

**Proyecto: Efecto de los contaminantes emergentes en los ecosistemas marinos de la Isla de Chira y Paquera: Bio-monitoreo mediante maricultura, para la mejora de la conservación de la biodiversidad, la salud y la actividad productiva de la zona (ECOMAR)**

**INFORME: Caracterización biológica y bioquímica del mejillón (*Mytella guyanensis*) y la ostra (*Magallana gigas*) y cultivados en el Golfo de Nicoya**



2023





## INFORME: Caracterización biológica y bioquímica de la ostra (*Magallana gigas*) y el mejillón (*Mytella guyanensis*) cultivados en el Golfo de Nicoya



### Resumen

El presente documento muestra la caracterización biológica y bioquímica de *Mytella guyanensis* y *Magallana gigas*, ambas especies son utilizadas en el fomento de la acuicultura marina a pequeña escala, en el Golfo de Nicoya. El contenido muestra al lector elementos básicos de la anatomía, biología reproductiva, rangos de tolerancia que presentan estas especies a las variables fisicoquímicas registradas en los ecosistemas donde se encuentran, esta condición hace de la ostra rizada y los mejillones organismos de interés para el cultivo, la restauración de ecosistemas y el abastecimiento de alimento humano entre otros servicios ecosistémicos, se incluye la caracterización bioquímica de ambas especies cultivadas en el Área Marina de Pesca Responsable Montero- Palito, Isla Chira, el crecimiento y la sobrevivencia de *M. gigas* registrado durante el periodo de estudio del proyecto ECOMAR.

### Elaborado por:

Mag. Fiorella González-Solórzano<sup>1</sup>, Mag. Marlon Salazar-Chacón<sup>1</sup>, Bach. Ronald Sánchez-Brenes<sup>1</sup>, Lic. Sidey Arias-Valverde<sup>2</sup>, Lic. Gerardo Zúñiga-Calero<sup>2</sup>, MSc. Eric Romero-Blanco<sup>3</sup>, Dra. Aura Ledezma-Espinoza<sup>3</sup>, PhD. Floria Roa-Gutiérrez<sup>3</sup>, Dra. Ingrid Gómez-Duarte<sup>4</sup>, PhD. Ítalo Braga de Castro<sup>5</sup>, PhD. Frédérique Courant<sup>6</sup>, PhD. Geoffroy Duporte<sup>6</sup>, PhD. Elena Gómez<sup>6</sup>, PhD. Nancy Ariza-Castro<sup>1</sup>

### Colaboradores del proyecto:

Lic. María Paula Obando-Viquez<sup>1</sup>, Bach. Andrés Molina-Coto<sup>1</sup>, MSc. Scarlet Ortiz-Araya<sup>1</sup>, MSc. Rebeca Quesada-Céspedes<sup>2</sup>, Lic. Oscar Pacheco-Prieto<sup>2</sup>, MBA. Marisela Bonilla-Freer<sup>3</sup>, Bach. Alejandra Mata-Mata<sup>3</sup>, Bach. Jocelyn López-Martínez<sup>3</sup>, Bach. Javier Montero-Jiménez<sup>3</sup>

Estudiantes del Instituto Tecnológico de Costa Rica, de las carreras de Ingeniería Ambiental: Joshua Plummer-Peña, Nathaly Jiménez-Marín y Adriana Rojas-Chacón, así como de la carrera Ingeniería en Biotecnología: Yenderson Romero-Villalobos y Mélanie Corrales-Garro.

Dirección General y sus dependencias del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA)

Dirección de Farmacia del Hospital de la Anexión, del Hospital Monseñor Sanabria y del Hospital Dr. Enrique Baltodano Briceño de Liberia.

Asociaciones productoras de los organismos (ostras y mejillones) del Golfo de Nicoya.

Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC)

Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA)

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

<sup>2</sup>Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

<sup>3</sup>Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica

<sup>4</sup>Centro de Investigación en Cuidados de Enfermería y Salud (CICES). Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

<sup>5</sup>Laboratorio de Microcontaminantes Orgánicos y Ecotoxicología Acuática, Universidad Federal de Sao Paulo, Brasil.

<sup>6</sup>HydroSciences, IRD, CNRS, Universidad de Montpellier, Francia

"El apoyo de la Comisión Europea para la elaboración de esta publicación no implica la aceptación de sus contenidos, que es responsabilidad exclusiva de los autores. Por tanto, la Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida. Frase del UE: descargo y el apoyo"

"The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein."

## I. Mejillones

### A. Morfología.

Los mejillones son organismos de simetría bilateral con un cuerpo comprimido lateralmente. Tienen la característica morfológica distintiva de presentar dos valvas o conchas, las cuales cumplen funciones como protección contra depredadores, soporte, fijación y resguardo de los órganos internos. El manto presenta dos lóbulos de tejido que encierran completamente al animal dentro del caparazón, el cual, contiene la mayor parte de la gónada. El manto se compone de tejido conectivo con vasos, nervios y músculos de hemolinfa ("sangre") bien desarrollados, su borde suele tener una pigmentación oscura y está dividido en tres pliegues: el exterior con funciones secretoras, el pliegue medio con una función sensorial y el pliegue interno que controla el flujo de agua en la cavidad del manto (Ureña, 2020; Gosling, 2022) (Figura 1).

El manto está unido al caparazón por fibras musculares paleales en el pliegue interno. El pliegue medio presenta tentáculos cortos que contienen células táctiles y quimiorreceptoras, que juegan un papel importante en la detección y evasión de depredadores. También albergan a los ocelos, que son sensibles a los cambios repentinos en la intensidad de la luz. Estos "ojos" son simples invaginaciones revestidas con células pigmentarias y llenas de una sustancia mucoide o "lente". El pliegue interno del manto, o velo, el más grande de los tres pliegues, tiene pequeños tentáculos sensoriales o papilas que generalmente lo bordean. (Gosling, 2022).

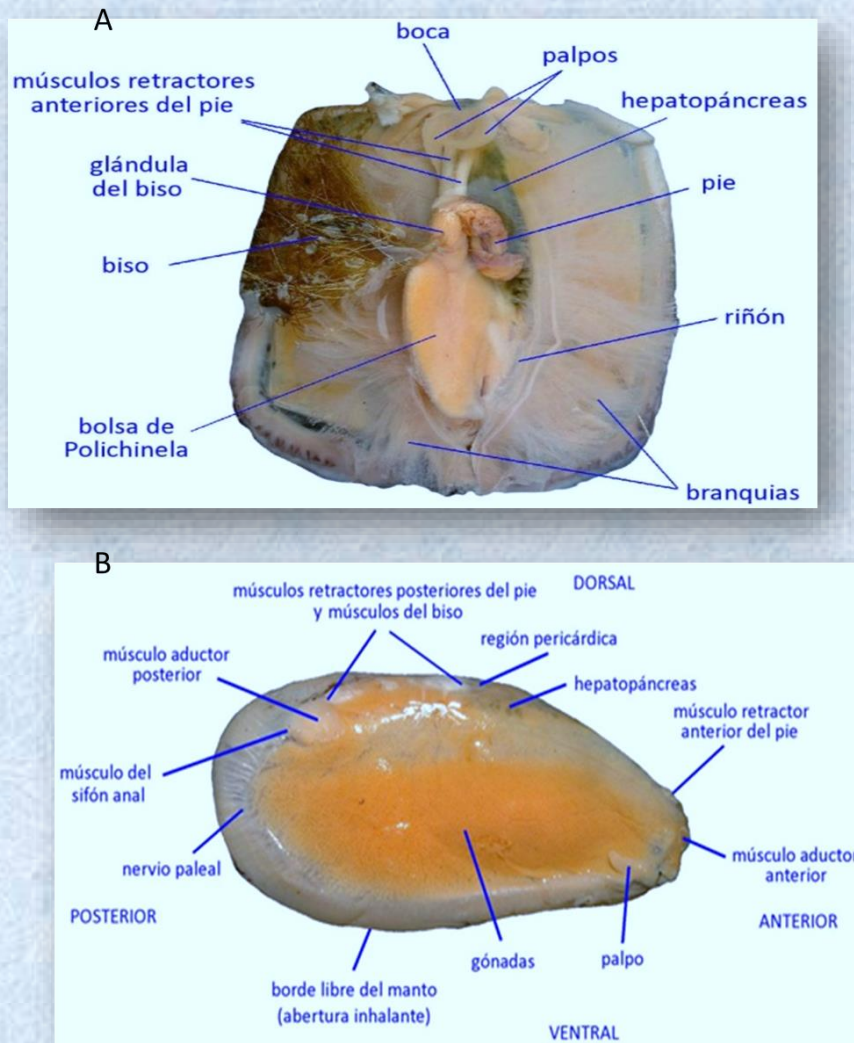


Figura 1. Características internas de la anatomía del mejillón. A) vista ventral de la cavidad paleal. B) Vista lateral derecha del manto. Fuente: Moreno et al., (2011).

Según Gosling (2022) el color de la concha en los mejillones varía según la edad y la ubicación del animal. Por ejemplo, *Mytilus edulis* presenta un caparazón pesado de color negro azulado en la zona intermareal, mientras que en la región sublitoral, donde están continuamente sumergidos, su caparazón es delgado y marrón con marcas radiales de color marrón oscuro a púrpura. En el caso de la concha explica que las características

internas de la misma se utilizan para diferenciar a esta especie con varias especies de mitílidos (figura 2).

Respecto a la estructura, Gosling (2022) explica que el componente principal de la concha es el carbonato de calcio, formado por la deposición de cristales en una matriz orgánica compuesta de polisacárido  $\beta$ -quitina, una proteína de seda hidrófoba y un conjunto complejo de proteínas hidrófilas, muchas ricas en ácido aspártico, siendo el componente mineral más del 95% del peso de la concha, mientras que la matriz orgánica representa del 1 al 5% del total. Además, Gosling (2022) describe tres capas que componen el caparazón: (a) un delgado periostraco externo de conquiolina, dentro de la cual se deposita el carbonato de calcio; (b) una capa prismática media compuesta de fibras de aragonito o calcita; y (c) una capa interna de nácar compuesta de tabletas de aragonito dispuestas en capas separadas por láminas de biopolímeros compuestos de quitina y proteínas similares a la seda. En dependencia de la especie, el nácar puede ser de textura opaca o iridiscente, así mismo, en los adultos, el periostraco a menudo se reduce mucho debido a la abrasión mecánica, la incrustación de organismos, parásitos o enfermedades (Gosling 2022).

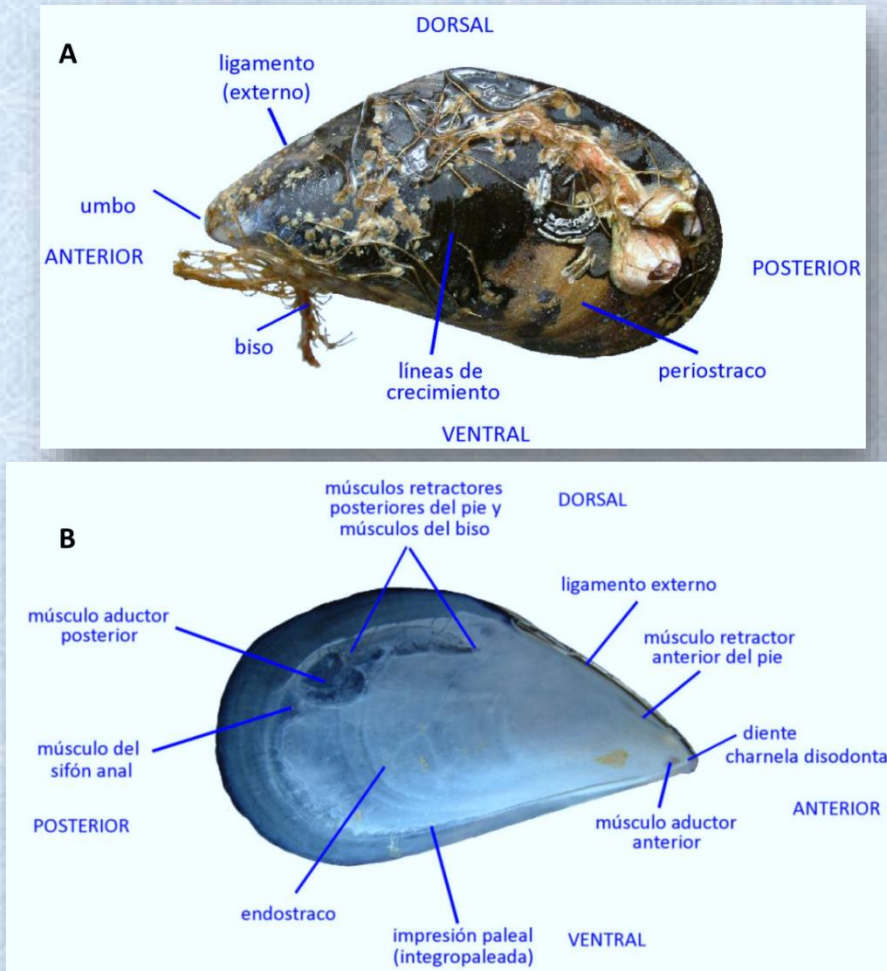


Figura 2. Concha del mejillón. A) características externas. B) Características internas. Fuente: Moreno et al. (2011).

**B. Hábitat.**

Los mejillones son bivalvos epifaunales sésiles que se adhieren a las superficies duras y se les encuentra únicamente en el medio marino y, por lo general, en la zona intermareal y zonas sumergidas cercanas a la costa (Ureña, 2020; Gosling, 2022).

### C. Comportamiento

Gosling (2022) describe a los mejillones como bivalvos epifaunales sésiles que se adhieren a superficies duras por medio de la punta distal de la pata, con la que frotan la superficie, para eliminar toda partícula de suciedad débilmente adherida. Seguidamente, colocan el pie firmemente sobre la superficie, formando un sello hermético, donde secretan y/o liberan las proteínas adhesivas, luego de 3 a 10 minutos se forma un hilo que los conecta a la superficie. Usando el mismo proceso agregan hilos adicionales al biso, atándose así al sustrato. Dicha adhesión es un proceso físico-químico superficial que se logra por medio de una combinación de adsorción, enclavamiento mecánico y difusión molecular a través de una interfaz.

Los mejillones tienen una notable capacidad de adaptación a diversos rangos de parámetros ambientales. Delgado (2022) indica que debido a su alto nivel de tolerancia pueden superar los límites biogeográficos y mantener poblaciones viables en ambientes desconocidos, lo que refleja su gran capacidad de recuperación evolutiva. Por eso se consideran una especie invasora, que provoca una serie de impactos que varían en importancia dependiendo de la estabilidad de su presencia en un entorno natural determinado.

Entre los impactos más relevantes se encuentran los ecológicos, ya que pueden causar desequilibrios biológicos en el ecosistema e incluso modificar la estructura genética de especies autóctonas (Cai et al, 2014). También pueden generar Impactos económicos, especialmente en obras y proyectos como la energía hidroeléctrica, donde pueden fundar pastos invasivos (biofouling) que impiden la generación de energía (Delgado, 2022). Además, logran afectar la salud, ya que estos moluscos pueden actuar como vectores de propagación de patógenos, como el caso de *Mytilicola (Orientalis e intestinalis)* en *Crassostrea magallana* (anteriormente *giggas*) (Goedknecht et al, 2017).

#### D. Ciclo de vida de los mejillones:

Al alcanzar la madurez sexual los mejillones liberan sus huevos y espermatozoides al medio acuático para su fecundación. Posteriormente, se forma el cigoto que se desarrolla en una larva llamada Trocóforo, la cual se transforma en la larva Velíger y finalmente alcanza la etapa juvenil (figura 3). Para el caso de los mejillones utilizados durante el estudio asociado al proyecto ECOMAR, los mismos fueron capturados mediante una línea en flotación del cultivo de ostras cercano que ha estado sumergida en la corriente del golfo por al menos dos meses, esta línea o cuerda es sacada para un proceso de limpieza y todos los mejillones de unos 5 mm son rescatados para pasarlos a canastas de crecimiento a razón de unos 2 kilogramos por canasta. El proceso anterior fue realizado entre noviembre y diciembre del 2021 para tener mejillones listos para análisis en 2022 y 2023.

Para el caso de *M. guyanensis*, estos llegan a su etapa juvenil en longitudes cercanas a los 15 mm, mientras que la madurez sexual la logran obtener a una longitud entre 30 y 35 mm (Hernández y Méndez, 2022).

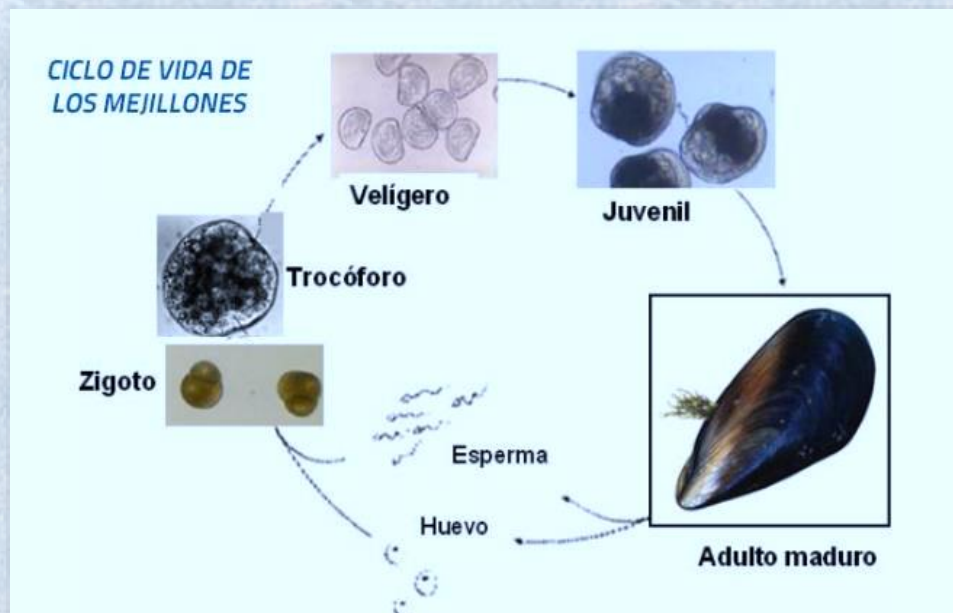


Figura 3. Ciclo de vida del mejillón en su fase planctónica y fase bentónica. Fuente: Hernández y Méndez (2022).



## E. Biología reproductiva

El mejillón es una especie dioica que presenta comúnmente un número igual de individuos machos y hembras (Gosling, 2022), tal como sucede en *M. guyanensis* (Ureña, 2020). En general, Gosling (2022) describe la anatomía del mejillón de la siguiente manera: “La gónada se ubica mayoritariamente a lo largo del manto, y está compuesta por un sistema convergente de conductos que desembocan en un gonoporo ubicado en la punta de la papila genital, en la zona exhalante de la cavidad del manto. Los gametos se producen dentro del manto y se transportan a través de canales ciliados hacia los gonoductos pares, que liberan los gametos a través de la apertura exhalante del manto, donde se produce la fertilización en la columna de agua”. Indica, además que el color del manto varía entre blanco cremoso, rosa, marrón o naranja, dependiendo de la etapa de la gametogénesis. Es posible distinguir macroscópicamente el género a través de ese color. Debido a que las hembras tienen, según Ureña (2020), gónadas de color amarillo y los machos gónadas de color marrón. Aunque para Gosling (2022) no es un indicador fiable del sexo de cada individuo. De igual forma, la intensidad de estos colores suele variar según la cantidad de óvulos o espermatozoides que posean como destaca Ureña (2020), y una vez que los mejillones han liberado sus gametos, el manto se vuelve delgado y transparente (Gosling, 2022).

La disminución en la salinidad y el aumento en la disponibilidad de alimento son factores ambientales que desencadenan el desove en especies de mejillones como *Mytella guyanensis* (Hernández y Méndez, 2022).

Cuadro 1. Etapas de la biología reproductiva del mejillón en tamaño y tiempo. Modificado de Hernández y Méndez (2022).

| Nombre           | Tamaño ( $\mu\text{m}$ , cm) | Tiempo (hrs, días) | Fase       |
|------------------|------------------------------|--------------------|------------|
| Gametos          | 80-100 $\mu\text{m}$         | 1 h                | Plantónico |
| Larva trocófora  | 70-120 $\mu\text{m}$         | 2 días             | Plantónico |
| Larva veliger    | 120-160 $\mu\text{m}$        | 14 días            | Plantónico |
| Juvenil inmaduro | 120-300 $\mu\text{m}$        | 10-35 días         | Plantónico |
| Juvenil          | 1,5-3 cm                     | 60-90 días         | Bentónico  |
| Mejillón adulto  | 3-7 cm                       | > 90               | Bentónico  |

Como se aprecia en el cuadro anterior para el caso de los mejillones utilizados para el proyecto ECOMAR, fueron colectados en estado de larva veliger, pues se encontraban en medio de flotación, luego pasados a canastas por un periodo de 4 meses aproximadamente antes de ser utilizados en análisis de laboratorio. Las canastas iniciales se limpiaban cada 20 días para permitir crecimiento uniforme y se revisaban para colocar menos individuos en cada una a razón de 1, 5 kilogramos por contenedor.

#### **F. Alimentación.**

Aunque algunos bivalvos se alimentan por depósito, la mayoría utiliza superficies branquiales para filtrar las partículas de alimento del agua circundante (Gosling, 2022). En los mejillones se realiza por medio de la filtración, estos en su medio natural para el caso de Isla Chira los podemos encontrar en bancos de arena donde reciben influencia intermareal pasando al menos 6 horas por ciclo sin influencia del medio acuático lo que limita su crecimiento y este es más lento en medio natural que el descrito antes que incorpora el estar directamente en la columna de agua las 24 horas del día.

#### **G. Lista de especies descritas en el Pacífico costarricense.**

En el siguiente cuadro podemos ver las especies 8 especies reportadas de mejillones para el pacífico de Costa Rica.

Cuadro 2. Especies de mejillones reportados para el pacífico costarricense. Fuente: Hernández y Méndez (2022).

| <b>Familia</b> | <b>Nombre científico</b>   | <b>Nombre común</b> |
|----------------|----------------------------|---------------------|
| Mytilidae      | <i>Modiolus americanus</i> | Mejillón            |
| Mytilidae      | <i>Modiolus capax</i>      | Chora de roca       |
| Mytilidae      | <i>Mytella charruana</i>   | Mejillón            |
| Mytilidae      | <i>Modiolus eiseni</i>     | Mejillón            |
| Mytilidae      | <i>Mytella guyanensis</i>  | Chora de fango      |
| Mytilidae      | <i>Mytella speciosa</i>    | Mejillón            |
| Solecurtidae   | <i>Tagelus affinis</i>     | Mejillón            |
| Solecurtidae   | <i>Tagelus peruvianus</i>  | Mejillón            |

#### **H. Importancia ambiental.**

Según lo describe Gosling (2022), las conchas de los mejillones y otros bivalvos se están utilizando cada vez más como potenciales bioarchivos indicadores de cambios fisicoquímicos en los hábitats marinos. Por medio del uso de isótopos ( $^{80}\text{Sr}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) o las relaciones Mg/Ca y Sr/C en las conchas, se puede reconstruir cambios de temperatura, salinidad superficial del agua y los aportes de agua dulce. Además, afirma que las conchas funcionan como huellas dactilares elementales que reflejan la química del agua en que se formaron y sirven para evaluar la contaminación ambiental, radionucleótidos como uranio, y metales como Cu, Cd, Cr, Pb, U, V y Zn, altamente concentrados en caparazones contaminados.

#### **I. Importancia socioeconómica.**

Los mejillones son de gran interés comercial y gastronómico, a pequeña, mediana y gran escala (Ureña, 2020). Según Gosling (2022), hasta el momento, se han identificado y caracterizado más de una docena de proteínas adhesivas de mejillones. Mediante tecnología de ADN recombinante se obtienen grandes cantidades para pruebas de adhesión convencionales y aplicaciones prácticas. Menciona que sus propiedades

adhesivas se han capturado en sistemas de polímeros sintéticos con uso potencial como recubrimientos para una amplia gama de materiales orgánicos e inorgánicos. Tales como la adhesión y el sellado en la ruptura de membranas fetales, suturas de tejido corneal, reparación quirúrgica de nervios y administración de fármacos contra el cáncer (Kaushik et al. 2015). También se utilizan en recubrimientos antiincrustantes (Lee et al. 2011), y para crear hidrogeles para la administración de fármacos (Lee & Konst 2014).

#### **J. Amenazas.**

El manto es capaz de formar perlas. Especies como *Mytilus spp.* producen perlas en respuesta a la infección por la larva de un pequeño gusano plano parásito (*Gymnophallus spp.*). Si la larva se interpone entre el epitelio del manto y la concha el bivalvo, en defensa propia, lo encapsula con una capa perlada (nacarada) producida por la capa más externa del manto. La extracción de perlas puede ser extremadamente dañina ya que afecta el potencial para el desarrollo de mejillones en crecimiento para el mercado vivo más rentable. El problema se puede eliminar evitando las áreas donde ocurre la formación de perlas o cultivando mejillones en cuerdas y comercializándolos antes de que las perlas alcancen un tamaño detectable (Gosling, 2022).

Las branquias de los mejillones son particularmente sensibles a la bioacumulación de pesticidas, metales pesados solubles e hidrocarburos, debido a su dominante participación en la ingestión y la respiración. Las mezclas complejas de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) provocan de acuerdo con Gosling (2022) cambios morfológicos en el epitelio branquial de especies como *Myrella fatcata*.

La característica anterior ha hecho que el trabajo con *Mytella guyanensis* sea considerado esencial dentro del proyecto ECOMAR. Con ello se pretende conocer la condición de los individuos y la presencia de estos contaminantes en los cultivos de la especie.

Los enlaces químicos que realizan los mejillones para la fijación al sustrato son sensibles al pH, lo que frente a la acidificación del océano en un escenario de cambio climático podría



tener implicaciones para su fijación en cultivos en suspensión y para las comunidades intermareales ancladas.

Las actividades antropogénicas en los océanos, como la conducción de pilotes, implican el contacto directo con el lecho marino, creando ondas de movimiento de partículas radiantes. La sensibilidad de *M. edulis* a la vibración del sustrato se ha cuantificado mediante la exposición de la especie a la vibración en condiciones controladas (Roberts et al., 2015). Los resultados indican que es probable que la vibración afecte la aptitud general de esta especie debido a la interrupción de la periodicidad natural de la apertura de la válvula. Es probable que la vibración que viaja a través del cuerpo del mejillón estimule el movimiento del sistema de estatocistos, como se observa en otros invertebrados (Gosling, 2022).

#### **K. Estado de conservación.**

Según Hernández y Méndez (2022), *Mytella guyanensis* y el resto de las especies de mejillones presentes en la costa pacífica de Costa Rica no cuentan con informes ni estudios sobre su estado de conservación o nivel de amenaza, y tampoco han sido evaluadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

## ***Mytella guyanensis***

### **A. Clasificación taxonómica**

Nombre común: mejillón fanguero, chora de fango.

- Reino: Animalia
- Superfilo: Protostomia
- Filo: Mollusca
- Clase: Bivalvia
- Orden: Mytilida
- Familia: Mytilidae
- Género: *Mytella*
- Especie: *M. guyanensis* (Lamarck 1819) (figura 4).



Figura 4. *Mytella guyanensis*.  
Fuente: Villao-Rodríguez, 2021.

### **B. Descripción morfológica de la especie.**

Según Villao-Rodríguez (2021), la especie posee una concha delgada, cuneiforme-oblicua con un borde posterodorsal recto que termina en un ángulo obtuso. La superficie externa tiene numerosas líneas concéntricas bien definidas en la parte posterior, mientras que el borde anterior es liso y se prolonga ligeramente por delante del umbo; el umbo terminal se encuentra en posición anterodorsal. El perióstraco se divide en dos zonas, la zona posterodorsal con una coloración opaca o verdosa oscura con líneas finas en forma de zigzag; y la zona anteroventral de color café brillante. Esta especie alcanza magnitudes de 58 mm de longitud, 90 mm de longitud máxima, 28 mm de ancho y un diámetro de 25 mm.

### **C. Biología de la especie.**

Es una especie filtradora que vive en ecosistemas de manglar, y se encuentran adheridos a raíces de mangles o enterrados en sustratos areno-fangosos (Villao-Rodríguez, 2021)

### **D. Distribución geográfica.**

*M. guyanensis* se distribuye desde las costas del Golfo de California hasta el sur de Perú (Arvizu, 2014).

### E. Hábitat.

Estos organismos suelen vivir en playas arenosas o limo arenosas, en ecosistemas de manglar adheridos a sus raíces y/o a los neumatóforos de especies como *Avicennia sp.* No obstante, pueden hallarse formando amplios bancos en sustratos de arena y fango, desde la superficie y hasta los 20 cm de profundidad (Villao-Rodríguez, 2021); y distribuidos desde la zona intermareal hasta el nivel superior de la zona sublitoral (Arvizu, 2014).

### F. Reproducción sexual

*M. guyanensis* presenta una reproducción sexual y fecundación externa, y al igual que el resto de los mejillones desova con una proporción de sexo de 1:1 (Ureña, 2020; Villao-Rodríguez, 2021; Gosling, 2022); durante todo el año, sin embargo, en los periodos de marzo-mayo y septiembre-octubre desova con mayor intensidad (Arvizu, 2014). El periodo de desarrollo gonadal de las hembras es más largo que el de los machos. Ureña, 2020 menciona además que el sexo de esta especie se puede distinguir por medio del color de las gónadas, ya que las hembras tienen una coloración amarilla y los machos un color marrón; sin embargo, Gosling (2022) debate que sea fiable. Alcanza la talla de madurez sexual a los 2,5 cm longitud total (Villao-Rodríguez, 2021).

### G. Importancia ambiental.

Villao-Rodríguez (2021) indica que *M. guyanensis* es reconocida como especie bioindicadora de contaminación, particularmente de metales pesados y otros contaminantes, como los microplásticos.

### H. Importancia comercial.

*M. guyanensis* tradicionalmente ha representado un medio de subsistencia para las familias de comunidades cercanas al recurso que lo recolectan para autoconsumo, mientras que su comercialización es principalmente de manera local (Villao-Rodríguez, 2021).



## I. Acuicultura.

Como se ha descrito anteriormente los mejillones utilizados para el estudio en el proyecto ECOMAR, fueron colectados entre los meses de noviembre y diciembre del 2021, luego de ello se pasaron a canastas (10) para ser colocados en la línea de flotación a razón de 2 kilos de ellos por contenedor y a una profundidad de unos 3 a 5 metros. Durante unos 4 meses estos individuos fueron traspasados cada 20 días de contenedor disminuyendo la cantidad a 1.5 a 1 kilo por contenedor, actividad definida como desdoble o limpieza que permite mantener la filtración exitosa de los organismos en la columna de flotación y además disminuye ataque por fauna acompañante como los solo otros crustáceos, moluscos y peces que puedan acceder al medio de cultivo por deterioro o choque con el fondo.

Cabe destacar que durante los meses de febrero y marzo del 2022 se detectó en algunas canastas una mortalidad de entre el 10 y 12% de mejillones producto de la acumulación de algas en la capa externa de las canastas y de la aparición de cangrejos o jaibas (*Callinectes sapidus*), gran depredador de mejillones y que sus larvas se lograron infiltrar dentro del medio de cultivo y desarrollarse alimentándose de los mejillones.

Los registros de crecimiento enviados por el grupo de Palito de los mejillones indicaron una tasa promedio de crecimiento de 0.8 a 1 cm por mes desde diciembre 2021 hasta el mes de colecta, desarrollo que permitió suministrar individuos de entre 5 a 7 cm por canasta para los ensayos de laboratorio desarrolladas en los años 2022 y 2023 (ver fotografías adjuntas a, b y c).

El grupo a la fecha ha mantenido el ciclo de colecta, limpieza y comercialización de los mejillones, además de haber suministrado los individuos para los ensayos de laboratorio definidos para el proyecto ECOMAR. Los mejillones utilizados forman parte de líneas de crecimiento del cultivo de más de 200 canastas mantenidas de forma permanente por el grupo de Palito y asociadas al proyecto de cultivo de mejillones promovido por la UNED desde hace más de 5 años atrás.





Figura 5. Fotografías. A. Línea de cultivo de mejillón Isla Chira, Palito, Guanacaste, vista lateral desde embarcación, punto de canastas para proyecto ECOMAR. B. Mejillones (*Mytella guyanensis*) en estado de colecta. C. Proceso de construcción de canastas, desdoble y selección de mejillones para cultivo, proyecto en Isla Chira Palito, Guanacaste.

## J. Valor nutricional

Como se observa en el cuadro 3, para un análisis proximal de mejillón cultivado en las aguas de la Isla de Chira, realizado durante el año 2022, los datos muestran que a nivel de proteína total se puede catalogar como un alimento “Fuente”. De igual forma proporciona Calcio e Hierro, según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCR). Además, es “Libre”, en grasa total. También, el consumo de mejillón reporta niveles altos de sodio y un pertinente aporte de Potasio y Zinc.

Es así que, con la información de este análisis proximal, que el consumo de carne de mejillón cultivado en la Isla de Chira se cataloga como un alimento de alto valor nutricional.

Cuadro 3. Análisis proximal de mejillón, cultivado en Puerto Palito, Isla Chira, 2022.

| <b>Punto de muestreo</b>                  | <b>Mejillones Isla Chira.</b> |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Ensayo</b>                             | <b>Por %</b>                  |
| <b>**Cenizas (%)</b>                      | <b>2,79</b>                   |
| <b>** Humedad (%)</b>                     | <b>82,00</b>                  |
| <b>Ensayo</b>                             | <b>Por cada 100 g</b>         |
| <b>** Calcio (mg)</b>                     | <b>85</b>                     |
| <b>**Carbohidratos (g)</b>                | <b>No Detectado</b>           |
| <b>** Hierro (mg)</b>                     | <b>50</b>                     |
| <b>** Potasio (mg)</b>                    | <b>164</b>                    |
| <b>**Proteína total (g)</b>               | <b>14,76</b>                  |
| <b>**Sodio (mg)</b>                       | <b>360</b>                    |
| <b>** Zinc (mg)</b>                       | <b>1,00</b>                   |
| <b>***Grasa total (g)</b>                 | <b>0,403</b>                  |
| <b>***Grasa saturada (g)</b>              | <b>0,154</b>                  |
| <b>***Grasa monoinsaturada (g)</b>        | <b>0,1201</b>                 |
| <b>***Grasa poliinsaturada (g)</b>        | <b>0,129</b>                  |
| <b>***Grasa trans (g)</b>                 | <b>0,000523</b>               |
| <b>**Valor energético kcal</b>            | <b>67</b>                     |
| <b>** Valor energético kJ</b>             | <b>309</b>                    |
| <b>** Valor energético por grasa kcal</b> | <b>3,54</b>                   |
| <b>** Valor energético por grasa kJ</b>   | <b>14,8</b>                   |

Por otra parte, es importante indicar que estos datos son un insumo para poder realizar el etiquetado nutricional para la venta del mejillón crudo, que se seleccione y se genere una etiqueta para su comercialización.

## II. Ostras



Figura 6. Ostras, *Magallana gigas* (ostra rizada). Fuente. LANPSO (Pacheco Prieto, 2020)

### A. Sistemática de la especie

|            |                                        |
|------------|----------------------------------------|
| Phylum:    | Mollusca                               |
| Clase:     | Bivalvia                               |
| Infraclase | Pteriomorpha                           |
| Orden:     | Ostreoida                              |
| Familia:   | Ostreoidae                             |
| Género     | <i>Magallana</i>                       |
| Especie:   | <i>Magallana gigas</i> (Thunger, 1793) |

Nombre común: Ostión japonés, ostra rizada

### B. Distribución y hábitat

*Magallana gigas* es una especie originaria de Noreste del continente asiático (Japón, Korea y China), ha sido introducida al resto del mundo para fines de cultivo en Estados Unidos,

Europa: Rumania, Ucrania, Noruega, Portugal, Polinesia Francesa, Guam, Palau, Samoa y Vanuatu; Australia, Nueva Zelanda, Suráfrica, Ecuador, Belice, Costa Rica, Salvador, Puerto Rico, las Islas Virgen, Brasil, Chile entre otros, como se muestra en la Figura 7.

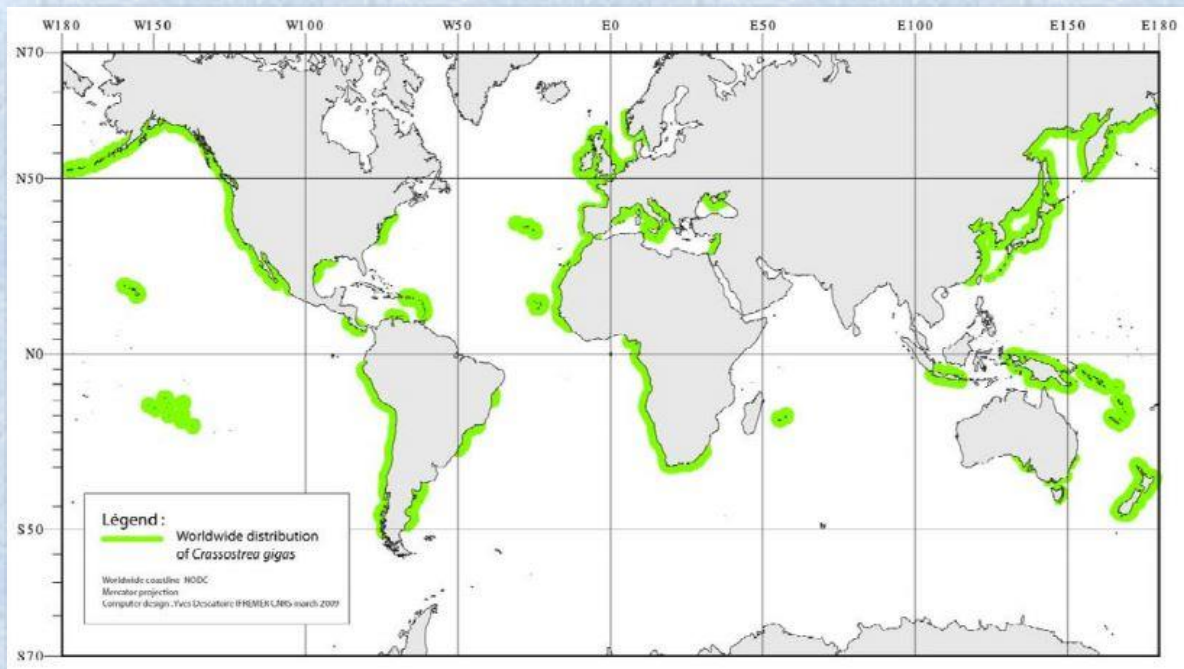


Figura 7. Distribución de *Magallana gigas* en el mundo (Miossec et al., 2009).

Se encuentra en aguas costeras y estuarinas distribuidas entre los 0,5 m hasta 40 m de profundidad asociada a sustratos duros (rocas, conchas y otras estructuras); fangosos y arenosos (Lovatelli et al., 2008; Nowland et al., 2019). La versatilidad fisiológica de adaptación que presenta *M. gigas* obedece a los rangos de tolerancia y adaptación que muestra para la temperatura, la salinidad, los sólidos en suspensión, el oxígeno disuelto, el pH y el alimento disponible, como se muestra en el Cuadro 4. Mientras que los rangos óptimos para cultivarla se reportan entre los 11°C a 28°C, 20 ‰ a 28 ‰, la concentración de sólidos en suspensión se encuentra entre 0 a 8mg L<sup>-1</sup>, el oxígeno disuelto > 70%, el pH > 7,4 y el alimento disponible >12 mg L<sup>-1</sup> (Lovatelli, 2008; Carrasco & Barón 2010; Cranford, 2019).

Cuadro 4: Rangos de tolerancia a las variables ambientales en *Magallana gigas*

| Variable                                              | Rango de tolerancia | Referencia                                                                |
|-------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura (°C)                                      | -1,8 a 39           | Nayar & Mahadevan, 1987; Matto Ivanina, Ullstad Beniash & Sokolova, 2013. |
| Sólidos disueltos (mg/L)                              | 31 a 550            | Bernard 1983                                                              |
| Salinidad (‰)                                         | 10 a 30             | Nayar & Mahadevan 1987; Shumway 1996.                                     |
| Biomasa de alimento<br>Clorofila (mg/m <sup>3</sup> ) | < 1 a 75            | Moreno, Quintero & López 2010; Pérez <i>et al.</i> 2016                   |
| Oxígeno (mg/L)                                        | 2,9 >5              | Villaroel, Buitrago & Lodeiros 2004; Timmons <i>et al.</i> 2009           |
| Profundidad (m)                                       | Intermareal > 40    |                                                                           |
| Amonio (umol/L)                                       | < 4,43 a 22,20      | Barbieri, Marques, Vigilar, Buher & Tregon 2014.                          |
| Nitrito (umol/L)                                      | < 1,52 a 210.86     | Barbieri, Marques, Vigilar, Buher & Tregon 2014                           |
| Nitrato (umol/L)                                      | < 64,51 a 322,58    | Spotte 1979; Camargo <i>et al.</i> 2005.                                  |
| Fosfato (umol/L)                                      | 0,2 a 5,5           | Moreno, Quintero & López 2010.                                            |
| pH                                                    | 5,1 > 9             | Nayar & Mahadevan 1987.                                                   |

### C. Anatomía

*Magallana gigas* es un molusco bivalvo sésil cuyo tejido blando se encuentra cubierto por dos valvas formadas de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) y una matriz de conquiolina y cristales de aragonita. La capa externa de la concha está recubierta de un material orgánico llamado

periostraco, las valvas son asimétricas, el cuerpo se encuentra comprimido lateralmente y elongado dorsoventralmente. En el ambiente natural, se encuentran fijadas al sustrato por la valva izquierda, ambas valvas se encuentran unidas por el músculo aductor cerca del centro, el mismo está formado por dos tipos de fibras musculares; las fibras traslúcidas que son las responsables de movimientos rápidos y las fibras blanco opaco encargadas del cierre de las valvas por largos periodos; a nivel de charnela las valvas se unen mediante un ligamento proteínico ligeramente calcificado (Eble & Scro, 1996).

La concha, además de proporcionar protección es clave en el éxito evolutivo y ecológico del Phylum. La matriz orgánica conforma entre un 0,1% a 5% de la concha, participa junto con otras estructuras en la nucleación, el crecimiento y la formación de cristales de  $\text{CaCO}_3$  de la concha; la demanda energética de este complejo proceso es sensible a las variaciones del  $\text{CaCO}_3$  en el agua de mar, asociados a cambios en la salinidad y pH. Los estuarios se caracterizan por presentar fuertes fluctuaciones en la salinidad, la presión de  $\text{CO}_2$  ( $\text{Pco}_2$ ) y el pH, los cuales podrían generar condiciones estresantes en los organismos conchíferos (Ivanina et al., 2020).

El tejido blando es cubierto por el manto, cuyos bordes están conformados de tres pliegues cada uno con funciones específicas; el pliegue externo tiene la función de secretar las capas externas de la concha; la capa interna es secretada por el epitelio externo. El pliegue medio tiene funciones de respuestas sensorial y el interno conforma la estructura muscular que fija el manto a la concha. El manto se encuentra cubierto por epitelio unicelular, tejido conectivo y canales que distribuyen la hemolinfa oxigenada y no oxigenada; cumpliendo funciones sensoriales, mecánicas y de protección. Los tentáculos ubicados en el margen del manto, junto con los pliegues del velo, se encargan de detectar la presencia y características de las partículas alimenticias (Eble & Scro, 1996). Miyamoto et al., (2002) reportaron que el manto también participa en la síntesis de proteínas, la transducción de señales químicas y fotosensibles, el soporte metabólico, la formación, la calcificación y la reparación de la concha.



**INFORME:** Caracterización biológica y bioquímica de la ostra (*Magallana gigas*) y el mejillón (*Mytella guyanensis*) cultivados en el Golfo de Nicoya



La masa visceral se aloja en la cavidad paleal espacio ubicado entre los dos lóbulos del manto. A cada lado de la masa visceral se ubican un par de branquias lamelares, cuya función es el intercambio de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. Estructuralmente las lamelas branquiales están compuestas de filamentos recubiertos de cilios anteriores y laterales, los cuales se encargan de la circulación del agua. Las branquias envuelven las partículas alimenticias en un mucopolisacárido y con la ayuda de los cilios estas partículas son dirigidas a los palpos labiales para la selección e ingesta (Ward et al.,1994).

El sistema digestivo está compuesto por los palpos labiales donde ocurre la selección a nivel de boca, un esófago ciliado y corto, el estómago contiene una estructura gelatinosa llamada estilete cristalino, encargado de la trituración y liberación de enzimas digestivas, un intestino largo que recorre un gran número de órganos, partiendo de la proximidad del corazón y rodeando la glándula digestiva, dirigiéndose hacia el recto que termina en el ano, el cual está ubicado al costado posterior del músculo aductor. La excreción es realizada por un par de nefridios tubulares que se abren hacia el pericardio y la vejiga, ambos sitios almacenan los productos nitrogenados que son expulsados del cuerpo a través del nefridioporo. En cuanto al corazón, este órgano está formado por un ventrículo y dos aurículas, ubicado dentro de la cavidad pericárdica entre la masa visceral y el músculo aductor, la hemolinfa es bombeada por el corazón a través de las arterias bifurcadas en vasos los cuales se conectan al seno de los tejidos para irrigarlos, conformando un sistema circulatorio abierto (Eble & Scro, 1996).

El sistema reproductivo se encuentra inmerso en la masa visceral, conformando un tejido mixto entre la glándula digestiva y el manto. Las gónadas se originan a partir de células mesodérmicas ubicadas en la región posterior del cuerpo, en la fase de maduración estas células se multiplican y son separadas en dos grupos distribuidos en ambos lados del cuerpo, una serie de túbulos y folículos formados por el tejido conectivo, los cuales se hacen más evidentes conforme avanza la gametogénesis (Eble & Scro, 1996).

La Figura 8 muestra la anatomía interna de *M. gigas* una vez que se ha retirado la valva derecha y la cubierta derecha del manto.

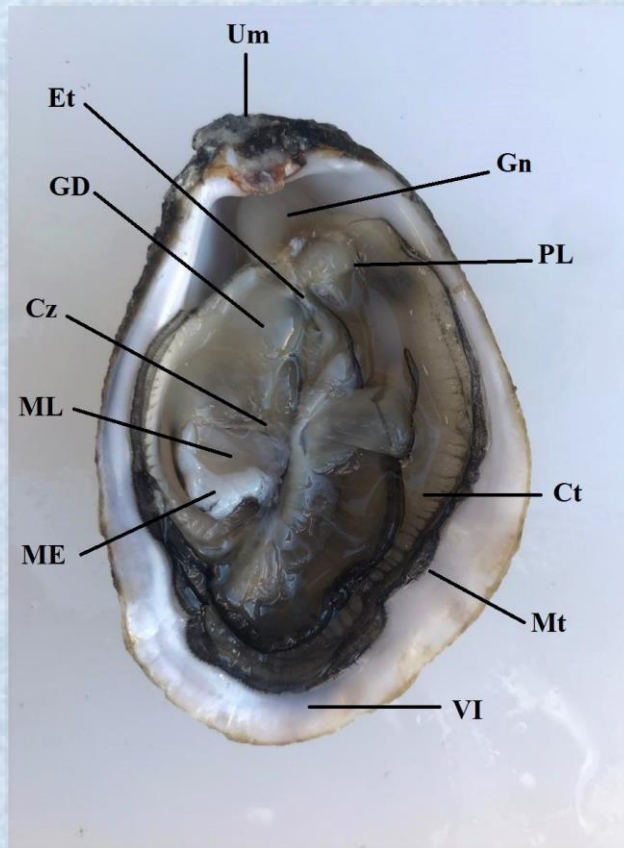


Figura 8. Anatomía interna de *M. gigas* sin la valva y manto derecho.

Um: Umbo parte más antigua de la concha. Gn: Gónada. PL: Palpo labial. Ct: Ctenidios (branquias). Mt: Manto en su borde inferior. VI: Valva izquierda. ME: Músculo aductor estriado; ML: músculo aductor liso. Cz: Corazón. GD: glándula digestiva; Et: estómago.

Fuente. Varela y Barboza, (2020)

#### **D. Biología reproductiva**

*Magallana gigas* es una especie dioica con patrones reproductivos de hermafroditismo asincrónico alternante, en otras palabras el mismo individuo produce gametos masculinos y femeninos en momentos diferentes, alternando al azar el sexo durante su vida sexualmente activa, el hermafroditismo protándrico se presenta generalmente en poblaciones jóvenes, donde la primera madurez es expresada como macho y posteriormente conforme avanza la edad maduran como hembras, aunque un bajo



porcentaje de hermafroditismo sincrónico ha sido observado en esta especie. (Hedrick & Hedgecok, 2010; Zhang et al., 2014; Yue et al., 2020). La fecundación es externa, el desarrollo larval es planctónico y puede durar entre 14 a 30 días para que ocurra la fijación y metamorfosis, evidenciando la presencia de juveniles bentónicos fijados en el sustrato, que continúan con el crecimiento y la maduración gonádica, los organismos que logran sobrevivir conformarán la potencial generación de reproductores, en la Figura 9 se muestra el ciclo de vida de *Magallana gigas* bajo condiciones semicontrolada (Eble, A., & Scro, 1966).

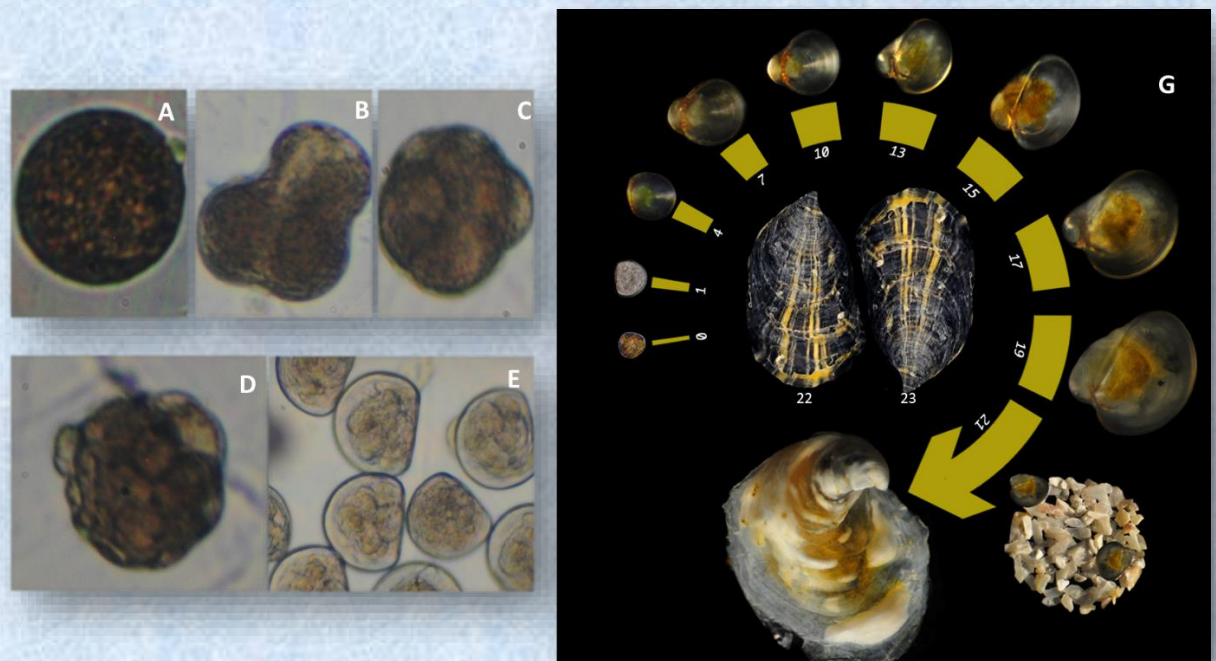


Figura 9. Ciclo de vida de la ostra rizada *Magallana gigas*

A. óvulo fertilizado, b-c Clivaje, D. larva trocófora, E. larva veliger, G. (4-19 larva umbonada, 19 larva pediveliger, 21 juvenil, 22-23 adultos)

Fuente: LANPSO (Pacheco-Prieto, 2022)

La ostra rizada procedente de aguas frías o templadas podría alcanzar una talla entre los 10 a 30 cm de altura, sin embargo, en la región tropical el rango de tamaño esta entre 7 a 9 cm, en la Figura 10 se muestra la edad y talla de *M. gigas* antes de que ocurra la fijación y metamorfosis, un juvenil que ha llegado a la talla de siembra y un ejemplar adulto.

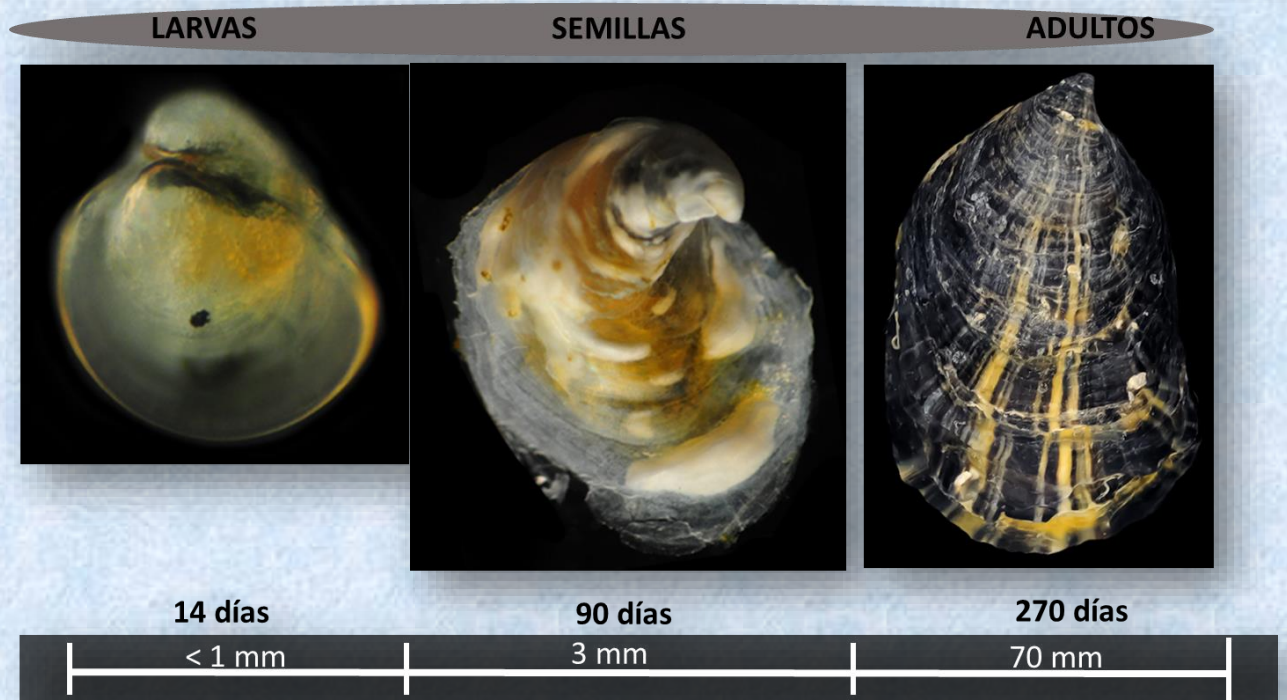


Figura 10. Tamaño de la ostra rizada (*Magallana gigas*) cultivada en el Golfo de Nicoya  
 Fuente: LANPSO (Pacheco-Prieto, 2022)

### E. Hábito alimenticio

*Magallana gigas* al igual que la mayoría de los moluscos bivalvos se alimenta de las partículas orgánicas presentes en la columna de agua (fitoplancton, materia orgánica), las partículas alimenticias son atrapadas por los filamentos branquiales mediante la creación de microcorrientes, las partículas son envueltas en un tipo de mucus y dirigidas a los palpos labiales donde ocurre la selección del material que será ingerido y el material que será eliminado por el sifón exhalante como pseudoheces, las cuales son aprovechadas por otros organismos de la cadena alimenticia (Varela y Barboza, 2019).



## **F. Servicios Ecosistémicos litorales que brindan las poblaciones de *Magallana gigas***

Al igual que la mayoría de los moluscos bivalvos, las poblaciones de *M. gigas* son reguladores del ecosistema facilitando el acoplamiento pelágicos- bentónico, circulando los nutrientes dentro de la cadena trófica, el asentamiento generacional de estas especies reduce la erosión costera, aumenta la disponibilidad de nichos y micronichos, así mismo la biodiversidad, por su mecanismo de alimentación y producción de pseudoheces estas especies contribuyen en la fijación de carbono inorgánico, además contribuyen en el aprovisionamiento de alimento con alto valor nutricional mediante la acuicultura y pesca, la perlicultura y la producción de compuestos bioactivos utilizados en la cosmetología, entre otros. (Shumway, S., y Norkko, J., 2011, Smaal et al., 2019).

## **G. Contribución socioeconómica**

La maricultura social ambientalmente sostenible, es una actividad promovida por diferentes instancias locales e internacionales (FAO, PNUD, OSPESCA), con la finalidad apoyar los programas implementados en la resiliencia de seguridad alimentaria, empleabilidad y economías locales en zonas que presentan comunidades en riesgo social, algunos de los programas se enfocan en el cultivo de moluscos bivalvos (Venkatrao Bshole et al., 2021 y FAO, 2007), la producción de *M. gigas* ha estimulado desarrollos biotecnológicos para la implementación de su cultivo en diferentes escalas acuícolas.

En el caso de Costa Rica existen diferentes proyectos de pequeña escala -familiar, dedicados al cultivo de la ostra rizada en el Golfo de Nicoya, en la Figura 11 se muestra un proyecto dedicado al cultivo de ostras en pequeña escala.



Figura 11. Proyecto de producción de la ostra rizada (*Magallana gigas*) cultivada en el Golfo de Nicoya.

Fuente: Pacheco-Prieto y Arias-Valverde, (2022)

#### H. Caracterización bioquímica de *M. gigas* cultivadas en el Golfo de Nicoya

Las muestras de *M. gigas* fue separado el tejido de las conchas, etiquetadas y empacadas en fría, conservando la trazabilidad del lugar de procedencia para la determinación química, en el Cuadro 5 se muestra la trazabilidad de las muestras colectadas.

Cuadro 5. Procedencia de las muestras de *M. gigas* para el análisis proximal

|  |                                         |                         |                                |
|--|-----------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|  | <b>Área marina de pesca responsable</b> | <b>Granja ostrícola</b> | <b>Peso tejido blando (g).</b> |
|  | Montero-Palito<br>Isla Chira            | ASOPECUPACHI            | 633,9                          |
|  | Costa de Pájaros                        | HUERTOS<br>MARINOS      | 431,8                          |
|  | Paquera - Tambor                        | OSTRA RICA              | 453,7                          |

A continuación, se presenta los proximales registrados en *M. gigas* cultivada en las Áreas de pesca responsable Montero- Palito, Isla Chira, Costa de Pájaros y Paquera -Tambor, Golfo de Nicoya (Cuadro 6, Figuras 12, 13).

Cuadro 6. Resultado del análisis proximal en *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya

| <b>Proximal</b>     | <b>Isla Chira</b> | <b>Costa de Pájaros</b> | <b>Paquera</b> |
|---------------------|-------------------|-------------------------|----------------|
| Cenizas (%)         | 2,27              | 2,44                    | 2,8            |
| Humedad (%)         | 87,89             | 87,64                   | 85,5           |
| Proteína (g)        | 9,12              | 9,16                    | 9,21           |
| Valor Energ. (Kca)l | 45                | 45                      | 44             |

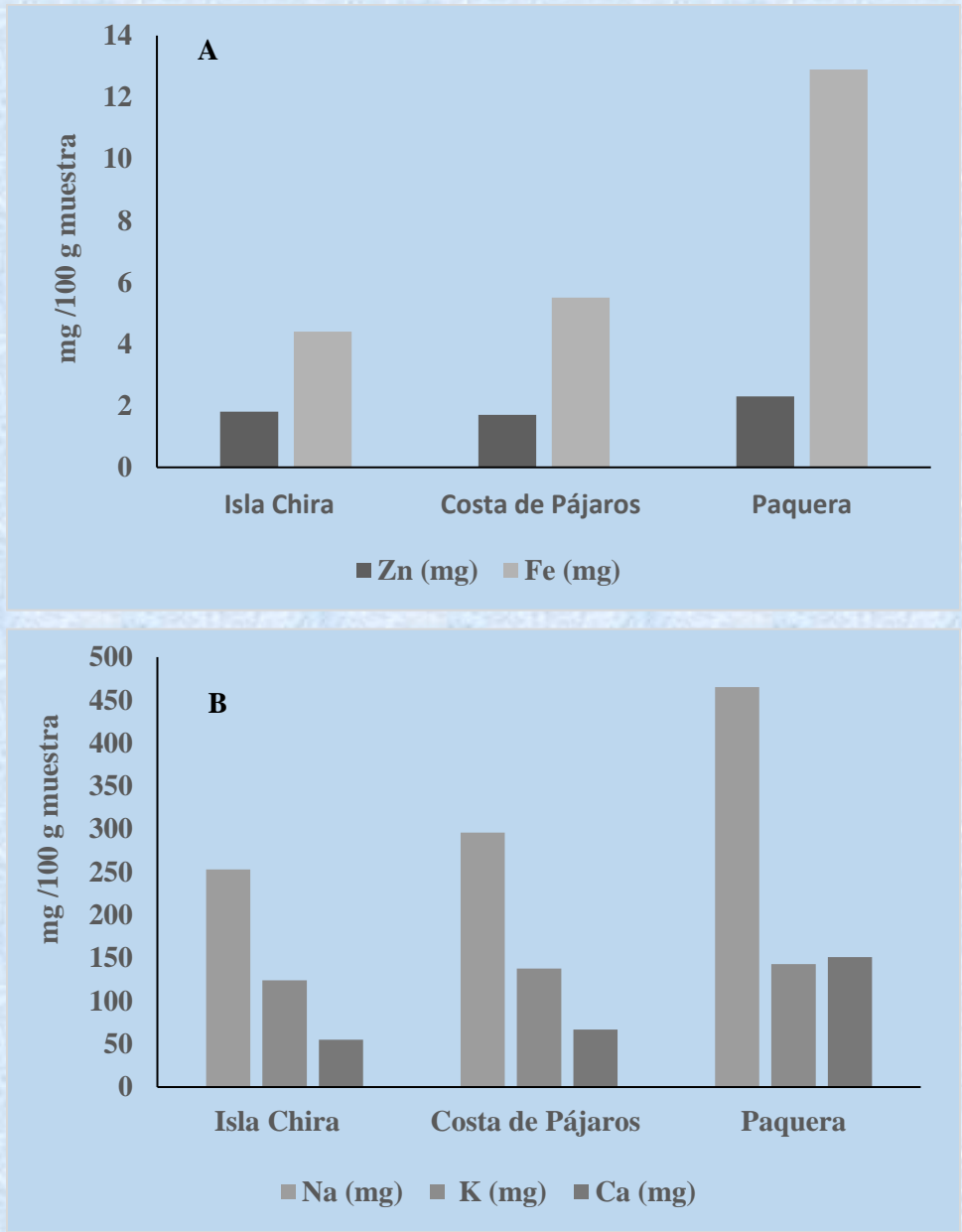


Figura 12. Micronutrientes en *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya

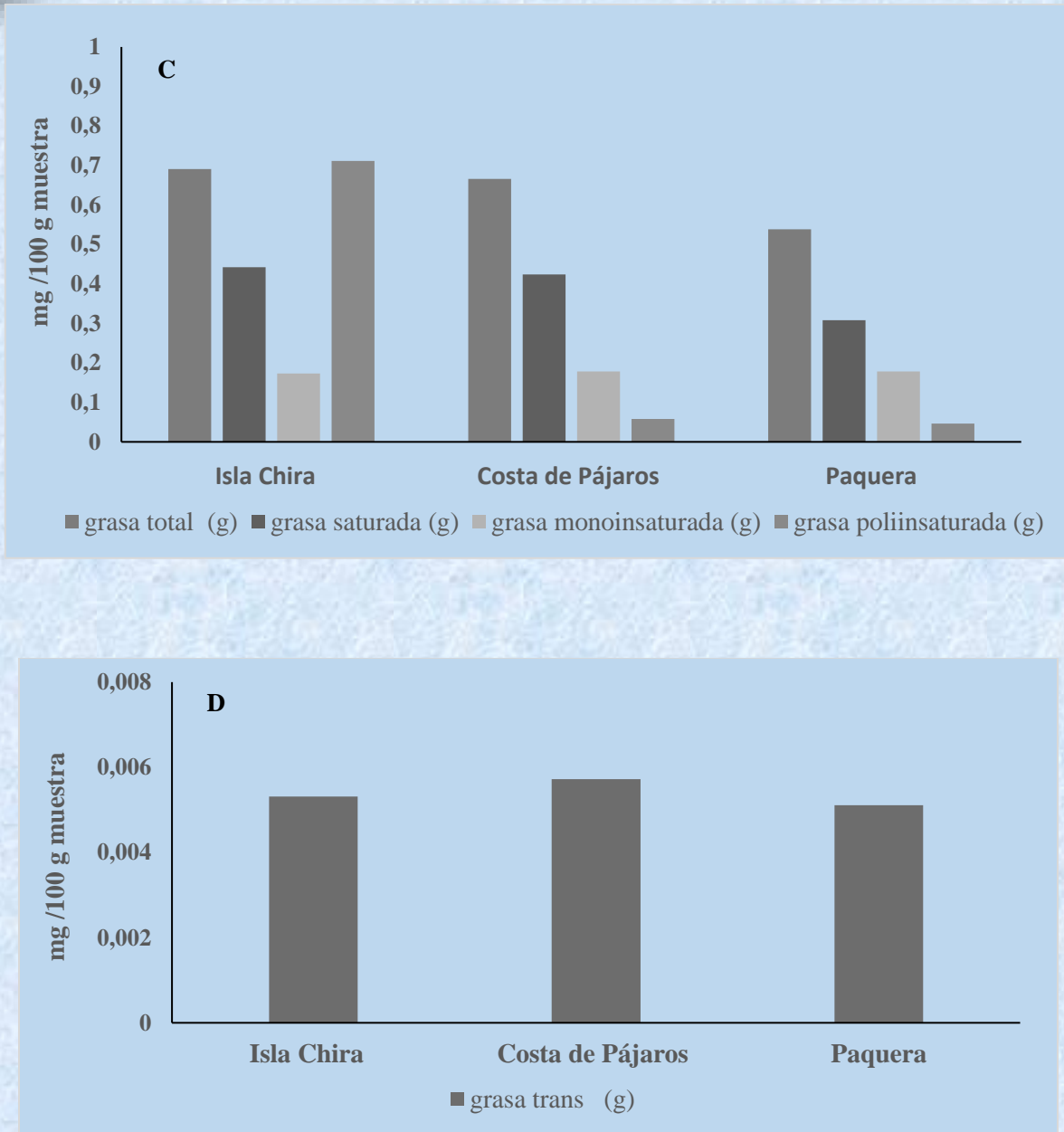


Figura 13. Composición de grasas en *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya

**I. Presentación del producto de venta Figura (14).**

**Ficha técnica: No. 001**

**Producto de venta: Vivo en su concha**

**Corresponde a ostras cultivadas en el Litoral Pacífico de Costa Rica**

**Nombre común. Ostión del Pacífico**

**Nombre científico: *Crassostrea gigas***

| Característica biométricas                     | Presentación visual | Presentación inocua                                                                                      |
|------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Altura: 60-70mm</p> <p>Longitud:</p>        |                     | <p>Vivo en su concha.</p> <p>Sometida a depuración microbiológica.</p> <p>Carne libre de Fitotoxinas</p> |
| <p>Espesor:</p>                                |                     | <p>Concha libre de incrustantes y lodo.</p>                                                              |
| <p>Precio de venta base:<br/>₡ 300/ unidad</p> |                     |                                                                                                          |

Figura 14. Ficha técnica del producto de venta para *Magallana gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya. Fuente: Programa de Regionalización Universidad Nacional (Arias- Valverde, 2019).



**J. Crecimiento y supervivencia de *M. gigas* cultivada en el Golfo de Nicoya**

En la Figura 15 y la Figura 16, se muestra el crecimiento y la supervivencia de *M. gigas* cultivada en el Área Marina de Pesca Responsable Montero-Palito, Isla Chira, Golfo de Nicoya.

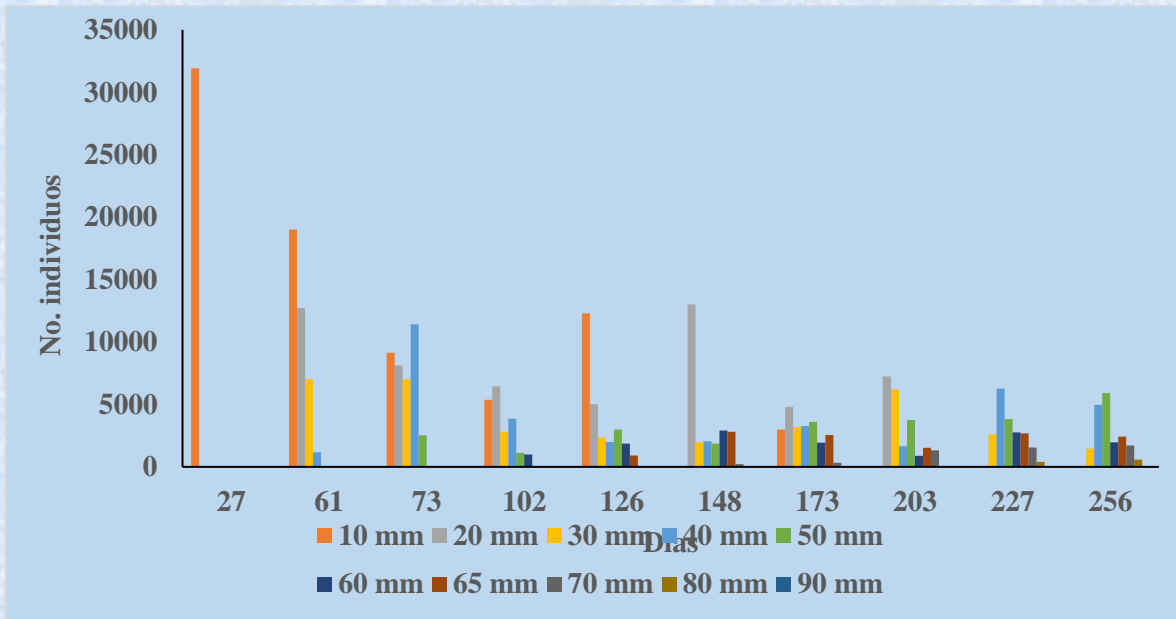


Figura 15. Crecimiento de *Magallana gigas* cultivada en el Área Marina de Pesca responsable Montero- Palito, Golfo de Nicoya.

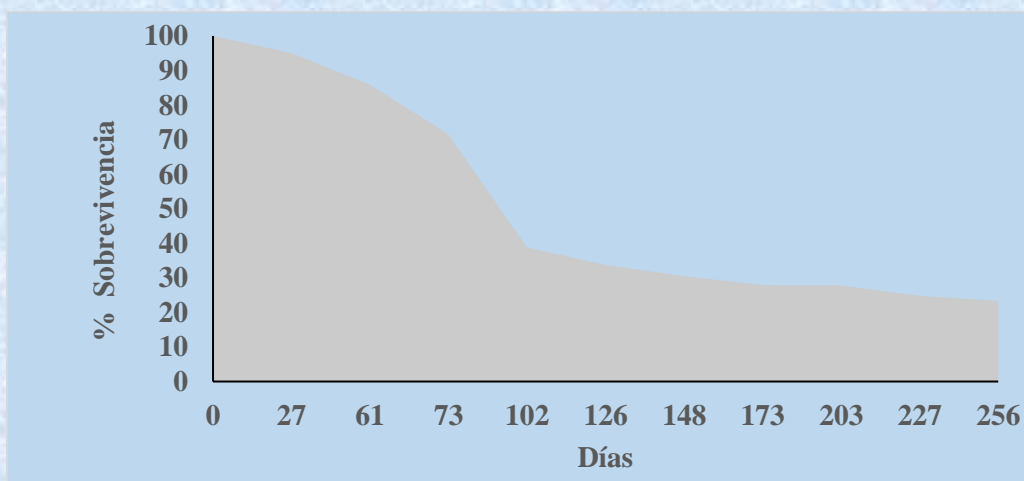


Figura 16. Supervivencia de *Magallana gigas* cultivada en el Área Marina de Pesca responsable Montero- Palito, Golfo de Nicoya.



## Referencias

Arvizu, A. (2014). Estudio del crecimiento y edad de primera madurez del mejillón, *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) en condiciones experimentales en la laguna costera La Cruz, Sonora, México. (Tesis de posgrado). Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.

Cai, L.Z., Hwang, J.S., Dahms, H.U., Fu, S.J., Zhuo, & Guo, T. (2014). Effect of the invasive bivalve *Mytilopsis sallei* on the macrofaunal fouling community and the environment of Yundang Lagoon, Xiamen, China. *Hydrobiologia*, 741(1), 101–111. doi:10.1007/s10750-014-2012-4.

Delgado Barboza, S.S. (2022). Distribución y diversidad de moluscos invasores clase: Bivalvia en el Pacífico y su incidencia en la zona costera del Ecuador (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022).

Eble, A., & Scro, R., (1996). General Anatomy. In: *The Eastern Oyster: Crassostrea virginica*. Kennedy V., Newell, R., Eble, A. (eds.). Maryland Sea Grant College. Maryland. U.S.A. p 19- 73.

Goedknecht, M. Anouk; Schuster, Anne-Karin; Buschbaum, Christian; Gergs, René; Jung, A. Sarina; Luttikhuis, Pieterella C.; van der Meer, Jaap; Troost, Karin; Wegner, K. Mathias; Thielges, David W. (2017). Spillover but no spillback of two invasive parasitic copepods from invasive Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) to native bivalve hosts. *Biological Invasions*, 19(1), 365– 379. doi:10.1007/s10530-016-1285-0.

Gosling, E. (2022). *Marine mussels: ecology, physiology, genetics and culture*. John Wiley & Sons Ltd.

Hernández Molina, F & Méndez Solano, R. (2022). *Elaboración del manual práctico para el cultivo de mejillón “Chora” Mytella guyanensis, dentro de los procesos de la gestión y buenas prácticas ambientales para la comunidad de Puerto Palito, Isla Chira. Puntarenas, Costa Rica*. [Tesis de maestría no publicada]. Instituto Centroamericano de Administración Pública.

Kaushik, N.K., Kaushik, N., Pardeshi, S., Sharma, J.G., Lee, S.H. & Choi, E.H. (2015) Biomedical and clinical importance of mussel-inspired polymers and materials. *Marine Drugs*, **13**, 6792-6817.



Lee, B.P. & Konst, S. (2014) Novel hydrogel actuator inspired by reversible mussel adhesive protein chemistry. *Advanced Materials*, **26**. 3415-3419.

Lee, B.P., Messersmith, P.B., Israelachvili, J.N. & Waite, J.H. (2011) Mussel-inspired adhesives and coatings, *Annual Review of Materials Research*, **41**, 99-132.

Miossec, L., R-M. Le Deuff, P. Gouletquer. (2009) Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). ICES Cooperative Research Report 299.

Miyamoto H., Hamaguchi M., & Okoshi K., 2002. Analysis of genes expresses in the mantle of oyster *Crassostrea gigas*. *Fisheries Science* 68: 651-658 <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00473>

Moreno, A. G., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., & Cano, J. (2011). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Moluscos. Disección de mejillón. REDUCA (Biología), 4(2).

Roberts, L., Cheesman, S., Breithaupt, T. & Elliott, M. (2015) Sensitivity of the mussel *Mytilus edulis* to substrate-borne vibration in relation to anthropogenically generated noise. *Marine Ecology Progress Series*, **538**, 185-195.

Ureña, P. (2020). Condiciones ambientales y biológicas del cultivo en suspensión del mejillón (*Mytella guyanensis*) en Puerto Palito, Isla Chira, Costa Rica. (Tesis de Posgrado). Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

Varela Mejías, A., y Barbosa Ortega, W. (2020). Captura, selección e ingestión de partículas en Ostreidae (Bivalvia): *Crassostrea* spp. AquaTechnica doi10.33936/at.v2i3.3091 <https://doi.org/10.5281/zenodo.5194197>

Villao Rodríguez, J. R. (2022). Microplásticos en mejillones, *Mytella guyanensis*, capturados en Puerto El Morro, provincia del Guayas-Ecuador, durante noviembre y diciembre de 2021 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022).

Smaal, A. C., Ferreira, J. G., Grant, J., Petersen, J. K., & Strand, Ø. (2019). *Goods and services of marine bivalves* (p. 591). Springer Nature <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9>



**INFORME:** Caracterización biológica y bioquímica de la ostra (*Magallana gigas*) y el mejillón (*Mytella guyanensis*) cultivados en el Golfo de Nicoya



Shumway, S., & Norkko, J. (2011). Bivalves as bioturbators and bioirrigator. En S. Shumway (ed), *Shellfish Aquaculture and the Environment*, Chapert 10. First Edition. Published by John Wiley y Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470960967.ch10>

Ward J., Newell, R., Thompson, R., & Mac Donald, B. (1994). In vivo studies of suspension - feeding processes in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin 1791). *The Biological Bulletin* 18 (6): 221-240. <https://doi.org/10.2307/1542056>