características	Camarón	Langostino	Langosta	Acocil	Cangrejo	Jaiba
Nombre común						
Nombre científico						
El intervalo en el número de huevos de cada ejemplo						
Indica si los huevos son liberados en el cuerpo de agua o se mantienen en el abdomen de la hembra						
El nombre de las etapas de desarrollo del ciclo de vida.						
La alimentación en los diferentes estadios de desarrollo.						
Menciona si la larva es de vida libre o permanece su desarrollo en el abdomen de la hembra.						



Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Identifico las diferencias y similitudes de los artrópodos.			
Identifico la clasificación taxonómica de los crustáceos.			
Describo las características generales de los crustáceos.			

Conozco el nombre común y científico de los decápodos de la lección.			
Resumo las características biológicas de algunos de los decápodos de la lección.			
Identifico el nivel taxonómico que diferencia a las especies de decápodos mencionados en la lección.			



Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes.

- El recurso langosta en Colombia y su cultivo en Jaulas flotantes como método alternativo de manejo. Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías ambientales en Ciencia y Tecnología Marina.
file:///C:/Users/HOME/Downloads/TesisFM_MsC_Langosta_Colombia_JCJM.pdf
- Las formas larvales y juveniles.
http://www.parasitopatogenos.com.ar/archivos/morfologia/las_formas_larvales_y_juveniles.html
- Reproducción de langostinos.
https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_MARILUZ_FERNANDEZ_FIPA/CAP%20VIII.PDF
- Urbano, T. 2021. Cultivo de cangrejo azul.
<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-cangrejo-azul/>

Acopia reproductores



Contextualizando

La correcta selección de los reproductores es de vital importancia en los procesos reproductivos de todos los sistemas de producción animal. El identificar a las hembras y machos con las mejores características genéticas, físicas y morfológicas incrementa el éxito reproductivo y la calidad de las crías. Para ello, el acopio o reunión de los reproductores debe ser el primer paso en la producción de organismos acuáticos como los crustáceos. Por ello en la siguiente lección aprenderás a obtener y seleccionar a los mejores reproductores en función de diversas características biológicas y ecológicas. Además, conocerás los elementos para realizar una correcta preparación del área de acondicionamiento de los reproductores y su mantenimiento. Al respecto, ¿Conoces alguna característica que debe reunir un organismo para ser reproductor? ¿Has instalado un área de acondicionamiento de reproductores? ¿Conoces algunos parámetros fisicoquímicos que debes cuidar durante el mantenimiento de reproductores?



¡Vamos a aprender!



A la acción de juntar o reunir organismos que se utilizarán durante los procesos reproductivos se le llama “acopio”. Al ser los crustáceos organismos que se encuentran en cuerpos de agua marítimos y continentales, ya sea de aguas saladas, salobres y dulceacuícolas hay diversas zonas naturales de donde pueden obtenerse. Aunque también hay laboratorios especializados que se dedican a estudiarlos o producir

postlarvas para la venta; al comparar en estas instalaciones desde una etapa temprana a los futuros reproductores, se asegura una alta calidad genética. Un ejemplo de laboratorios de producción “Larvas Granmar S.A. de C.V., en la Paz, Baja California Sur, México, una empresa cuyo objetivo es la siembra y criadero de Postlarva para camarón.

Sin embargo, no existen laboratorios especializados para todas las especies de crustáceos con importancia comercial internacional, nacional o local. Por ello, los reproductores se deben capturar del medio natural y determinar el lugar o zona de acopio dependerá de la biología y ecología de la especie. Por ejemplo, es necesario conocer la relación entre las características físicas y morfológicas de la especie con la etapa reproductiva. Además de considerar las condiciones ambientales de la zona de captura y su impacto en el desarrollo

reproductivo del animal. Lo anterior para asegurar la captura de organismos con las características óptimas de un reproductor.



Estudiantes realizando el proceso de acopio de reproductores de crustáceos

Latitud y época del año

De acuerdo con la latitud y época del año, las condiciones de temperatura y alimentación pueden definir el momento oportuno del acopio. En la mayoría de los crustáceos, un incremento en la temperatura del agua se relaciona con la presencia de organismos de mayor tamaño y desarrollo gonadal. Por lo cual, en el hemisferio norte, en primavera y principio de verano se pueden localizar un mayor número de organismos sexualmente maduros y listos para los procesos reproductivos. Caso contrario en el hemisferio sur, en donde el otoño e invierno son los periodos recomendados para este acopio. Incluso entre el mismo género se aprecian algunas diferencias de acuerdo con las condiciones del área. En el caso del camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) las hembras inmaduras se encuentran en mayor porcentaje en los meses de febrero y marzo cuando las temperaturas son menores, e incrementa en el mes de abril donde se presenta un 50 % de la población de hembras en desarrollo y un 16.7 % ya maduras, hasta el máximo porcentaje en los meses de junio y julio en la bahía de Navachiste, Sinaloa, México. Y aunque parece contrario, en latitudes del sur del planeta se registra actividad reproductiva con una mayor intensidad entre diciembre y abril para el camarón *Litopenaeus schmitti* en la Laguna de Tacarigua, Venezuela; pero no olvides que en esos meses las temperaturas son más altas en este hemisferio. En otras especies como la jaiba azul (*Callinectes arcuatus*), se ha observado que los machos maduros se encuentran durante todo el año, pero las hembras ovígeras entre septiembre a diciembre, lo cual ubica un mayor índice reproductivo en el verano en algunas localidades del estado de Nayarit, México.

En cuanto a organismos de agua dulce se puede obtener un patrón similar, registrando una mayor cantidad de hembras maduras en los meses de marzo y abril, previo al periodo de verano donde se inicia el registro de hembras grávidas. Un ejemplo es el acocil de río *Cambarellus montezumae* y *Cambarellus patzcuarensis* cuyos ejemplares se reproducen durante todo el año y sus poblaciones registran picos reproductivos en intervalos de

temperatura entre los 20 y 24 °C durante los meses de abril a septiembre. Algo similar a los resultados en estudios de la langosta azul de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, quienes tienen múltiples desoves durante el año, pero las temperaturas entre los 25 y 28 °C incrementan el proceso reproductivo y por ende el número de hembras ovígeras en el medio natural.



Crustáceos que se reproducen en el CETAC 02

Sin embargo, también hay aspectos conductuales, físicos, hormonales y morfológicos que pueden ser indicativos de su capacidad reproductiva.

Conductuales	Aspectos físicos	Morfológicos	Hormonales
Agresividad	Tamaño	Desarrollo de gónadas	Niveles hormonales
Territorialidad	Peso	Desarrollo de órganos reproductivos	
Migración			
Cortejo			

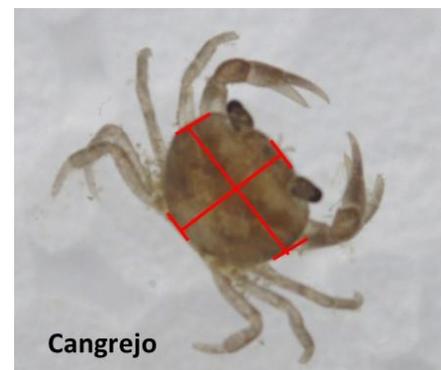
Conducta social

Los aspectos conductuales o conducta social reproductivas en los crustáceos son diversos y poco conocidos. Aunque la agresividad en algunas especies de crustáceos se relaciona con la actividad de cortejo hacia la hembra, muchas de estas observaciones no se registran por ser consideradas parte de su ecología y no de la conducta reproductiva. Incluso, la pelea entre machos es visible en sistemas controlados de cultivo en laboratorio, pero es complejo llevar un registro en el medio natural. Sin embargo, se puede relacionar con la conducta general del mundo animal y persigue demostrar la fuerza y la calidad de reproductor a la hembra. Un problema en considerar este tipo de conductas se relaciona con el nivel de territorialidad de los crustáceos, una característica biológica importante de este grupo de invertebrados que alcanza su máxima representación con el canibalismo entre los miembros del grupo durante el proceso de crecimiento al momento de la muda o cambio de exoesqueleto. Por lo cual, estos aspectos deben de ser considerados con

cierto recelo al poder ser señales confusas. Un aspecto de la conducta social más confiable en algunas especies de crustáceos como los cangrejos es la migración por procesos reproductivos. Un ejemplo es la época reproductiva del cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*), cuyos ejemplares migran desde los manglares hacia el mar, movimiento asociado a cambios estacionales y fases lunares.

Aspectos físicos

Por el contrario, los aspectos físicos como el tamaño y el peso han demostrado tener una alta correlación con la selección acertada de organismos sexualmente maduros. Y aunque dependen ampliamente de la especie de la cual se trate, en todos los crustáceos se ha visto que, a mayor tamaño y peso, las tasas reproductivas se incrementan. Asimismo, es relevante mencionar que, en cierto momento, el tamaño y el peso ya no pueden ser considerados dentro de un grupo o stock de reproductores, ya que una vez alcanzado estas características físicas máximas también puede estar asociada a una edad avanzada, motivo por el cual la tasa reproductiva también puede disminuir. Un indicativo de renovación constantemente del grupo o stock de reproductores y al capturarlos del medio natural, no seleccionar los de mayor talla, hay que tener un intervalo entre las tallas de primera reproducción y la talla máxima reproductiva. La longitud se mide de acuerdo a la forma del organismo, en cangrejos y jaibas el ancho del cefalotórax a través de la distancia entre el extremo derecho e izquierdo de la última espina antero lateral de cada lado del caparazón. La langosta, acocil y langostino la longitud del cefalotórax expresado en la distancia desde la escotadura o hendidura inter-orbital hasta el extremo posterior del cefalotórax. El instrumento de medición puede ser un vernier, ictiómetro, regla o alguna cinta métrica, lo importante es evitar que el crustáceo se doble y la lectura sea incorrecta. En cuanto al peso del animal se utiliza una balanza con precisión de acuerdo a los pesos mínimos de la especie, puede ir desde un instrumento que pueda medir 0.0001 g hasta arriba del kilogramo. Las siguientes imágenes representan algunas de estas acciones que se llevan a cabo en el CETAC 02.



Los siguientes cuadros indican algunas de las características de tamaño y peso de organismos con capacidad reproductivas.

Características	Langosta	Acocil	Acocil
Género	Cherax	Procambarus	Cambarellus
Tamaño (cm)	12-18	9-13	2.5-3.5
Peso (g)	30-60	22-34	0.6-1.2

Características	Camarón	Langostino	Jaiba	Cangrejo
Género	Litopenaeus	Macrobrachium	Callinectes	Brachyura
Tamaño (cm)	12.5-13.5	4-7	9- 11.9	5-12
Peso (g)	14-26	1-3.1	7-13	5-9

Aspectos morfológicos

En cuanto a los aspectos morfológicos, la madurez de los órganos reproductivos incluyendo el desarrollo gonadal puede dar una mayor certeza de la capacidad reproductiva del crustáceo. Sin embargo, en algunos de ellos implica el uso de técnicas invasivas que pueden dañar a los reproductores al basarse en cambios en la morfología externa e interna del ovario. Para lo cual, algunos ejemplares son disectadas con el propósito de remover y prepara los ovarios para análisis histológicos. Los resultados de las observaciones sobre el desarrollo de las ovogonias y ovocitos muestran la capacidad reproductiva y el estado de madurez de la hembra. En el crustáceo subantártico centolla (*Lithodes santolla*) se ha caracterizado el desarrollo mediante el estudio de la ovogénesis (proceso de formación de las células sexuales femeninas, desde la ovogonia hasta el óvulo) y vitelogénesis (proceso de formación de los materiales de reserva del citoplasma del huevo) a través de indicadores histológicos e histoquímicos (diámetro de los ovocitos, porcentaje de triglicéridos y porcentaje de fosfolípidos), la composición bioquímica (proteínas totales, lípidos totales, triglicéridos, carbohidratos totales y glucosa) de gónada, hepatopáncreas y hemolinfa y análisis moleculares (RT-qPCR). La cuantificación de la hormona inhibidora de las gónadas nos puede dar una idea de la regulación de la maduración ovárica mediante un control negativo de la expresión génica de la vitelogenina/vitelina. Y aunque existen algunos métodos moleculares para su determinación, su presencia se relaciona con el desarrollo gonadal y la disposición de la hembra para la reproducción. También es importante mencionar que se requieren estudios más profundos sobre los mecanismos de acción para el control endocrino de la reproducción en crustáceos.

En ciertas especies, el desarrollo de los órganos reproductivos se aprecia a simple vista y son más fáciles de observar en organismos grandes y maduros sexualmente. Además, la observación directa es menos invasiva. Por ejemplo, en cangrejos y jaibas el abdomen es corto y más amplio en las hembras, el cual a levantarse deja a la vista el gonópodo

femenino. Los machos tienen un abdomen más estrecho y al retirarlo del cuerpo se aprecia el gonópodo masculino y el pene. Te invito a consultar las fuentes recomendadas en la sesión de "Para aprender más", las cuales te mostrarán imágenes alusivas a esta información para que puedas relacionar la información escrita y visual. En camarones, el macho cuenta con el petasma (órgano sexual del macho) entre el primer par de pleópodos; y en la hembra el télico, entre el cuarto y quinto par de pereiópodos. En la langosta azul *C. quadricarinatus* los machos adultos presentan una mancha roja en sus pinzas y cuentan con un par de testículos y conductos genitales asociado a una vesícula seminal que desemboca en la base de la coxa del quinto par de pereiópodos. Las hembras tienen un par de ovarios asociados a oviductos conectado al exterior por gonoporos ubicados en la base de las coxas del tercer par de pereiópodos. Un aspecto similar se observa en el acoil de río del género *Cambarellus*, donde en el macho se observa una modificación en el primer y segundo par de pleópodos, la cual ayuda en la transferencia espermática, la estructura se ubica en la base del quinto par de pereiópodos.



Macho y hembra de Cambarellus montezumae, CETAC 02

Acondicionamiento

Antes del acopio de los reproductores será necesario acondicionar el área donde se mantendrán hasta la inducción al desove. Las áreas deberán de cumplir ciertos aspectos de aireación, luminosidad, alimentación, escondrijos y dimensiones. Los tanques o tinas de acondicionamiento son elaboradas principalmente con fibra de vidrio y las dimensiones dependerán de las densidades y proporciones de sexos en las cuales se mantendrán a los reproductores. Aunque será importante asegurar una óptima resistencia, impermeabilidad, nula toxicidad, fácil manejo, limpieza y apego a los controles de sanidad. La forma de estos también es dependiente de la zona y encargado del proceso, hay circulares con fondo plano, circulares de fondo cónico, rectangulares o cuadrados. A su

vez, estos pueden estar a nivel de suelo o empotrados en soportes con la suficiente fuerza para no romperse con el peso del tanque una vez que contengan el agua y a los organismos.

El sistema de circulación de agua puede ser abierto o cerrado de acuerdo con la disponibilidad de agua que se tiene en el área de acondicionamiento. El agua puede pasar por diferentes sistemas de filtración con el propósito de eliminar ciertos microorganismos o sólidos suspendidos que puedan alterar la inocuidad del sistema. La capacidad de las bombas dependerá del volumen de operación y del nivel de flujo de circulación del agua. Además, se recomienda el plástico y acero inoxidable como el material de estas para evitar la toxicidad en el agua. Lo mismo ocurre con la tubería que estará conectada al sistema, para ello se recomienda el uso de material de pvc por ser resistente a la corrosión, no tóxico, de menor precio y diversas presentaciones. El oxígeno puede proporcionarse mediante aireadores instalados de forma directa en los tanques o mediante la caída de agua del sistema de recirculación. Los escondrijos son elementos que sirven de protección en algunas especies de crustáceos antes del proceso de cópula y un lugar de protección para las hembras ovígeras, incluso en algunos sistemas es fácil identificarlas al revisar estos escondrijos.

Por lo cual, es necesaria una revisión diaria del área de acondicionamiento para detectar conductas sociales de apareamientos. La eliminación del alimento remanente y las heces de los organismos, y posterior a ello dar la ración de alimento correspondiente. Aunque en ciertas especies el consumo de alimento disminuye durante el apareamiento, es importante mantener la alimentación con el propósito de evitar el canibalismo. En las especies de tético cerrado es necesario mudar su exoesqueleto para poder llevar a cabo la cópula; por lo cual, es importante revisar diariamente los tanques para identificar la presencia de estos exoesqueletos.



Estudiantes realizando el proceso de acopio de reproductores de crustáceos.

Fuentes:

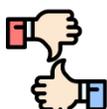
- Barba-Macías, E., Mendoza-Carranza, M., Trinidad-Ocaña, C., Juárez-Flores, J. y Martínez-Gutiérrez, M. L. (2017). Contrastes en el manejo del cangrejo azul y el pez diablo: Perspectiva de los pobladores de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. Print LC, S.A. de C.V., Ciudad de México. https://www.researchgate.net/profile/Everardo_Barba/publication/322686415_Contrastes_en_el_manejo_del_cangrejo_azul_y_el_pez_diablo_Perspectiva_de_los_pobladores_de_la_Reserva_de_la_Biosfera_Pantanos_de_Centla_Tabasco/links/5a68d2c50f7e9b2a828c43fe/Contrastes-en-el-manejo-del-cangrejo-azul-y-el-pez-diablo-Perspectiva-de-los-pobladores-de-la-Reserva-de-la-Biosfera-Pantanos-de-Centla-Tabasco.pdf
- Gassman, J. y López-Rojas, H. (2016). Biología y pesquería del camarón *Litopenaeus schmitti* en la Laguna de Tacarigua, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(3): 655-663. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-19572016000300016&script=sci_arttext&tlng=p
- Pérez-Velázquez, P. A., De la Cruz-González, F.J., Garduño-Dionate, M. y Luna-Raya, M. (2015). Estimación de parámetros de crecimiento individual y de primera captura de la jaiba azul *Callinectes arcuatus*, en Nayarit, México. *Ciencia Pesquera*, 23:15-25. [https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP23-3/3-Perez-et-al-2015-\(23-especial\).pdf](https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP23-3/3-Perez-et-al-2015-(23-especial).pdf)
- Rudolph, E., Retamal, F. y Martínez, A. (2010). Cultivo de camarón de río *Samastacus spinifrons*: ¿una nueva alternativa para la diversificación de la acuicultura chilena?. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(2): 254-264. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2010000200010



Actividad de aprendizaje

La infografía es una interpretación visual de la información textual. Por lo cual, elabora una para explicar el concepto de acopio y presentar de manera gráfica y atractiva lo que entendiste sobre el tema de la lección. Integra las siguientes características y elementos en ella:

- El concepto de acopio.
- La importancia de la latitud y época del año en el acopio de los reproductores.
- La conducta social y su relación con el acopio de los reproductores.
- Los aspectos físicos y morfológicos en los organismos que apoyan a la selección de reproductores porque indican su madurez sexual.



Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Conozco el concepto y la importancia del acopio.			
Soy capaz de identificar una hembra y un macho de por lo menos dos diferentes especies de crustáceos.			
Conozco por lo menos dos tallas y pesos recomendados para especies sexualmente maduras de crustáceos.			
Reconozco diferentes características que deben de cumplir los crustáceos para considerarlos reproductores.			
Puedo explicar cómo instalar un área de acondicionamiento.			



Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes.

- Plan maestro de camarón de altamar del estado de Sinaloa.
https://cadenasproductivas.conapesca.gob.mx/pdf_documentos/comites/csp/Programa_Maestro_Estatal_CamaronAltamar_Sinaloa.pdf
- Cangrejo chino.
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/porta/web/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=f1ff3a50e7fca210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=1f894e20ee248410VgnVCM2000000624e50aRCRD>
- Modelos adaptativos en Zoología (Manual de prácticas).
https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_MARILUZ_FERNANDEZ_FIPA/CAP%20VIII.PDF

Inducción a la reproducción y desove



Contextualizando

En la lección anterior aprendiste que hay características físicas a considerar en la selección de candidatos perfectos para la generación de nuevas crías, será entonces que en los crustáceos, ¿el tamaño si importa?, ¿tú que piensas en este momento? Pero, ¿Y si no tienes los organismos con esos tamaños o características?, ¿Ya no servirán?, ¿Qué podrías hacer para alentarlos a reproducirse?

Bueno, mientras piensas las posibles respuestas, vamos a comentar algunos aspectos que indicarían si los organismos seleccionados pudieran producir crías. Análogamente, en los seres humanos, a las mujeres cuyos óvulos han sido fecundados se les denomina “embarazadas”, ¿Les llamarán así a las hembras de crustáceos decápodos con huevos en su abdomen?, te doy una pista, al final de la lección podrás definir el concepto de “hembra grávida u ovígera”. Además, podrías imaginarte la respuesta a la siguiente pregunta, ¿Cuántos machos por hembras crees que se recomiendan para fecundar los óvulos de una hembra de crustáceo decápodo?, ¿Serán celosos estos organismos?, ¿Cuánto tiempo tardarán en realizar la fecundación? ¿Conoces el nombre que se le da a esta acción? Ahora sí, ¿listo para ver si tus respuestas son correctas?, manos a la obra, hablemos de reproducción e inducción al desove de los crustáceos decápodos.



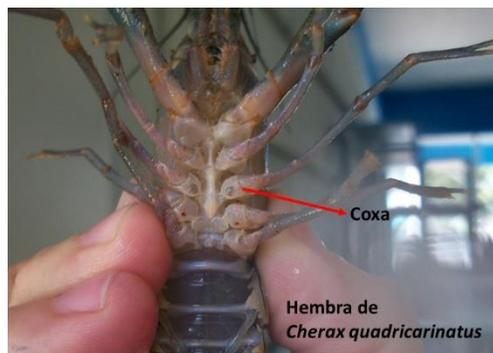
¡Vamos a aprender!



La reproducción es la acción de reproducir y en biología se aplica al efecto de procrear nuevos organismos con características afines a los progenitores. Asimismo, es un proceso biológico fundamental en la perpetuidad de las especies y una función clave en todos seres vivos. En tus clases de biología te mencionaron los tipos de reproducción, sus diferencias y procesos en cada una de ellas. Para fines de esta lección, recordaremos que la reproducción en los seres vivos puede ser de manera asexual y sexual, siendo está última la que se lleva a cabo en la mayoría de los crustáceos decápodos. En la reproducción sexual es donde los organismos tienen los sexos separados (una hembra y un macho) y se les llama dioicas o gonocóricas. Aunque existen algunas especies de camarones carideos son hermafroditas simultáneos (tienen ambos sexos) del tipo protándricos (el sexo masculino madura antes que el femenino) y protogínicos (los órganos genitales femeninos maduran antes que los masculinos). Sin embargo, en ambos tipos se lleva a cabo la fecundación de las células germinales (óvulo y espermatozoides), en donde se

combinan los genes de la hembra y el macho que estarán presentes en el cigoto y posteriormente en las crías.

Las gónadas (ovarios y testículos) de los decápodos están en pares y tienen 2 lóbulos laterales. Los testículos de los machos se conectan mediante un conducto en forma de tubo enroscado hacia la coxa (primer segmento) del quinto par de pereopodos (las patas que nacen del tórax) en donde se encuentra el gonoporo (protuberancia genital). El ovario de los decápodos hembras se conecta por oviductos a las coxas del tercer par de pereopodos en donde está el gonoporo. Una vez que se llevó a cabo el apareamiento y la fecundación de los óvulos por los espermatozoides, la ovoposición (poner los huevos) depende de la especie de decápodo. Por ejemplo; en los peneidos (camarones) del suborden Dendrobranchiata, las hembras después del apareamiento, ovipositan (poner los huevos) en el medio acuático. Por el contrario en camarones carideos, langostas, acociles, jaibas y cangrejos, donde se identifica perfectamente la cópula (unión de los órganos sexuales), los huevos desovados se quedan adheridos por un tipo de filamento parecido a la seda ubicado ciertas modificaciones de algunas estructuras de los pleópodos que forman una especie de cámara incubadora. Lo anterior es muy importante desde el punto de vista de la supervivencia, ya que al mantener los huevos adheridos a estos apéndices durante todo el desarrollo embrionario hasta la eclosión de la cría (con las características idénticas a los adultos) se incrementa el índice de supervivencia. Aunque, por otro lado, la cantidad de huevos es menor comparado con las especies que tienen larvas de vida libre (pasan su desarrollo en la columna del agua). Lo cual puedes constatar en la lección anterior si comparas la diferencia en el número de huevos que puede poner un camarón y una langosta.



Las hembras que están listas para ovopositar ya sea en el medio o cuyos huevos permanecen en el abdomen se les llama hembras ovígeras o grávidas. El tiempo en el cual se pueden obtener este tipo de hembras y la cantidad de las mismas depende de factores como la especie, tamaño, peso, alimentación, niveles hormonales, proporciones de sexos y condiciones ambientales. Lo cual es una ventaja en la acuicultura, cuya base es la generación de crías para utilizar en los procesos de engorda, momento en donde los organismos alcanzarán el tamaño necesario de comercialización. Un acuicultor puede inducir o incentivar la reproducción u obtención de hembras ovígeras o grávidas a través de la manipulación de los factores antes referidos.



Alimentación

El estado de nutrición de los reproductores es un factor que impacta tanto el crecimiento como el desarrollo sexual de los crustáceos decápodos. Las investigaciones muestran que una adecuada alimentación genera una correlación directa entre el incremento en tallas y peso con el desarrollo gonadal y el éxito del proceso reproductivo en organismos con altos niveles de nutrición. Por lo cual, es indispensable proporcionar un óptimo esquema de alimentación con el propósito de producir un mayor número de hembras ovígeras, una masiva cantidad de huevos y crías viables. Las dietas recomendadas se basan en proteínas de alta calidad (tienen los aminoácidos esenciales) y lípidos constituidos de ácidos grasos esenciales como los omegas 3 y 6. Algunos autores mencionan que los lípidos son los componentes en la dieta de los reproductores que más impactan en la composición del vitelo (sustancia nutritiva en el huevo para el embrión) de los huevos. Un hecho que se aprecia en el desarrollo gonadal y la fecundidad de especies de desove continuo y periodos de vitelogénesis cortos. Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) n-3 como el ácido docosahexaenoico (DHA) 22:6n-3 y el ácido eicosapentaenoico (EPA) 20:5n-3 regulan la producción de prostaglandinas que son parte de los procesos de producción de esteroides y el desarrollo gonadal que induce la ovulación y generación de feromonas con impactos positivos en la conducta sexual y el desove. Al adicionar el ácido graso araquidónico (ARA) 20:4n6 al alimento, se incrementa la calidad del vitelo en los huevos y se relaciona con un crecimiento óptimo en las crías durante las primeras fases de desarrollo del ciclo de vida. La cantidad y tipo de ácidos grasos debe incluirse en la dieta de acuerdo con sus requerimientos biológicos. Por ejemplo, cuando se encuentran en el periodo de vitelogénesis, donde se incorpora una mayor cantidad de los PUFA en los ovocitos (célula germinal femenina que está en proceso de convertirse en un óvulo maduro). Al determinar el periodo óptimo para la adición de los ácidos grasos a través del alimento se mejora el impacto económico y la eficiencia del proceso alimentario.



A la par, se debe agregar vitaminas (complejo B, E, D3, C y A) y minerales de acuerdo a la especie. La vitamina E influye en los diversos aspectos del proceso reproductivo, desde el desarrollo gonadal hasta la tasa de supervivencia de las crías. Además, junto con la vitamina C, actúan como antioxidantes y protegen de la oxidación a los ácidos grasos en el alimento. Las fuentes de nutrimentos recomendados en dietas de reproductores son el



calamar, el krill, el aceite de peces marinos y harinas derivadas de materia prima con elevado contenido de proteína y ácidos grasos esenciales. Y aunque muchos estudios refieren un mejor impacto al utilizar materia prima fresca y sin procesar, otros mencionan que pueden ser fuente de organismos patógenos como los endo- y exoparásitos, motivo por el cual recomiendan al alimento balanceado procesado.

El manejo del alimento y su adición en los cultivos de reproductores dependerá de su peso y la conducta durante la alimentación. La adición del alimento en diferentes raciones (veces al día) en cantidades variables y de acuerdo al consumo han dado los mejores resultados en los procesos reproductivos y de maduración. Las raciones restringidas de alimento y un escaso control de su adición en los cultivos se han relacionado con la inhibición de la madurez gonadal, la fecundidad y el desove. Los periodos recomendados van desde tres a cuatro veces al día con tasas de alimentación (contenido de alimento) de acuerdo al tamaño y peso de los reproductores. Las tasas de alimentación para los decápodos van del 0.5 al 3% de acuerdo a la especie y las condiciones fisicoquímicas del área de reproducción. No hay que olvidar que estas también impactan en la aceleración o disminución del metabolismo con relación a los cambios de temperatura o presencia de amonio.



Factores fisicoquímicos



Las condiciones ambientales es otro de los factores que influye en el éxito del proceso reproductivo al inducir la maduración y el desove de los reproductores. Un manejo inadecuado y escaso mantenimiento del sistema puede generar una situación de estrés y por ende un impacto negativo en los índices reproductivos al retrasar la maduración y el desove. El impacto de cada una de las variables fisicoquímicas como la temperatura o salinidad depende de la especie y las

condiciones ambientales del hábitat en donde se encuentran. Algunos de los parámetros que influyen en la maduración y el desove son la temperatura del agua, el fotoperíodo, la intensidad de luz, el cambio de salinidad y las interacciones sociales entre otras.

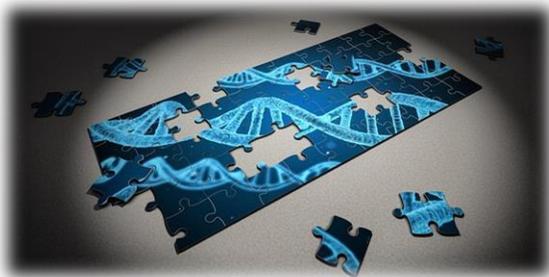
La intensidad y tiempo de la exposición de la luz que se recomienda para la maduración en crustáceos decápodos en condiciones controladas está entre los 120-140 lux a profundidades de por lo menos 1 metro. Hay que recordar que en el medio natural se obtiene una mayor intensidad, pero las profundidades de los cuerpos de agua son mayores; por lo cual, los organismos se desplazan a la profundidad que requieren para este proceso. La salinidad también es un referente para el proceso de maduración y desove en ciertas especies como los langostinos, quienes requieren de una salinidad entre 7 y 14 ‰ para que se complemente el proceso reproductivo. Así, los adultos viajan ciertas distancias para acercarse a las aguas salobre con el propósito de reproducirse y liberar sus crías. En el camarón y los acociles, los cambios bruscos de salinidad afectan la reproducción e incrementa la mortalidad de los embriones.



Un aspecto similar se ha observado en los intervalos de temperatura, ya que todas las especies de decápodos tienen temperaturas preferentes en cada uno de sus procesos biológicos. Altas temperaturas pueden inducir el crecimiento al incentivar el metabolismo y por ende la alimentación; pero en la reproducción, temperaturas muy altas o bajas impactan negativamente el desarrollo gonadal, ya que el organismo solo centrará energías en los

mecanismos de supervivencia. En camarones se recomienda un intervalo de temperatura entre los 26 °C hasta los 32°C; en el género *Cambarellus* se prefieren temperaturas entre los 19 y 23 °C; y en langosta azul de entre 26 y 30 °C. A la par, hay que poner atención en la variabilidad de parámetro como el oxígeno disuelto, el pH y el amoníaco en el agua de los tanques de maduración y desove. Una variación en los mismo implica un estrés y modificación en el metabolismo de los animales que puede resultar en la muerte de los mismos. La disolución del oxígeno en el agua no debe ser menos a 5 ppm y el pH hay que mantenerse en un intervalo entre los 7 y 8.

Genotipo



En los decápodos, la mejora en el genotipo (genes) a través de la selección de organismos con los mejores fenotipos (características físicas visibles) ha sido un tema de estudio en las últimas décadas. Los rasgos visibles son características de expresión genética que da una idea de la variación de genes en una población; esto ayuda en los procesos de selección artificial

de organismos que muestran las características deseadas. Lo anterior se basa en los principios de la genética Mendeliana, en la cual se establece el cruce de genes de la madre y del padre durante la unión de los gametos con la mitad de la carga cromosómica. Sin embargo, aún falta realizar una mayor cantidad de investigaciones en el tema para poder asegurar este impacto en la obtención de organismos con cierta proporción de gen deseable.

La edad de los reproductores

El tamaño de los reproductores se relaciona con la edad de estos y la eficiencia en el proceso reproductivo. En los decápodos, durante el periodo de madurez sexual se puede apreciar que, en la primera reproducción, la cantidad y calidad de los huevos es menor, y está va aumentando conforme la talla incrementa y han pasado por diversos momentos reproductivos. Aunque es importante considerar que todas las especies tienen un periodo en el cual el crecimiento disminuye debido a su edad y el proceso reproductivo también se ve afectado. Por lo cual, se recomienda evitar organismos muy jóvenes o de edad avanzada.

Densidad y proporción de sexos.

La densidad de organismos en los tanques de maduración y reproducción debe cuidarse para evitar mortalidad por canibalismo y una competencia relacionada con la territorialidad. Además, también se tiene que considerar la proporción de hembras y machos que induzcan a los procesos reproductivos y la obtención de hembras ovígeras. Algunos estudios en decápodos recomiendan una densidad máxima de 6 animales/m² y una relación o proporción de 1 hembra por cada macho. Sin embargo, esto depende de la especie y del área destinada para la maduración. Hay especies como los Cambáridos en donde se ha observado un mayor éxito en proporciones de 2 hembras por cada macho y en langosta azul se recomiendan proporciones de 3 hembras por 2 machos. La densidad también se puede incrementar si en el tanque se tiene un mayor suministro de aire y se colocan escondrijos (lugar para esconderse) para



disminuir el canibalismo y la territorialidad. En camarones se ha logrado incrementar densidades hasta 450 gr/m²; un ejemplo es en *Penaeus schmitti* (peso promedio de madurez de 45 gr en hembras y 35 gr en machos), cuya densidad se ha llevado hasta los 220 camarones/tanques de 21.5 m².

Hormonales

La maduración sexual de los decápodos va acompañada no solo de un incremento en peso y talla, también hay modificaciones en el metabolismo que no se aprecian a simple vista. Pero que se relacionan con la activación de la producción de la hormona GnRH que da paso al proceso reproductivo. Por lo cual, la inducción a través de métodos hormonales es una técnica muy utilizada para la inducción a la maduración, la reproducción y el desove. Incluso, a través de ellas se disminuye el tiempo y se obtienen mayor cantidad de hembras ovígeras. Aunque en ciertos estudios se han apreciado baja producción de huevos, bajo índice de eclosión y supervivencia larval.



El sistema endocrino se compone de células neurosecretoras que se localizan en el órgano X del pedúnculo ocular y en los ganglios subesofágico, torácico y abdominal. El complejo neurosecretor órgano X/ glándula sinusal en el pedúnculo ocular es el principal centro de control endocrino que regula la función neuroendocrina del crecimiento, la maduración sexual, la muda, la regulación de la osmolaridad (respuesta al cambio de concentración de sal en el agua) y el metabolismo. Un componente más del sistema endocrino son los órganos neurohémicos como la glándula sinusal, órgano pericárdico y órganos postcomisurales. La glándula sinusal (SG) se compone de un conjunto de terminaciones nerviosas y los cuerpos celulares que proveen esas terminaciones que se agrupan para formar el órgano X. Los productos neurosecretorios producidos en este complejo se almacenan en las terminaciones axonales y pueden liberarse al sistema circulatorio por exocitosis. Los productos neurosecretorios son neuropéptidos que actúan como hormonas, las hiperglucemiantes (CHH) y los efectores pigmentarios (PDH). Finalmente, el órgano Y, el órgano mandibular, la glándula androgénica y los ovarios constituyen las glándulas endocrinas del sistema endócrino.

Ablación del pedúnculo ocular

Una técnica para inducir la maduración y el desove es la ablación (corte) unilateral del pedúnculo ocular de las hembras. Vamos a recordar que el órgano X es el lugar donde se sintetiza la hormona inhibidora de la muda, la cual actúa sobre la glándula de la muda e inhibe la síntesis y liberación de la crustaecidona (hormona promotora de la muda). A la par, hay un órgano antagónico al X denominado órgano Y, donde se produce la hormona de la muda y si se extrae puede provocar que el organismo no mude más. La remoción de esos órganos reduce la producción de la hormona inhibidora gonadal (GIH), la cual permite la liberación de la hormona estimuladora gonadal (GSH) desde el cerebro hacia los ganglios torácicos. Así, se produce menos GIH, y más GSH será liberada, estimulando la maduración de la hembra. Además, cuando se extrae el órgano X se acelera la frecuencia de la muda y el crecimiento hasta tres veces más que un organismo intacto. Aunado a lo anterior, la ablación no solo implica un efecto sobre la hormona inhibidora de la gónada (GIH), también regula otros procesos metabólicos que afectan el transporte de glucosa, funciones respiratorias, metabolismo de carbohidratos, metabolismo de calcio, osmorregulación (regulación de las sales), regulación térmica y ritmo cardíaco entre otros.

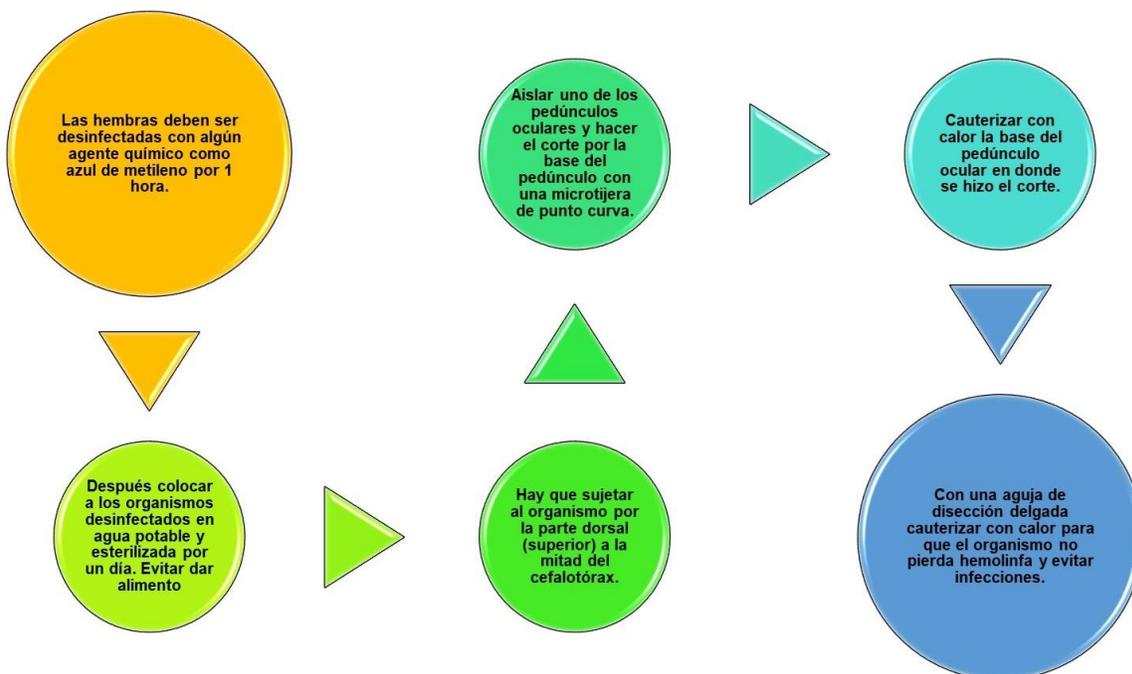
La ablación es un proceso delicado que debe realizarse con mucho cuidado para evitar el estrés y la muerte de los organismos. Por lo cual, hay algunas condiciones para incrementar el éxito de la técnica. Evitar la ablación en organismos que hayan mudado recientemente, ya que el animal se encuentra más susceptible al daño y su metabolismo se enfoca en el endurecimiento del nuevo exoesqueleto. El corte tiene que ser rápido y asegurar una cicatrización inmediata para evitar la pérdida de la hemolinfa (líquido del



aparato circulatorio análogo a la sangre) y una infección. Una vez que se termine el corte, las hembras se colocan individualmente en un espacio tranquilo y bajo condiciones óptimas de temperatura, oxígeno, pH y amonio. Los valores de estos parámetros deberán de ser los intervalos recomendados para cada especie en condiciones normales de cultivo. El resultado

de la inducción a la maduración (desarrollo de los ovarios) en las hembras ablacionadas o epedunculadas depende de la temperatura y las características físicas de la hembra. El tiempo promedio es de 24 horas hasta 7 días; por lo cual, se recomienda revisar los tanques de maduración un día después de la ablación para retirar a las hembras que han madurado. En camarones se ha aplicado la ablación en machos y los resultados indicaron un incremento en la calidad de los espermatozoides. Además, la ablación disminuyó el tiempo de regeneración de los espermátóforos de los machos.

El siguiente diagrama describe el proceso para realizar la ablación del pedúnculo ocular:



Una desventaja de este método es la alta mortandad que se registra en los primeros días después del corte. Los porcentajes registrados van desde el 10 y el 25 % de los animales ablacionados. El número de huevos por desove es menor y disminuye a través del tiempo. También la calidad larval y el desarrollo de la cría ha mostrado alteraciones. Aunque dentro de las ventajas es que la duración del ciclo de muda es más corta y se producen más desoves. Por lo cual, sería recomendable considerar todos los aspectos antes mencionados y verificar el resultado de la ablación de acuerdo a la especie.

Fertilización artificial

En condiciones controladas de laboratorio se han inducido procesos reproductivos de acuerdo con el ciclo biológico natural de las especies. Sin embargo, se han detectado bajas calidades de desove e incluso no se produce o se registra ovulación pero no desove. Por lo cual, se aplican técnicas de fertilización artificial que requieren determinar el momento óptimo para la extracción de espermatozoides y la madurez de los óvulos. Además de evitar cambios morfológicos y bioquímicos en los mismos que producen una sobremaduración y pérdida de viabilidad del óvulo para ser fecundado. La técnica de fertilización artificial en crustáceos se ha mejorado con los años, pero aún no alcanza el éxito que tiene en peces. Algunos de los porcentajes de éxito reportados para camarones oscilan entre el 2 y 12 %. La recomendación general es el seleccionar hembras maduras y machos con espermátóforos bien desarrollados. A los cuales se les aplica una eyaculación manual al presionar suavemente los órganos genitales para la expulsión del espermátóforo que se mantienen en recipientes secos hasta la inseminación de la hembra. Los espermátóforos se oprimen para obtener una masa de espermatozoides que se colocan entre el tercer y cuarto par de pereiópodos de la hembra para que se lleve a cabo la fecundación. En el lenguaje de los acuicultores, la hembra que tiene esta masa espermática se le llama hembra "parchada". La hembra se mantiene un periodo en las manos para asegurar este proceso y posteriormente se regresa al tanque para su observación.



Te invito a consultar las fuentes recomendadas en la sesión de "Para aprender más", las cuales te mostrarán más imágenes alusivas a esta información para que puedas relacionar la información escrita y visual.

Fuentes:

- Álvarez, F., Villalobos, J. L., Hendrickx, M. E., Escobar-Briones, E., Rodríguez-Almaraz, G. y Campos, E. (2014). Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: 208-219. DOI: 10.7550/rmb.38758
- Álvarez-Lajonchère, L. (2006). *Nutrición de peces marinos*. Consultado el 5 de febrero del 2021. Disponible en https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/1Alvarez.pdf
- Alfaro-Montoya, J. (1999). Control de la reproducción de camarones marino. *Uniciencia*, 15-16: 87-92. Consultado el 8 de febrero del 2021. Disponible en <file:///C:/Users/HOME/Downloads/Dialnet-ControlDeLaReproduccionDeCamaronesMarinos-5381161.pdf>

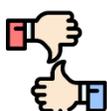
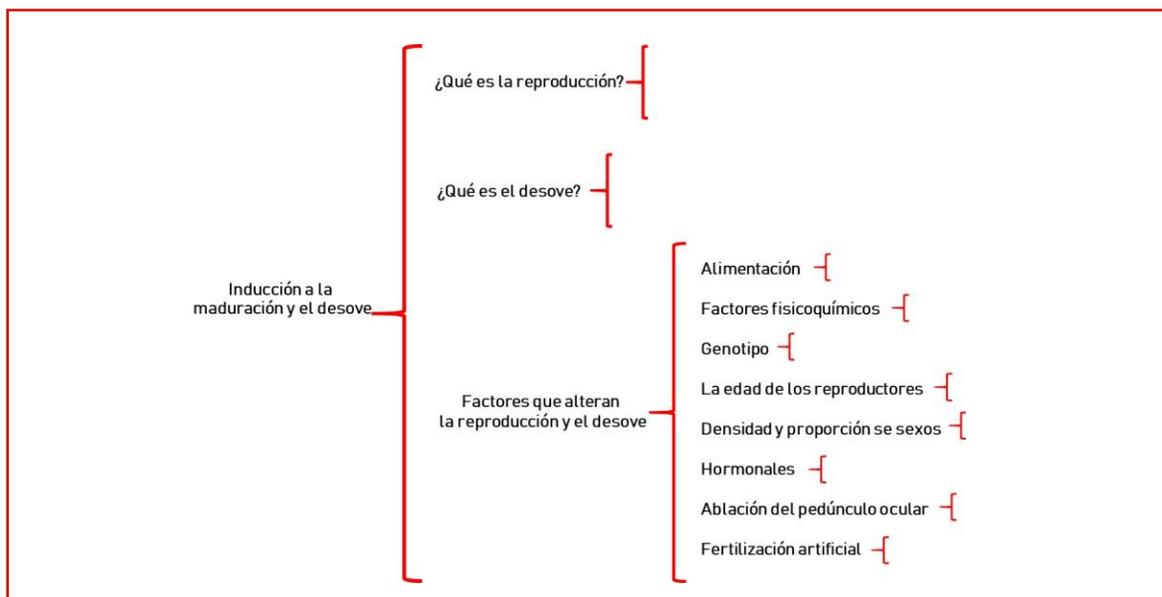
- Cerón-Ortiz, A. N., Ángeles-Monroy, M. Á., Limón-Mendoza M. A. y León-Escamilla, J. A. (2019). Impacto de la proporción de sexos en aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus montezumae*. *Hidrobiológica* 29 (2): 53-62. Consultado el 5 de febrero del 2021. Disponible en <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1224>
- Villarreal-Colmenares, H. y Naranjo-Páramo, J. (2008). Cultivo de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Redclaw). Una oportunidad para la diversificación de la industria acuícola. CIBNOR. Consultado el 10 de febrero del 2021. Disponible en <https://www.cibnor.gob.mx/images/stories/biohelis/pdfs/Cultivo-de-langosta-de-Agua-Dulce-Cherax-quadricarinatus-Redclaw.pdf>



Actividades de aprendizaje

Elabora un cuadro sinóptico denominado “Inducción a la maduración y el desove”, donde integres la siguiente información relacionada con este tema. Utiliza los datos que refiere la lección para dar respuesta a las preguntas que se sugieren en cada uno de los conceptos y complementar el ejemplo:

- Alimentación (¿Cuál es su importancia? ¿Menciona los nutrimentos recomendados para inducir la maduración y el desove?).
- Factores fisicoquímicos (¿Cuáles son?, ¿Cuál de ellos consideras que impacta más en el proceso de inducción a la maduración y el desove?).
- Genotipo (¿Cómo pueden ayudar los genes a incrementar la inducción a la maduración y el desove?).
- La edad de los reproductores (¿Cuál es la mejor edad para obtener un mejor proceso de maduración y desove? ¿Por qué?).
- Densidad y proporción de sexos (¿Cuál es la diferencia entre densidad y proporción de sexos? ¿Cómo ayuda cada uno de estos conceptos en la inducción a la maduración y desove?).
- Hormonales (¿Cuál es el papel de las hormonas en la maduración y el desove?, ¿Cuáles son las partes del sistema endócrino?, ¿Para qué sirve el órgano X y el órgano Y?).
- Ablación del pedúnculo ocular (¿Qué es la ablación?, ¿Cómo se realiza?).
- Fertilización artificial (¿Cuál es la importancia de la fertilización artificial?, ¿Cómo se realiza?, ¿Qué es una hembra parchada?).



Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Conozco el concepto de maduración y desove.			
Identifico la importancia de la alimentación en la inducción a la maduración y desove.			
Puedo explicar el impacto de los factores fisicoquímicos en la inducción a la maduración y desove.			
Reconozco por qué la edad y el genotipo ayuda a inducir a la maduración y desove.			

Identifico la importancia de la densidad y la ración de sexos en la inducción a la maduración y desove.			
Identifico al órgano X y al órgano Y, además de su relación con la ablación ocular y la maduración.			
Puedo explicar cómo se realiza el proceso de ablación y su impacto en la inducción a la maduración y desove.			
Puedo explicar el proceso de fertilización artificial y su impacto en la inducción a la maduración y desove.			



Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes.

- Cultivo de camarones <https://slideplayer.es/slide/10785575/>
- Morfología del sistema reproductor y del espermatóforo de *Litopenaeus vannamei*, camarón blanco del Pacífico. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972013000300004&lng=es&nrm=iso
- Camarón: maduración y manejo de reproductores <https://www.youtube.com/watch?v=znr7PXTjc2Q>

Incuba huevos y produce crías



Contextualizando

En módulos anteriores te han hablado de las diferentes maneras y técnicas en cómo los huevos de los organismos acuáticos pueden mantenerse para incrementar estos índices de eclosión bajo condiciones controladas. Te has puesto a pensar ¿Cómo será en los crustáceos?, ¡Imagínate!, ¿Cómo mantener el millón de huevos que puede poner una hembra de camarón?, ¿Cómo le podrías hacer?, ¿Acaso podríamos aplicar los mismos sistemas que en peces y moluscos?

Además, es importante recordar algunos índices que refieren la importancia del número de huevos y larvas o postlarvas liberadas de los mismos, ¿Te acuerdas como se llaman? ¡Una pista!, ¿Recuerdas a la fecundidad y la fertilidad?

Seguro te acordarán que en muchos lugares del mundo se consumen los huevos de peces por ser un platillo muy nutritivo, ¿Pasaré lo mismo con los huevos de crustáceos?, ¿Son igualmente nutritivos?, ¿Sabes si en México se consumen? ¡listos y listas!, vamos a aprender sobre el tema y podrás contestar las preguntas al final de la lección.



¡Vamos a aprender!

Incubación natural y artificial

La incubación es el proceso donde los animales ovíparos como los crustáceos mantienen los huevos en un ambiente óptimo para el desarrollo del embrión. El periodo de incubación depende de la especie de crustáceo y del tiempo de duración del desarrollo embrionario. Por ejemplo, en los decápodos que resguardan sus huevos en una especie de cámara de incubación alojada en el abdomen durante todo el desarrollo embrionario (desarrollo directo), el tiempo de incubación es largo debido a que los liberan hasta la etapa de postlarva. Por lo cual, registran mejores tasas de supervivencia en sus crías debido a los cuidados que dan durante la incubación. Un hecho opuesto se observa en los decápodos con desarrollo indirecto y en el cual el periodo de la incubación es menor, ya que las larvas eclosionan del huevo y tienen vida libre.



La incubación natural se lleva a cabo en el medio natural u hábitat de los organismos, en donde las condiciones fisicoquímicas del medio impactan la duración de este proceso. No hay que olvidar que variables como la temperatura fluctúan conforme cambian las estaciones del año y este hecho se relaciona con la presencia del proceso reproductivo, el

número de hembras ovígeras y por supuesto del tiempo de incubación. Aunque las variaciones de temperatura en el medio no son tan impactantes como las que pudieran registrarse en un laboratorio, es importante destacar su posible impacto en el tiempo de duración de la incubación. A la par, las hembras ovígeras se enfrenta a un estrés social por territorialidad, canibalismo y calidad del alimento, provocando el desprendimiento de la masa embrionaria y una baja fecundidad. Sin embargo, estas eventualidades son parte del control de natalidad y población en los cuerpos de agua, un hecho que permite un equilibrio en el ecosistema y ayuda a establecer las pesquerías de crustáceos en el medio natural. En hembras ovígeras de *Cambarellus montezumae* se han registrado periodos de incubación entre los 12 y 35 días.

Por el contrario, cuando hablamos de procesos acuícolas, la obtención de crías para los procesos de engorda bajo esquemas controlados suele ser un problema si no se tienen suficientes crías. Una alternativa de la incubación natural es la incubación artificial o *in vitro*, un proceso que se realiza ampliamente en peces. La incubación artificial requiere instalaciones o incubadoras de forma cilindro-cónicas acondicionadas con aireación y temperaturas óptimas para el desarrollo del embrión que induzcan posteriormente a la liberación de las larvas o postlarvas. Los huevos son separados con mucho cuidado de las setas de la hembra ovígera en las primeras 24 horas posterior al desove y son sembrados



(colocados) en las incubadoras. La densidad de los huevos por litro depende de su tamaño y del área de la incubadora. Algunos autores mencionan intervalos de 50 a 500 huevos/L. Al mantener los huevos en un sistema controlado, se espera obtener un menor tiempo de incubación y supervivencia de las larvas o postlarvas. Una ventaja de la incubación artificial es un mayor control en el desarrollo embrionario a través de la manipulación de la temperatura. Hay un incremento en la supervivencia de las crías al tener edades homogéneas y se

disminuye el canibalismo durante el mantenimiento de las mismas. El efecto de la temperatura es el parámetro que más se ha estudiado y los resultados indican un efecto significativo en el tiempo de incubación de los huevos. En estudios con *Cryphiops caementarius* se redujo el tiempo de incubación conforme se incrementó la temperatura, reduciendo el tiempo de 24 días a 22°C hasta 15 días a 28°C. En la incubación *in vitro* de embriones de *Macrobrachium rosenbergii* se registró un menor tiempo de incubación a 31°C comparado con la de 26°C y 28°C. Sin embargo, es necesario recordar que la temperatura de incubación debe estar en el intervalo óptimo de desarrollo de la especie.

Fecundidad

La fecundidad es un aspecto de la biología reproductiva que se relaciona con la estimación del número de huevos en las hembras ovígeras. Por lo cual, es un índice que permite estimar el estado reproductivo de las especies y se define como el número de huevos liberados por una hembra en un solo desove y un periodo determinado. La fecundidad se relaciona con la especie, la talla de la hembra, el número de veces que se ha reproducido

y la alimentación durante el periodo de maduración. Hay especies como los cangrejos y los camarones que producen miles o millones de huevos en un solo desove. Por otro lado, el género *Cambarellus* y *Cherax* solo alcanzan intervalos entre los 20 y 1000 huevos. El tamaño de las hembras influye en el número de huevos que puede desovar de acuerdo con el tamaño de la cavidad ovárica. Las hembras más pequeñas o con longitudes entre los 4 y 7 cm han registrado un menor número de huevos y por ende una menor fecundidad comparadas con hembras de tallas superiores a los 10 cm. Un ejemplo de ello es la especie *Petrolisthes granulatus*, cuyas hembras con talla promedio de 7.3 mm de Longitud registran una fecundidad de 115 huevos. Por el contrario, hembras con tallas promedio de 12.6 mm alcanzaron a desovar hasta 612 huevos.



A su vez, el tamaño del huevo se relaciona con la calidad del vitelo y su contenido energético para el desarrollo del embrión y su supervivencia. El tamaño y forma del huevo cambia conforme avanza el crecimiento del embrión y es regulado por el grosor y resistencia de la membrana. En los decápodos, el tamaño y volumen fluctúa de acuerdo a la especie, en *Allopetrolisthes angulosus* y *Petrolisthes granulatus*, el volumen inicial se ubica en 0,083 y 0,155 mm³ respectivamente. La forma esférica se mantiene en los primeros días del desarrollo embrionario y cambia significativamente al observarse la forma de la larva. Lo anterior se relaciona con el aumento progresivo del peso del embrión al irse completando el desarrollo de sus estructuras corporales. El color de los huevos también depende de la especie y se aprecian colores desde el naranja intenso, negros, azules, verdes y pardos.



Fertilidad



La fertilidad se relaciona con el número de crías que eclosionan de los huevos mantenidos bajo incubación natural o artificial. La incubación natural donde los huevos permanecen bajo el cuidado de la hembra produce una fertilidad mayor debido a que se protegen en el abdomen. Además, el movimiento de sus pleópodos los oxigena y mantiene libre de hongos y parásitos debido a las sustancias antifúngicas que la hembra libera. Ambos aspectos deben de cuidarse

cuando se realiza la incubación artificial de los huevos, ya que una baja oxigenación promueve la muerte del embrión por sedimentación del huevo. Lo cual se relaciona con una infección por hongos, un incremento sucesivo de la mortalidad y la disminución del índice de fertilidad. Para dar solución a esta problemática se ha utilizado soluciones de sustancias química para eliminar los hongos, siendo principalmente el yodo y el azul de

metileno. Al momento, los resultados varían entre estudios, pero en general se considera que el azul de metileno no es adecuado para controlar la micosis. Aún no se sabe si es debido a la concentración o al tiempo de exposición. También, en la incubación natural, el movimiento vigoroso de los pleópodos de la hembra facilita la eclosión de embriones y la dispersión de larvas, acción que incrementa la fertilidad. En cuanto a la relación lineal entre la fertilidad y la talla o peso de las hembras, se han encontrado variación en los resultados sobre el impacto directo. Por ejemplo, en *Macrobrachium amazonicum* se ha obtenido un porcentaje promedio del 54% de fertilidad y los valores reflejan una posible relación entre el peso de la hembra y este valor. Por el contrario, en *Cambarellus montezumae* no se ha detectado esta relación, pero el porcentaje de fertilidad es mayor y se ubica en un intervalo entre los 60 y 98 %.



La relación entre la temperatura y la fertilidad no se ha estudiado en todas las especies de decápodos. Los resultados de los estudios indican que el impacto es mayor cuando se trata de la maduración y la fecundidad, pero no hay elementos para establecer una relación fuerte con la fertilidad. Sin embargo, la calidad del alimento si afecta la fertilidad, una

alimentación de los reproductores basada en proteínas y ácidos grasos esenciales mejora la calidad del vitelo (sustancia nutritiva en el huevo) durante la vitelogénesis. Por ende, el embrión tiene un alimento nutritivo durante las primeras fases de desarrollo y se expresa con una fertilidad superior a los 70 %.

Técnicas de conteo de larvas y postlarvas

Una vez que las larvas y postlarvas son liberadas por la hembra, es recomendable poder obtener el número de estas para hacer los cálculos de fertilidad. Incluso, en los laboratorios que se dedican a la producción masiva de larvas y postlarvas se tiene que realizar el conteo de éstas para asegurar que el número de organismos que se vende es correcto. Al igual que el acuicultor cuando determina el número de organismos que sembrará por unidad de área en los estanques de engorda. Una de las condiciones para aplicar cualquier método de conteo es cuidar la densidad de los organismos en el recipiente y que la distribución sea homogénea antes de la toma de muestra. Asimismo, se recomienda identificar la ubicación de preferencia de los organismos, ya que si son larvas se ubicarán a lo largo de la columna del agua, pero si son postlarvas, estas se irán al fondo. Un método de homogenización es la agitación suave de la columna de agua, mientras se extrae entre tres a cinco alícuotas (muestras) con vasos de precipitados preferentemente de 100 mililitros. Así, con un movimiento rápido del fondo se extrae la muestra hacia la superficie y se obtiene una muestra más significativa.

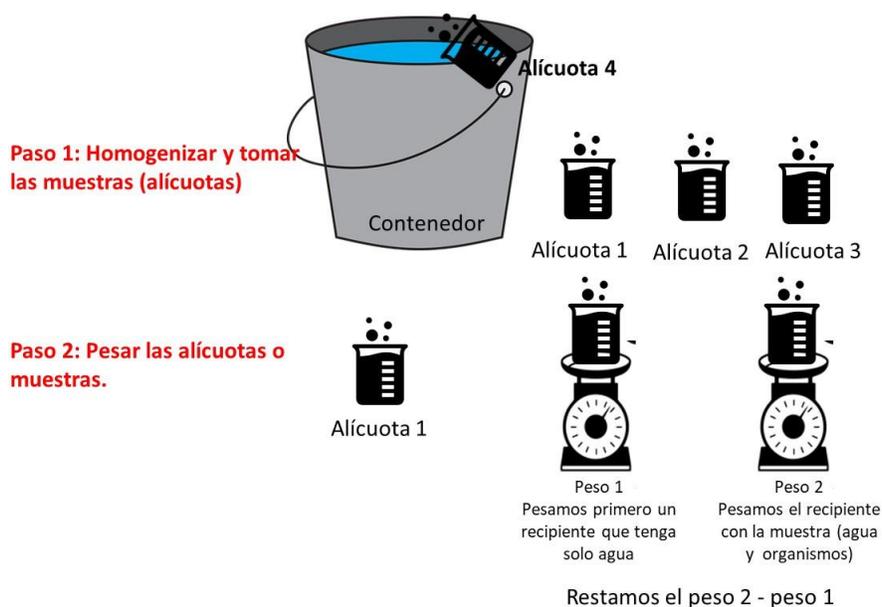
El conteo se puede realizar a través del peso de la muestra (gravimétrico), el conteo directo de organismos en esa muestra (volumétrico) y la técnica optoeléctrica mediante el uso de sensores. La selección del método de conteo depende del tamaño de la larva y postlarva; ya que mientras más grande es el organismo, el uso del equipo optoeléctrico y la medición directa es mejor. Sin embargo, cuando se trata de larvas pequeñas como las del camarón o langostino, entonces lo más recomendable son el método gravimétrico y volumétrico. El método volumétrico consiste en tomar muestras pequeñas de entre 50 y 100 ml del recipiente donde se ubican todos los organismos, posteriormente con una pipeta de 10 ml se toman submuestras de las muestras para contar a los organismos con la ayuda de un contador mecánico. La observación de la muestra puede ser a través de un microscopio estereoscópico. El siguiente paso es obtener un promedio general del número de larvas o postlarvas utilizando los datos de los conteos de todas las submuestras. Finalmente se realiza una proporcionalidad a través de la regla de tres para determinar cuántos organismos hay en el recipiente original. El método gravimétrico sigue un proceso similar al del método volumétrico, pero en este caso, las muestras que se obtienen se pesan directo en la balanza y por diferencia se obtiene el peso. Posteriormente, se aplica la proporcionalidad y se obtiene un resultado con base al peso y no al número. La tercera forma es la más costosa pero tiene la ventaja que no daña a los organismos y es más exacta, el instrumento es un contador optoelectrónico que van contando los organismos de uno por uno al ir pasando por un canal estrecho de agua. Algo similar a cuando tu entras a una tienda y el sensor emite un ruido que indica el ingreso o salida de una persona.

Un ejemplo de los pasos y la aplicación de los cálculos de un método volumétrico es el siguiente:



Volumen del recipiente: 400 litros (se hace una conversión a ml)
 Alícuota 1 (100mililitros): 125 org. contados
 Alícuota 2 (100mililitros): 150 org
 Alícuota 3 (100mililitros): 100 org
 Promedio de conteo (alícuotas):125 org
 Proporcionalidad = $(125 * 400000) / 100$
 = 500,000 organismos totales en el tanque de 400 litros.

Un ejemplo de los pasos y la aplicación de los cálculos del método gravimétrico relacionado al peso unitario:



Volumen del recipiente:400 litros (se hace una conversión a ml)
 Alícuota 1 (100mililitros): 100 g
 Alícuota 2 (100mililitros): 126 g
 Alícuota 3 (100mililitros):125 g
 Promedio de conteo (alícuotas): 217 g
 Proporcionalidad = $(117 * 400000) / 100$
 = 468,000 g totales en el tanque de 400 litros.

Si hay 500,000 organismos totales en el tanque de 400 litros.

Entonces: 468,000 gr/500,000 organismos
 cada organismo tiene un peso de 0.936 g

Técnicas de evaluación de la calidad de larvas y postlarvas.

La evaluación de la calidad de las larvas y postlarvas es una actividad que se recomienda para conocer el estado anatómico y fisiológico de los organismos. La prueba estima el grado de respuesta del organismo a cambios fisicoquímicos abruptos que permitan

establecer la probabilidad de supervivencia. La evaluación puede realizarse algunos días después de la liberación por parte de la hembra o antes de venderlas o llevarlas a los estanques de engorda. Una respuesta favorable indica que no hay problemas físicos y de salud, un indicativo de que podrán crecer óptimamente en el área de engorda. La selección del método o las condiciones del mismo dependerán de características biológicas del crustáceo. Por ejemplo, organismos de tallas grandes pueden ser evaluados tras una observación directa de su morfología, detectando la falta de apéndices, laceración de exoesqueleto, ausencia de urópodos o antenas. Por el contrario, en organismos más pequeños será necesario aplicar cambios de salinidad o temperatura para determinar el porcentaje de sobrevivencia o respuesta conductual ante la modificación drástica de la salinidad (Shock Osmótico) o la temperatura (Shock térmico). Aunque estos métodos también pueden aplicarse en animales de tallas grandes. Un método ampliamente usado en camarón es el flujo contra corriente, que consiste en colocar a las crías en este sistema, aprovechando que tienden a nadar en sentido contrario, dejando a tras a los organismos que no tienen una óptima calidad para dar respuesta a este cambio.

El shock osmótico y térmico miden la respuesta de los organismos a cambios bruscos de salinidad y temperatura respectivamente. Para ello, se debe de considerar los rangos de respuesta a las salinidades y temperaturas de cada especie de acuerdo a su hábitat, ya que si los organismos se colocan en rangos por encima o debajo de los límites permitidos es probable que los animales mueran por sobrepasar su capacidad de osmorregulación u osmoconformación hablando de salinidad. La osmorregulación es la capacidad de un organismo a regular la presión osmótica del medio interno manteniendo los líquidos osmóticos del cuerpo; esto es, si un organismo se somete a una salinidad menor o mayor a la que registra su ambiente líquido interno, entonces reacciona metabólicamente para regular y mantener esos valores internos. Por el contrario, los organismos osmoconformadores son capaces de adecuar sus niveles de concentración de sales interna con los del ambiente; esto es, si incrementa la salinidad externa ellos incrementan la interna o viceversa. Por ello, en estas pruebas de shock osmótico, es común que a los organismos de ambientes dulceacuícolas se les aplique la prueba con agua salobre y a los de agua salada se les realice en concentraciones bajas de salinidad.

Una situación similar ocurre con las pruebas de evaluación de shock térmico, en donde el parámetro que se modifica es la temperatura. Al respecto, hay organismos termorreguladores (regulan la temperatura) y termoconformadores (igualan la temperatura a la del medio) con un intervalo específico de acuerdo a las capacidades de la especie. En las pruebas de shock térmico los organismos que comúnmente habitan regiones cálidas son expuestos a temperaturas inferiores y los que viven en un ámbito de temperatura bajas son expuestos a cambios de temperaturas alta. Pero no se debe sobrepasar la llamada temperatura Lt_{50} , la temperatura alta o baja que provoca la mortalidad del 50 % de los organismos que son expuestos a ella. Lo anterior es relevante debido a que entonces los resultados no indican la calidad de la cría, más bien el descuido de quien realiza la prueba.



Postlarvas de acocil de río Cambarellus montezumae, CETAC 02

En México, existe una normativa que habla sobre la determinación del grado de calidad en crustáceos frescos que puede también ser aplicada en este caso. La norma NMX-FF-042-2001, PRODUCTOS DE LA PESCA - CRUSTÁCEOS COMESTIBLES FRESCOS REFRIGERADOS - ESPECIFICACIONES, indica algunas características que pueden observarse en las postlarvas de mayor tamaño e incluso antes de la siembra. El proceso es observar ciertas características de la cría y compararlas con los puntajes que la norma asigna; posteriormente hacer una resta de este puntaje a los 100 puntos máximos que se otorga a los organismos de alta calidad. Al final, si el puntaje resultante está por encima de los 85 puntos, entonces indica que la calidad es óptima. El siguiente cuadro muestra algunas de las características y los puntajes que menciona la norma para el producto fresco.

Además, te invito a consultar las fuentes recomendadas en la sesión de “Para aprender más”, las cuales te mostrarán más imágenes alusivas a esta información para que puedas relacionar la información escrita y visual.

Características	Deducción
Aspecto general	
Brillante, tonalidades propias de la especie	0
Brillante, aparecen pequeñas manchas oscuras entre las articulaciones	2
Pérdida de brillantes, las manchas aumentan de tamaño	4
Opacos y parduscos	8
Caparazón	
Completo y sin roturas	0
Ligeramente sumido o con rajaduras hasta un 5,0 % de superficie	6
Roturas ostensibles que deformen el producto	10
Color uniforme según la especie	0
Presencia de manchas negras hasta un 15,0 % de la superficie	10
Presencia de manchas negras en más de 15,0 %	16
Estado de las articulaciones	
Manifiestan ligeros movimientos	0
Contraídas y tensas	4
Ligera pérdida de su tensión y contracción	8
Caen libremente, pendulan	10
Se desprenden	16
Olor de las masas musculares	
Marino o inodoro	0
Marino ligero o hierba fermentada	4
Dulzón, a pescado o ligero olor a fruta fermentada	8
Ligero amoniacal o fruta podrida	10
Fuerte amoniacal, fruta podrida, fecaloide, pútrido	16
Color de la carne	
Translúcida	0
Ligeramente opaca	4
Medianamente opaca	8
Opaca	16
Olor de la carne	
Característico	0
Ligeramente alterado	4
Inodoro	10
Desagradable por contaminación o alteración	16

Textura	
Firme y elástica	0
Esponjosa	10
Masuda	16

Fuentes:

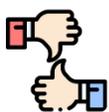
- Cerón-Ortiz, A. N., Ángeles-Monroy, M. Á., Limón-Mendoza M. A. y León-Escamilla, J. A. (2019). Impacto de la proporción de sexos en aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus montezumae*. *Hidrobiológica* 29 (2): 53-62. Consultado el 5 de febrero del 2021. Disponible en <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1224>
- Hernández, P. y Palma, S. (2003). Fecundidad, volumen del huevo y rendimiento reproductivo de cinco especies de porcelánidos intermareales del norte de Chile (Decapoda, Porcellanidae). *Investigaciones marinas*, 31(2), 35-46. Consultado el 8 de febrero del 2021. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-71782003000200004
- NMX-FF-042-2001. Productos de la pesca. crustáceos comestibles frescos refrigerados. especificaciones. (Cancela a la NMX-FF-042- 1982). Normas mexicanas. dirección general de normas. Consultado el 8 de febrero del 2021. Disponible en <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-042-2001.PDF>
- Petriella, A. M. y Boschi, E. E. (1997). Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Investigaciones marinas*, 25, 135-157. Consultado el 10 de febrero del 2021. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-71781997002500010
- Reyes-Avalos, W. E., Gámez-Diestra, S. y Luján-Monja, H. (2008). Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de embriones de *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) incubados in vitro. *Revista AquaTIC*, 28: 1-7. Consultado el 10 de febrero del 2021. Disponible <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=221>



Actividad de aprendizaje

Completa la siguiente tabla con la información revisada anteriormente.

Conceptos fundamentales.	¿Cuál es su propósito o para que sirve?	¿Cuáles son sus ventajas?	¿Cuáles son sus desventajas?	Factores que las impactan de forma positiva o negativa.	Describe brevemente como se hacen	Menciona los tipos en los cuales se clasifican
Incubación natural						No aplica
Incubación natural						No aplica
Fecundidad						No aplica
Fertilidad						No aplica
Técnicas de conteo de larvas y postlarvas.						
Técnicas de evaluación de la calidad de larvas y postlarvas.						



Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Conozco la importancia de la incubación de los huevos.			
Puedo explicar las ventajas, desventajas y los procedimientos de la incubación natural y artificial.			
Identifico la importancia de la producción de larvas o postlarvas para la acuicultura.			
Reconozco las diferencias entre fecundidad y fertilidad, además de los factores morfológicos y fisicoquímico que las afectan.			
Reconozco por qué la edad y el genotipo ayuda a inducir a la maduración y desove.			
Identifico los tipos de métodos de conteo de larvas y postlarvas.			
Puedo hacer una comparación entre los tipos de métodos de conteo de larvas y postlarvas.			
Puedo explicar la importancia de evaluar la calidad de postlarvas y como la obtengo.			



Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes.

- Fecundidad y fertilidad de *Macrobrachium amazonicum*
<http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v18n3/v18n3a05.pdf>
- Salinidad ambiental y crecimiento en teleósteos.
http://www.ipacuicultura.com/noticias/opinion/10986/salinidad_ambiental_y_crecimiento_en_teleosteos.html

Mantenimiento de larvas y postlarvas



Contextualizando

El mantenimiento es uno de los puntos clave para la sobrevivencia de larvas y postlarvas antes de poder sembrarlas en los estanques de engorda. En los anteriores módulos profesionales te comentaron la importancia de las instalaciones, la alimentación, las variables fisicoquímicas, la inocuidad del área de mantenimiento y la medición de la supervivencia para mantener las crías de organismos acuáticos. ¿Cómo será en el caso de crustáceos?, ¿Se manejarán las mismas condiciones?, ¿Cómo sabrás si es el momento óptimo para pasarlas a un estanque de engorda? En las condiciones actuales ¿Piensas que el mantenimiento será una actividad esencial?



¡Vamos a aprender!

El mantenimiento de larvas y postlarvas antes de la siembra es una de las actividades consideradas como un cuello de botellas en el cultivo de crustáceos decápodos. Los organismos en estas etapas de desarrollo están propensas a una mortalidad derivada por un mal manejo de la inocuidad del sistema, malas prácticas de alimentación y errores de respuesta ante cambios fisicoquímicos en los tanques. Por lo cual, es recomendable llevar a cabo un monitoreo de por lo menos dos veces al día para identificar cualquier cambio en los tanques de mantenimiento antes de que impacten negativamente la supervivencia. Algunos de los requerimientos básicos para el cultivo se mencionan a continuación.

Los tanques



Los tanques de mantenimiento de larvas y postlarvas pueden ser de concreto o algún otro material (fibra de vidrio o madera recubiertos con forro de plástico) que no sea tóxico y de preferencia debe cubrirse con pintura epóxica. Los tanques deben estar más bajos que los de almacenamiento de agua para que el flujo sea por gravedad y disminuir los gastos por energía eléctrica. La forma de los tanques puede ser cilíndricos con fondo plano o cónico, rectangulares, cuadrados o tanques de tierra. El tamaño conveniente de tanque es de 1 m de profundidad, 7 m de longitud, 2 m de ancho y 70 cm de nivel de llenado. Lo cual da un volumen de 10 m³ de agua recomendado para una densidad de mantenimiento de unas 100,000 crías. El sistema de desagüe es importante durante la limpieza, se recomienda



un tanque por encima del piso para facilitar la salida del agua. Además de una conexión a la canaleta lo bastante profunda y amplia para poder colocar tamices y recipientes de cosecha. Un desnivel en el tanque y junto con las esquinas redondeadas evitan que las crías se alojen en alguna esquina al momento de la cosecha.

El agua

El mantenimiento de larvas y postlarvas requiere de una fuente de agua dulce, salobre o salada de acuerdo con la especie. El agua debe estar libre de contaminantes tanto químicos como biológicos; por lo cual, se recomienda filtrarla por medios naturales o artificiales y con distintos tipos de filtros. Algunos de ellos son los filtros biológicos que se encargan de depurar algunas sustancias químicas como el amoníaco a través del uso de bacterias aeróbicas en un proceso que se llama nitrificación. El cual consiste en la oxidación biológica de amonio a nitritos por Nitrosomas y la subsiguiente oxidación de nitritos a nitratos por Nitrobacter. Los sólidos en suspensión se eliminan por sedimentación, filtración o ambos usando filtros mecánicos. Por ejemplo, el uso de carbón activado que remueve también sustancias químicas y algunos sedimentos o sólidos suspendidos en el agua. Al igual que los filtros de rayos UV que permite la eliminación de bacterias patógenas o virus que pudieran estar presentes en el agua.



El pH también es un factor que debe cuidarse y mantenerse en un intervalo entre los 7 y 8.5. Hay que recordar que un incremento en el mismo sería un indicativo de un alto contenido de CO_2 , un elemento perjudicial para muchos organismos, incluyendo los decápodos. En cuanto a la temperatura, el intervalo que se maneje en el sistema dependerá de la especie y el intervalo óptimo que se requiere para ella. Algunas especies de ambientes cálidos requerirán temperaturas entre los 26 y 36 °C, mientras que otras de ambientes más prefieren intervalos entre los 20 y 25 °C. Sin embargo, es indispensable mantenerlas en esos intervalos, ya que debemos recordar que una disminución o aumento en los límites inferiores o superiores podrían desencadenar mortalidades si se acercan al límite Lt_{50} que se mencionó en la lección anterior. En cuanto a la cantidad de nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$) y nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$) en todos los sistemas no deberán de rebasar los 0.1 ppm o 1.0 mg/l y 20 ppm respectivamente. Así como el amonio en su forma no ionizada ($\text{NH}_3\text{-N}$) debe estar prácticamente ausente (0.1 mg/l). Lo cual puede evitarse a mantener un óptimo sistema de alimentación y limpieza. A la par de la aplicación de un flujo de agua en el sistema o recambios parciales del agua. La dureza del agua debe ser menor a 100 ppm de CaCO_3 para evitar alguna afectación directa en las branquias de los decápodos.

La aireación

La selección del sistema de aireación dependerá del costo y la recomendación es usar un sistema que no use aceite y no tenga mucha presión. El sistema es indispensable en los tanques y puede ser mediante el flujo de agua a gravedad, aireadores de paleta y aireadores mecánicos. El principio de los sistemas de aireación es proporcionar la molécula de oxígeno mediante el choque de las moléculas de agua o generar burbujas de aire. Una buena cantidad de oxígeno disuelto y la adecuada distribución de los organismos en el momento de dar alimento se logra con un óptimo sistema de aireación que provea diversas salidas de aire. En el mercado hay difusores horizontales (tipo cortina de aire y en tipo platea) y los difusores verticales (inyectores de aire y barreras de aire) que han demostrado una correcta distribución del aire en el sistema y han incrementado las tasas de supervivencia en los tanques de crías con altas densidades. Uno de los sistemas más eficientes en este tipo de casos es la aireación mecánica. En la acuicultura se utilizan ampliamente los aireadores de rueda de paletas y las bombas (turbina), ya que aumenta la superficie del agua expuesta al aire y facilita la velocidad de transferencia de oxígeno.



La Luz o fotoperiodo

El fotoperíodo es el tiempo o duración de la luz que se provee de manera natural o artificial en los tanques de mantenimiento de las crías. La manipulación de este periodo impacta la biología del crecimiento y metamorfosis de las larvas hacia el siguiente estadio de desarrollo. Lo cual se logra mediante la manipulación de la cantidad y tiempo de iluminación artificial en espacios cerrados o de exposición al sol en espacios abiertos. Algunos estudios han demostrado que si los tanques se mantienen a luz u oscuridad continua se presentan mayor mortalidad de las crías. El fotoperíodo óptimo es cercano a 14 horas luz por día, sin exposición directa a la luz y menos si es agua clara. Para los sistemas que se encuentran en el exterior es recomendable cubrir un 90 por ciento. Algunos estudios han referido una mayor sobrevivencia en tanques pintados con colores oscuros que claros debido a que las larvas pueden ver el alimento más claramente al contrastar sobre el fondo.



Alimentación

La cantidad de alimento expresada como porcentaje del peso total del cuerpo por día (tasa de alimentación) y la ración (frecuencia) deben ser consideradas para eficientizar el

mantenimiento y supervivencia de las larvas y postlarvas. Lo anterior debido a que la calidad del alimento será aprovechada solo si este es consumido en su totalidad. No importa si se proporciona fitoplancton, zooplancton o alimento balanceado, es necesario que este se consuma pronto y no permanezca mucho tiempo en el agua para evitar impactos en la calidad de la misma. El tipo y tamaño del alimento depende en primera instancia del estadio larvario y sus requerimientos nutrimentales. En el estadio larvario se recomienda alimentarlas con microencapsulados o microalgas en la fase de crecimiento logarítmica debido a su contenido de proteínas y ácidos grasos. El proporcionar una tasa de alimentación diaria de microalgas es relevante para el crecimiento y mantenimiento de



las larvas, pero hay que cuidar que la cantidad proporcionada no sea en exceso por el impacto negativo que tendría en el pH del agua. Hay que recordar la relación entre pH elevados y el incremento en la cantidad de amonio no ionizada que precipita los carbonatos. Una densidad algal recomendada es de 50,000-1'000,000 cél/ml en tanques de una a dos toneladas de agua. Hay que realizar conteos diarios para conocer la concentración en el

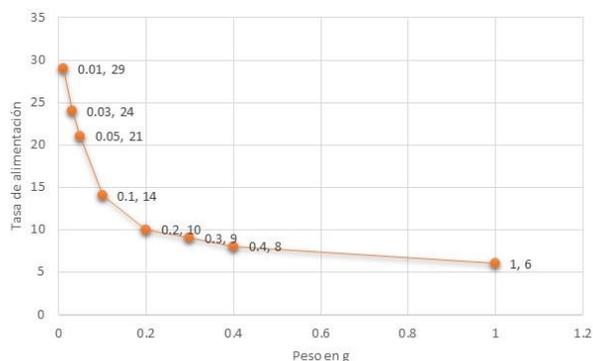
tanque y determinar la necesidad de adicionar el volumen necesario para alcanzar la concentración diaria.

El desarrollo de la larva en sus distintos subestadios hasta llegar a la postlarva permite el agregar otro tipo de alimento que cubra sus requerimientos nutricionales en ese estadio. Al cambiar la alimentación por zooplancton como los nauplios de artemia o rotíferos, hay

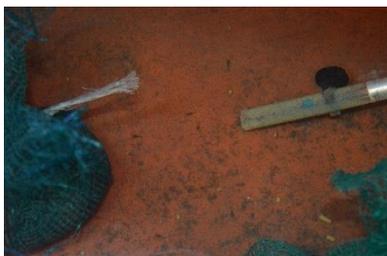


que cuidar que no se exceda de la tasa de alimentación recomendada para la especie debido al impacto que tendrían en la calidad de agua debido a las excreciones de amoniaco. Algo similar sucede cuando el alimento balanceado se proporciona en una mayor tasa de la que consumen. La eliminación de alimento remanente debe hacerse antes de dar el primer alimento del día y con base

a esta cantidad modificar la tasa de alimentación y la ración. Ya que el alimento remanente se va al fondo de los tanques y su descomposición natural impactan en variables como el amonio, el pH y el oxígeno. También se debe considerar que el tamaño, la hidroestabilidad y forma física del alimento sea correcta para incrementar su consumo y disminuir el desperdicio. Imagínate dar a las postlarvas un alimento que flote, si ellas se encuentran normalmente en el fondo del tanque, pocas lo consumirán y es seguro que mucho alimento se descomponga. Las tasas recomendadas se observan en la figura de la derecha, donde se aprecia un incremento en el peso de la cría y una disminución de la cantidad de alimento que se proporciona.



Calidad del medio de cultivo



La calidad del medio de cultivo en un tanque es primordial para evitar altas mortalidades en las crías. Para ello, es importante usar un equipo de mantenimiento para cada uno de los tanques, debido a que si se usa en todos ellos hará riesgo de contaminación. Aunque pueden desinfectarse antes de volver a usarse, es siempre un riesgo que se puede correr durante el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos. Las instalaciones deben descontaminarse entre cultivos para eliminar alguna bacteria nociva y organismos ectocomensales o parásitos dañinos para las crías, y aunque la desinfección no erradica estos organismos, si los controla. Antes de iniciar de nuevo la actividad es recomendable cepillar los tanques y tratarlos con cloro, enjuagarlo al día siguiente y dejarlo secar un día, antes de llenarlo volverlo a enjuagar. También se pueden rociar con una solución de formalina después de cepillarlos, dejarlo un día, enjuagar antes de usar. La limpieza general del tanque incluye limpiar las paredes con una esponja o sifón con esponja, cuidando de no revolver mucho el agua. Hay que cerrar el aire y dejar que las partículas en suspensión se sedimenten, después sifonear el fondo. El registro de parámetros en una bitácora por lo menos dos veces al día provee información suficiente para hacer los recambios pertinentes si se sospecha una baja calidad de la misma, mucha turbidez, mal olor, larvas aletargadas o algún otro síntoma anormal.

La densidad



Las crías se pueden empacar y vender de acuerdo con la demanda y el tiempo óptimo de siembra. En algunos casos las crías se mantienen en los tanques de crianza por 1 o 2 meses para que los organismos alcancen de 2 a 3 cm antes de introducirlos a los estanques de engorda. En los tanques con larvas se puede mantener una densidad mayor debido a su tamaño, pero cuando estas se convierten en postlarvas, será necesario iniciar los desdobles para evitar el canibalismo. Por lo cual, en la etapa de postlarva se recomiendan densidades de 5000 Pl/m² por 1 semana, de 1000 a 2000 por 1 mes y alrededor de 500 por m² por 2 meses.



Hembra de langosta azul y postlarvas recién liberadas en el Cetac 02

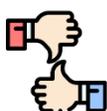
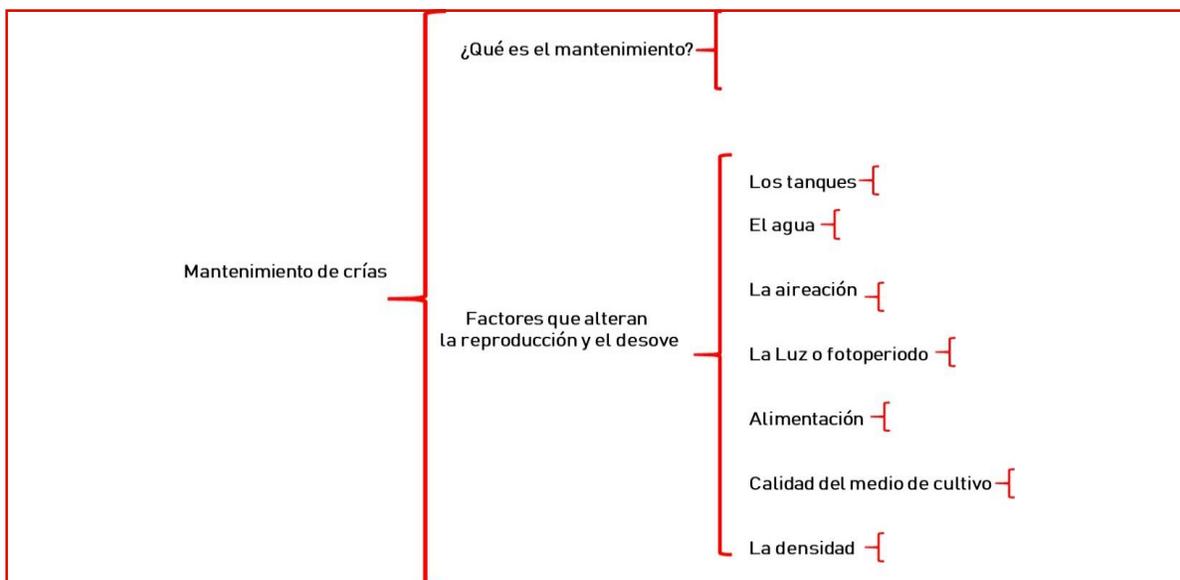
Fuentes:

- Araos-Dzul, J., López-Téllez, N., Sarabia-Gómez, D. y Ramírez-Ligonio, H. (2000). Alimentación de larvas de camarón rosado del Golfo de México *Farfantepenaeus duorarum* con dos tipos de microencapsulados. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 14: 33-38. Consultado el 13 de febrero del 2021. Disponible <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP14/CP14-06.pdf>
- Cerón-Ortiz, A. N., Moctezuma-Reséndiz, O., Ángeles-Monroy, M. A., Montufar-Serrano, E. y León-Escamilla, J. A. (2015). Efecto interactivo del alimento y la calidad de agua en el crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de acocil de río *Cambarellus montezumae*. Revista mexicana de biodiversidad, 86(1), 131-142. Consultado el 13 de febrero del 2021. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532015000100131
- Fox, J., Granvil D. T. y Sánchez, D. (s.f.). Nutrición y manejo del alimento, 65-90. Consultado el 14 de febrero del 2021. Disponible en <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/4%20Nutrici%C3%B3n.pdf>
- Tacón, A. J. G. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. Consultado el 13 de febrero del 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/AB492S/AB492S00.htm#TOC>



Actividad de aprendizaje

Elabora un cuadro sinóptico denominado “Mantenimiento de crías”, donde integres la siguiente información relacionada con este tema. Utiliza los datos que refiere la lección para dar respuesta a las preguntas que se sugieren en cada uno de los conceptos y complementar el ejemplo:



Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Conozco la importancia de mantener en óptimas condiciones el sistema donde se mantienen larvas o postlarvas.			
Puedo identificar la diferencias e igualdades en la alimentación que se debe dar en el sistema donde se tienen larvas y postlarvas.			
Reconozco el impacto negativo que pueden tener las condiciones fisicoquímicas en los tanques de mantenimiento de larvas o postlarvas.			
Puedo hacer una comparación entre las actividades de mantenimiento en tanques de larvas o postlarvas de crustáceos y la de otros organismos acuáticos que he visto previamente.			



Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes.

- Efecto de la dieta y el sistema de cultivo en la supervivencia y desarrollo larval del camarón bandedado *Stenopus hispidus*.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532017000100163
- Observa la fotografía de larva de langosta. <https://www.alamy.es/foto-microfotografia-de-larvas-de-langosta-iluminacion-de-campo-oscuro-26840129.html>
- Observa la fotografía de larva de langosta. <https://www.vistaalmar.es/recursos/fotografia-video/2380-nacimiento-bebes-langosta.html>
- Observa la fotografía de larva de centolla. <https://www.aquahoy.com/noticias/crustaceos/30813-por-primera-vez-las-larvas-de-centolla-llegaron-a-la-etapa-de-cangrejo-1-en-el-inidep>
- Observa la fotografía de larva de cangrejo. <https://www.alamy.es/shore-larvas-de-cangrejo-carcinus-maenas-macro-y-microscopico-de-costa-roca-piscina-image157404849.html>

Aclimata y siembra crías



Contextualizando

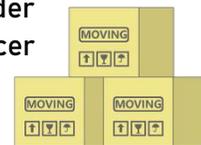
¿Alguna vez has visitado un estado o zona de la República Mexicana con una temperatura por encima o inferior a la que se registra en tu Municipio?, ¿Recuerdas cómo te sentías las primeras horas después de llegar a esa zona? Los procesos metabólicos en tu cuerpo te avisaron que estaban funcionando al mil por segundo para poder volver a equilibrar tu sistema y retornar a la homeostasis. En biología aprendiste que la homeostasis es una autorregulación de los sistemas biológicos a mantener un equilibrio, lo cual permite un correcto funcionamiento de todos tus sistemas. Por ejemplo, mantener a 36 °C tu temperatura corporal independientemente de la que exista en el medio externo. Una forma de compensarlo es un incremento en la sudoración del cuerpo cuando estas en un ambiente muy cálido y los escalofríos en el momento que entras a un ambiente frío. Incluso algunas personas pudieron decirte que estabas aclimatándote al nuevo medio. Algo similar se registra en los organismos acuáticos, ellos también deben de regular algunos aspectos metabólicos para aclimatarse al medio en el cual se desarrollarán, sobre todo si hay algunas diferencias en salinidad o temperatura. ¿Te imaginas como lo pueden hacer?, ¿Por qué es necesario hacerlos pasar este tipo de cambios?, ¿Es necesario o importante?



¡Vamos a aprender!

La aclimatación es un proceso por el cual un organismo se adapta fisiológicamente a los cambios en su medio ambiente. El periodo de duración del proceso es corto y de acuerdo a la capacidad de respuesta del organismo. El proceso puede presentarse en las diferentes etapas del cultivo del organismo; por ello, es importante saber cómo realizarla cuando están en el estadio larval o postlarval. Los mecanismos que los organismos utilizan para la aclimatación aún no quedan muy claros, sobre todo porque en ciertos casos se aclimatan a varios factores a la vez.

Una vez que las crías tienen el tamaño adecuado para la siembra, es momento de transportarlas a una nueva área lejos del laboratorio donde se mantenían. Durante su traslado se tienen que manipular algunas variables para reducir el metabolismo de las crías y puedan llegar integras al nuevo lugar. El cual, seguramente también tiene condiciones fisicoquímicas diferentes. Pero en este tema nos vamos a enfocar al proceso de aclimatación que se debe de aplicar a las crías para poder transportarlas y en el siguiente submódulo conocerás lo que debes hacer para aclimatarlas ya en el sistema de engorda. Uno de los principales problemas durante la aclimatación y el transporte son las altas mortalidades que pueden presentarse. Uno de los factores más perjudiciales es la concentración de sales o la temperatura; por ello, se debe de tener en



cuenta los límites que puede soportar la especie a transportar y un tiempo adecuado para que se aclimaten a estas condiciones.

Aclimatación

La aclimatación a diferentes salinidades es un procedimiento que se ha realizado principalmente en especies de agua salada; en las cuales, se ha buscado incrementar su capacidad de vivir en aguas más salobres al exponerlas a una disminución de la salinidad que normalmente tienen en su medio. A lo largo del proceso se recomienda disminuir su tasa de alimentación y la ración del mismo, ya que el organismo se encontrará principalmente tratando de responder fisiológicamente a la disminución de la concentración de sales en el agua. Los cambios de concentración del soluto deben ser graduales para que permita una exitosa aclimatación, preferentemente se debe esperar por lo menos una hora antes de bajar aún más la salinidad.

Algunos autores recomiendan bajar o subir la concentración de salinidad mediante el reemplazo parcial con agua dulce o salada a una relación promedio de 1.5 unidades prácticas de salinidad por hora. La salinidad debe medirse constantemente para llevar un control en la disminución del soluto y evitar mortalidades. Los crustáceos decápodos usan sus glándulas antenales y el tracto digestivo para mantener el balance iónico y osmótico que se lleva a cabo en los procesos de aclimatación a bajas salinidades. Aunque, la capacidad osmoregulatoria de los crustáceos está más relacionada al desarrollo de los filamentos branquiales, y estos a su vez con la etapa de desarrollo de la cría. En el proceso, las crías deben alimentarse en raciones de cada tres horas de acuerdo con lo recomendado por el fabricante del alimento. La temperatura también debe ser vigilada para evitar que tenga un impacto más en la supervivencia de las crías. A lo largo del proceso se puede aplicar alguno de los tipos de conteo que se mencionaron en lecciones anteriores para identificar anomalías en las crías del tanque de aclimatación o el porcentaje de mortalidad.

La aclimatación tendrá mayor éxito cuando los organismos son tolerantes a amplios intervalos de salinidad. Por ejemplo, el camarón de río *Cryphiops caementarius* transita entre aguas dulces y salobres debido a la migración requerida en su proceso reproductivo. Las hembras y machos migran hacia zonas de agua menos salada debido a que necesitan estas condiciones para su apareamiento e incubación de los huevos hasta que liberan larvas, quienes requieren de agua salobre para continuar con su desarrollo. Por lo cual, si es necesario una aclimatación a salinidades bajas, no se tendrían problemas altos con la supervivencia. Un proceso que también toma parte cuando hablamos de una aclimatación de las crías a un nuevo ambiente, dando oportunidad a que puedan ser cultivadas en zonas no comunes para ellos.



La aclimatación térmica debe llevarse a cabo mediante una variación controlada de la temperatura e ir revisando el comportamiento de los organismos para modificar de ser necesario este cambio. Algunos estudios recomiendan cambios graduales y con un intervalo de por lo menos una hora de diferencia hasta alcanzar la temperatura requerida. Lo anterior incrementa el porcentaje de supervivencia y el éxito del proceso. Durante la aclimatación es importante tratar de alcanzar el intervalo de temperaturas que tendrá el agua en los nuevos estanques donde se colocarán la crías para evitar tener que aplicar una aclimatación rápida al momento de la siembra. La alimentación deberá de reducirse durante el periodo de aclimatación para evitar una mayor producción de amonio en el tanque.

Transporte de crías

Una vez que los organismos han sido aclimatados a las condiciones necesarias para su transporte y a las condiciones fisicoquímicas de su nueva área, es el momento de realizar los preparativos de traslado. Los tanques de transporte deben estar aislados térmicamente y bien aireados como los que se usan para transportar peces. La cría debe ser embolsada con oxígeno y disminuir la temperatura del agua. La densidad es importante y no se debe exceder de 15 crías por litro, sobre todo si el transporte durará varias horas. Es importante que en los tanques no exista un movimiento excesivo del agua para evitar el estrés de las crías. Las bolsas deben tener las esquinas redondeadas (utilizando ligas) para evitar que se acumulen en estos espacios los organismos. Hay que inyectarles oxígeno puro para trayectos de más de 10 horas, pues el bombeo continuo de oxígeno no será recomendable. Al utilizar transportes aéreos, no hay que inflar completamente las bolsas, ya que pueden reventarse por el cambio de presión. Las bolsas se pueden poner dentro de otras similares y meter dentro de cajas de poliestireno, frigolit o hielo seco. Asimismo, no hay que olvidar que mientras más grandes sean las crías, resistirán mejor el traslado.



Fuentes:

- Balbi, F-, Rosas, J., Velásquez, A., Cabrera, T. y Maneiro, C. (2005). Aclimatación de postlarvas de diferentes edades y criaderos del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) a baja salinidad. Revista de biología marina y oceanografía, 40(2), 109-115. Consultado el 15 de febrero del 2021. Disponible https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572005000200003
- Escobar, G. C., Pachamoro, L. M. y Reyes A.W. (2017). Supervivencia y crecimiento de machos adultos del camarón de río *Cryphiops caementarius* Molina, 1782 (Crustacea, Palaemonidae) expuestos a salinidades. Ecol. apl. 16(2): 75-85. Consultado el 15 de febrero del 2021. Disponible

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162017000200001

- Reyes-Avalos, W., Melgarejo-Velásquez, G., Yzásiga-Barrera, C. y Ferrer-Chujutalli, K. (2020). Trabajos originales Preferencia termal de machos adultos de *Cryphiops caementarius*. Rev. Perú Biol, 27(3). Consultado el 15 de febrero del 2021. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332020000300375



Actividad de aprendizaje

Elabora un cuadro denominado “Aclimatación y transporte”, donde integres información sobre los temas de la lección. Hay que basarse en la tabla el ejemplo:

Conceptos fundamentales.	Aclimatación	Transporte
¿Cuál es su propósito o para que sirve?		
¿Cuáles son los elementos a considerar en su aplicación?		
¿Cuáles son sus desventajas?		
¿Cómo impacta la especie a las condiciones de aclimatación y transporte?		
Describe brevemente como se hacen.		



Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Conozco la importancia de la aclimatación de crías.			
Puedo identificar los elementos necesarios para el transporte de crías.			
Reconozco el impacto de las características biológicas de cada especie en el proceso de aclimatación.			
Puedo hacer una comparación entre la aclimatación y transporte de crías de crustáceos y la de otros organismos acuáticos que he visto previamente.			



Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes.

- Observar la fotografía sobre el proceso de aclimatación en peces e imagina como se puede adecuar para crustáceos.

http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s14.htm

- Observa la fotografía de los diferentes tipos de tanques de transporte. http://www.innovaqua.com/productos/transporte_vivo.html
- Observa la fotografía de diferentes sistemas de aclimatación de crustáceos. http://www.innovaqua.com/depuracion_skim_verticales.html
- Consulta la información de la siguiente página <https://www.molinoschampion.com/la-aclimatacion-en-postlarvas-de-camaron/>