

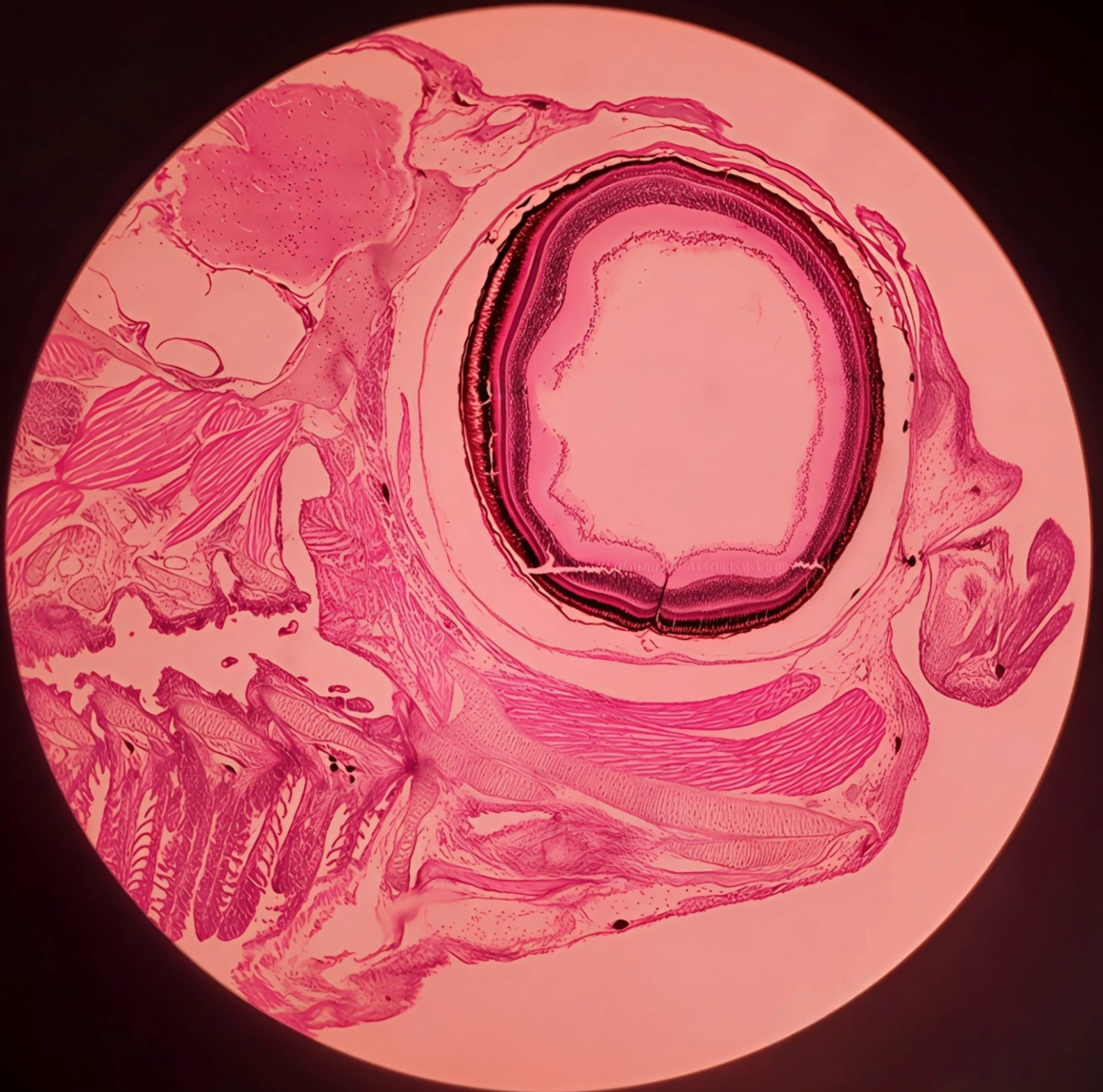
# Revista Ciencias del Mar UAS



Julio - Septiembre 2025

Núm. 4 Vol.2

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN (en trámite)



## Revisión Científica

### Criopreservación en peces marinos

### Cryopreservation in marine fish


 1. Víctor Alfonso Roman-Muro

 0009-0008-3151-9995

Posgrado en Recursos Acuáticos,  
Facultad de Ciencias del Mar,  
Universidad Autónoma de Sinaloa,  
Paseo Claussen S/N. Col. Los Pinos,  
C.P. 82000 Mazatlán, Sinaloa, México.


Autor de correspondencia: [victoralfonso54@live.com.mx](mailto:victoralfonso54@live.com.mx)

 2. Marisela Aguilar-Juárez

 0000-0003-0862-5542

Facultad de Ciencias del Mar,  
Universidad Autónoma de Sinaloa,  
Paseo Claussen S/N. Col. Los Pinos,  
C.P. 82000 Mazatlán, Sinaloa, México.

 3. Enrique Jhonatan Romo-Martínez

 0000-0002-4371-0665

Universidad Politécnica de Sinaloa,  
Unidad Académica de Ingeniería en  
Tecnología Ambiental, Carretera Municipal  
Libre Mazatlán-Higueras Km.3 Colonia  
Genaro Estrada, C.P. 82190, Mazatlán,  
Sinaloa, México.

latindex



CREATIVE COMMONS

 OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Recibido 16 de julio 2025

Aceptado 14 de septiembre 2025



---

## Criopreservación en peces marinos

---

---

---

## Cryopreservation in marine fish

---

### ▶ RESUMEN

El presente documento es una revisión del conocimiento desarrollado hasta ahora sobre teoría y técnicas sobre criopreservación de peces marinos. La criopreservación se ha consolidado como una herramienta eficaz en la conservación del material genético de diversas especies con relevancia comercial, ecológica o que presenten problemas de extinción. La efectividad del protocolo puede ser determinada mediante el monitoreo de la calidad y viabilidad de las muestras conservadas en condiciones criogénicas. Se sugiere explorar el uso y la comercialización responsable de semen crioconservado e impulsar el desarrollo de técnicas para criopreservación con el objetivo de ampliar las herramientas disponibles para su uso en granjas acuícolas.

**Palabras clave:** Criopreservación, Peces.



#### OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



## ► ABSTRACT

This document reviews the knowledge developed to date on the theory and techniques of marine fish cryopreservation. Cryopreservation has established itself as an effective tool for conserving the genetic material of various species with commercial or ecological relevance, or those facing extinction problems. The effectiveness of the protocol can be determined by monitoring the quality and viability of samples preserved under cryogenic conditions. It is suggested that the responsible use and marketing of cryopreserved semen be explored, and that the development of cryopreservation techniques be promoted, with the goal of expanding the tools available for use in aquaculture farms.

**Keywords:** Cryopreservation, Fish

## ► INTRODUCCIÓN

La criopreservación se ha consolidado como una herramienta eficaz en la conservación del material genético de diversas especies con relevancia comercial, ecológica o que presenten problemas de extinción (Magnotti et al., 2018; Judycka et al., 2019). Los beneficios de la técnica se han visto reflejados en diversas especies marinas de interés comercial (Paniagua-Chávez et al 2011), principalmente en la optimización de programas utilizados en el cultivo de peces, en la facilidad de intercambio genético entre centros de producción de organismos y en el resguardo de líneas genéticas relevantes para la investigación enfocada en el mejoramiento de poblaciones de interés comercial (Cabrita et al., 2010; Yongsheng et al., 2020).

Durante el proceso de la criopreservación, material biológico es mantenido en ultra-bajas temperaturas (-196 °C) en nitrógeno líquido, esto con el propósito de bajar su tasa metabólica sin afectar su viabilidad y poder restituirla en el momento más oportuno (Cabrita et al., 2022). Bajo estas condiciones, el material biológico preservado presenta un estado similar a la animación suspendida en donde las actividades biológicas de la célula se detienen, incluyendo las reacciones bioquímicas responsables de la degradación del ADN (Hagedorn et al., 2018; Betsy y Kumar, 2020).



### OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



No obstante, durante este proceso es recomendable tener bajo control los cambios bruscos de temperatura, la formación de hielo y el estrés osmótico, los cuales pueden comprometer los mecanismos biológicos y bioquímicos en estos sistemas y ocasionar daños irreversibles (Hazevehei et al 2018; Contreras et al., 2019). Por tanto, el uso de diluyentes o soluciones extensoras (SE), así como aditivos formulados específicamente para mantener la viabilidad, conocidos como Agentes crioprotectores (ACP), son determinantes en los sistemas biológicos que pretenden ser preservados en estas condiciones de temperatura (Hazevehei et al 2018). Finalmente, la efectividad del protocolo puede ser determinada mediante el monitoreo de la calidad y viabilidad de las muestras conservadas en condiciones criogénicas (Medina-Robles et al., 2020):

## Diluyentes

Las SE son diluyentes cuya que poseen la función de evitar el deterioro de las funciones biológicas durante condiciones criogénica, generalmente de carácter especie-específico (Contreras et al., 2019). La composición química de estos diluyentes es muy variada, sin embargo, en el caso de peces, se recomienda esté en función de la composición del plasma seminal de la especie en cuestión (Bobe y Labbe 2009; Paniagua-Chávez et al 2011) y precisamente la especificidad de los protocolos se debe a que las características biológicas del espermatozoides varían dependiendo de características específicas de los organismos (Magnotti et al., 2018).

En espermatozoides de peces, los diluyentes utilizados pueden ser simples (1-2 ingredientes) o de composición compleja, cuando se mezclan varios aditivos (Betsy y Kumar 2020). Su función es mantener en estado de inactivación a estos gametos, controlar el equilibrio osmótico entre la célula y el medio, así como los problemas de contaminación ocasionados por bacterias (Bobe y Labbe 2009; Trigo et al., 2015).

Por otro lado, los ACP son aditivos que se agregan a las SE y contribuyen al minimizar el daño producido por la formación de cristales de hielo durante la congelación y descongelación de las células (Bustamante-



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



González et al., 2019). Debido a la diversidad biológica entre especies acuáticas, los protocolos de crioconservación, incluida la elección y concentración de los crioprotectores, deben ser específicos para cada especie (Martínez-Paramo et al., 2017).

## Evaluación de calidad del esperma

Durante la criopreservación las células están sometidas a procesos que causan varias formas de estrés (como el choque por frío, las tasas de enfriamiento y congelación, la composición del diluyente y el estrés osmótico). Estos procesos provocan “criodaños” las cuales pueden variar en severidad, desde letales hasta subletales lo que causa una disminución en la calidad del material criopreservado (Boryshpolets et al., 2020). Es por esto que se han desarrollado varios parámetros para medir la calidad (motilidad) y viabilidad de las células criopreservadas.

### *Motilidad espermática*

La motilidad espermática se reconoce actualmente como el biomarcador más usado para evaluar la calidad del esperma en peces, ya que refleja la capacidad de los espermatozoides para desplazarse y, por tanto, la probabilidad de éxito en la fertilización (Medina-Robles et al., 2020; Ciereszko et al., 2020). Una elevada motilidad, entendida como movimiento progresivo hacia adelante se correlaciona de manera consistente con mayores tasas de fertilización y eclosión en diversas especies (Thilak-Pon-Jawahar y Betsy 2020). Además, la velocidad de desplazamiento de los espermatozoides se asocia directamente con su habilidad para fecundar el óvulo, dado que este movimiento es indispensable para que la célula alcance el sitio de la fecundación (Medina-Robles et al., 2020; Thilak-Pon-Jawahar y Betsy 2020). Por lo tanto, el porcentaje de espermatozoides móviles y su velocidad media constituyen indicadores objetivos y predictivos de la viabilidad reproductiva post-congelación (Medina-Robles et al., 2020; Ciereszko et al., 2020).

### *Integridad de membrana*

En el espermatozoide la membrana plasmática desempeña un papel crucial en la regulación de la concentración intracelular de iones, lo cual



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



es esencial para la motilidad espermática mediante diversas vías de señalización, por lo que su integridad es fundamental y se utiliza ampliamente como un parámetro de viabilidad espermática (Horokhovatskyi et al., 2016). Los métodos utilizados para la evaluación de la integridad de membrana se basan en la tinción dual con colorantes fluorescentes que permite distinguir entre células con membranas íntegras y dañadas, esto es posible debido a que la membrana plasmática está compuesta por una delgada bicapa lipídica que actúa como barrera protectora con permeabilidad selectiva lo que causa que las células con membranas dañadas permitan el ingreso de los colorantes (Cartón-García et al., 2013; Figueroa et al., 2016).

### *Integridad de mitocondria*

La integridad mitocondrial, por su parte, desempeña un papel esencial en la funcionalidad espermática, especialmente bajo condiciones de criopreservación. Esto debido a que los espermatozoides de peces disponen únicamente de reservas de ATP suficientes para mantener la motilidad por cortos periodos y, por tanto, la calidad de las mitocondrias y sus reservas energéticas resultan determinantes para el éxito de la fecundación (Bustamante-González et al., 2019). Durante el proceso de congelación, las estructuras mitocondriales pueden verse drásticamente afectadas lo que conduce a una disminución del ATP necesario para el movimiento flagelar y, por ende, a una pérdida de motilidad (Cabrita et al., 2022).

### *Integridad de ADN*

La integridad del ADN espermático constituye otro pilar fundamental para la transferencia óptima de información genética a la siguiente generación, ya que el espermatozoide debe transportar el ADN paterno al óvulo sin que se produzcan rupturas o alteraciones en la cromatina, pues cualquier daño en el ADN puede repercutir negativamente en la fertilidad y en el desarrollo embrionario (Bustamante-González et al., 2019). La criopreservación, a través de la formación de cristales de hielo, el estrés osmótico y el estrés oxidativo, puede inducir daños en la estructura del ADN sin necesariamente afectar otros parámetros de calidad como la motilidad (Martinez-Paramo et al., 2009; Gallego y Asturiano, 2019; Medina-Robles et al., 2020).



### OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



## Criobancos

La criopreservación es una herramienta ampliamente utilizada en los criobancos o bancos de recursos genéticos son instituciones en las cuales se preserva el material genético de múltiples organismos en ultra-bajas temperaturas. A nivel mundial, operan criobancos como el Frozen Ark Consortium (Reino Unido), Cryo-Brehm (Alemania), RIFCH Bank (República Checa), CryoAqua (Francia), USDA-NAGP (EE. UU.) y EMBRAPA (Brasil), que buscan conservar la diversidad genética principalmente de especies endémicas (Martínez-Paramo et al., 2017). En México, se ha establecido el Centro Nacional de Recursos Genéticos, que forma parte del Sistema Nacional de Recursos Genéticos. Los objetivos del CNRG incluyen preservar y proteger los recursos genéticos del país, así como contribuir y promover el uso ordenado y racional de los recursos genéticos de México (Paniagua-Chávez et al. 2011).

Las investigaciones en crioconservación han abarcado diferentes formas de material genético en peces, incluyendo espermatozoides, células somáticas, células germinales, ovocitos y embriones. Sin embargo, el material genético más comúnmente crioconservado son los espermatozoides, esto debido a su pequeño tamaño y relativa resistencia al enfriamiento, además de ocupar menos espacio de almacenamiento (Medina-Robles et al., 2020; Cabrita et al., 2022).

## Criopreservación de germoplasma de peces marinos

La criopreservación de esperma en peces marinos se encuentra menos desarrollada en comparación con las especies de agua dulce, esto debido a que la mayoría de las especies marinas cultivadas se reproducen de forma natural en condiciones de cultivo, lo que reduce la necesidad de técnicas como la fertilización artificial (Martínez-Paramo et al., 2017; Cabrita et al., 2022).

No obstante, la criopreservación de especies de peces de ecosistemas marinos, ha sido relevante para el manejo de programas de mejoramiento genético y en la gestión de reproductores que aseguran la producción del cultivo de estos organismos (Martínez-Paramo et al., 2017).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original





En la siguiente tabla (Tabla 1) podemos observar protocolos simplificados de criopreservación de algunas especies de importancia comercial, en esta tabla podemos observar que, a pesar de que los organismos pertenezcan a una misma familia, estos varían tanto en la solución extender a utilizar como en el agente crioprotectante más efectivo.

**Tabla 1.** Familias con especies que poseen protocolos de criopreservación. Protocolos de conservación para distintas especies de peces.

Familia	Especie	SE y ACP	Dilución	Cita
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>	Solución C y DMSO 10%	1:3	Sanches et al. (2013)
	<i>L. argentimaculatus</i>	Ringer y DMSO 10%	1:1	Vuthiphandchai et al. (2009)
	<i>L. campechanus</i>	cf-HBSS y DMSO 10%	1:3	Riley et al. (2004)
	<i>L. synagris</i>	Solución C y DMSO 10%	1:3	Sanches et al. (2015)
Scombridae	<i>Thunnus orientalis</i>	NaCl y Metanol 10%	1:9	Gwo et al. (2005)
Gadidae	<i>Gadus morhua</i>	Mounib y Propilenglicol 10%	1:3	Rideout et al. (2004)
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Mounib y Propilenglicol 10%	1:3	Rideout et al. (2004)
Epinephelidae	<i>Epinephelus bruneus</i>	LG-ASP2 y Glicerol 10%	1:2	Lim y Le (2013)
	<i>E. coioides</i>	NaCl y Trehalosa 15%	1:1	Peatpisut y Bart (2010)
	<i>E. moara</i>	NaCl, BSA y DMSO 10%	1:9	Cabrita et al. (2009)
	<i>E. septemfasciatus</i>	FBS y DMSO 5%	1:49	Koh et al. (2010)
Sparidae	<i>Pagrus major</i>	HBSS y DMSO 15%	1:3	Chen et al. (2010)
	<i>Sparus aurata</i>	NaCl y DMSO 10%	1:6	Cabrita et al. (2005)
Pleuronectidae	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	MTE y Metanol 10%	1:3	Babiak et al. (2008)
Lateolabracidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	Ringer y DMSO 10%	1:1	Ji et al. (2004)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



## De cara al futuro

La criopreservación aún está en la búsqueda de mejorarse a sí misma y para esto, algunos autores proponen la estandarización de metodologías, instrumentación y variables de calidad espermática que permitan generar protocolos transferibles al sector productivo (Martínez-Paramo et al., 2017; Medina-Robles et al., 2020). Por otro lado, es fundamental promover bancos de recursos genéticos para especies ícticas nativas, acompañados de la adecuada identificación genética y evaluación molecular de daños celulares, garantizando así la calidad del material preservado (Medina-Robles et al., 2020). Por último y no menos importante, se sugiere explorar el uso y la comercialización responsable de semen crioconservado, e impulsar el desarrollo de técnicas para criopreservación con el objetivo de ampliar las herramientas disponibles para su uso en granjas acuícolas (Cabrita et al., 2022).

## ► LITERATURA CITADA

- Babiak, I., Bolla, S., & Ottesen, O. (2008).** Suitable methods for cryopreservation of semen from Atlantic halibut (*z*). *Aquaculture International*, 16, 561-572.
- Betsy, J., Kumar, S. (2020).** *Cryopreservation: History and Development*. In: Betsy, J., Kumar, S. (eds) *Cryopreservation of Fish Gametes*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4025-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4025-7_6)
- Bobé, J., & Labbé, C. (2008).** *Chilled storage of sperm and eggs*. In *Methods in Reproductive Aquaculture* (pp. 241-258). <https://doi.org/10.1201/9780849380549>.
- Boryshpolets, S., Kholodnyy, V., Cosson, J., & Dzyuba, B. (2020).** Fish sperm quality evaluation after cryopreservation. *Cryopreservation of fish gametes*, 117-133.
- Bustamante-González, J. D., Rodríguez-Gutiérrez, M., Cortés-García, A., Arenas-Ríos, E., Figueroa-Lucero, G., & Ávalos-Rodríguez, A. (2019).** Fisiología y criopreservación del espermatozoide en teleósteos. *AquaTIC*, 53, 1-17.

### OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Cabrita, E., Robles, V., Cuñado, S., Wallace, J. C., Sarasquete, C., & Herráez, M. P. (2005).** Evaluation of gilthead sea bream, *Sparus aurata*, sperm quality after cryopreservation in 5 mL macrotubes. *Cryobiology*, 50(3), 273–284.
- Cabrita, E., Engrola, S., Conceição, L. E. C., Pousão-Ferreira, P., & Dinis, M. T. (2009).** Successful cryopreservation of sperm from sex-reversed dusky grouper, *Epinephelus marginatus*. *Aquaculture*, 287, 152–157.
- Cabrita, E., Sarasquete C., Martinez-Paramo S., Robles V., Beirao J., Perez-Cerezale S. & Herraez M. P. (2010).** Cryopreservation of fish sperm: applications and perspectives. *Journal of Applied Ichthyology* 26, 623–635.
- Cabrita, E., Horváth, Á., Marinović, Z., & Asturiano, J. F. (2022).** *Technologies and strategies for ex situ conservation of aquatic organisms: the role of cryopreservation in long-term management.* Cellular and Molecular Approaches in Fish Biology (pp. 1-48). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822273-7.00011-2>
- Chen, Y. K., Liu, Q. H., Li, J., Xiao, Z. Z., Xu, S. H., & Shi, X. H. (2010).** Effect of long-term cryopreservation on physiological characteristics, antioxidant activities and lipid peroxidation of red sea bream (*Pagrus major*) sperm. *Cryobiology*, 61(2), 189–193.
- Ciereszko, A., Judycka, S., Nynca, J., Słowińska, M., Dietrich, M.A. (2020).** *Factors Influencing Milt Quality in Fishes and Its Usefulness to Cryopreservation.* In: Betsy, J., Kumar, S. (eds) *Cryopreservation of Fish Gametes.* Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4025-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4025-7_3).
- Gallego, V., & Asturiano, J. F. (2019).** Fish sperm motility assessment as a tool for aquaculture research: a historical approach. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 697-724.
- Gwo, H.-H., Weng, T.-S., Fan, L.-S., & Lee, Y.-H. (2005).** Development of cryopreservation procedures for semen of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Aquaculture*, 249, 205–211.



## OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Hagedorn, M. M., Daly, J. P., Carter, V. L., Cole, K. S., Jaafar, Z., Lager, C. V., & Parenti, L. R. (2018).** Cryopreservation of fish spermatogonial cells: the future of natural history collections. *Scientific Reports*, 8(1), 6149.
- Horokhovatskyi Y., Sampels S., Cosson J (2016).** Lipid composition in common carp (*Cyprinus carpio*) sperm possessing different cryoresistance. *Cryobiology* 73, 282-285.
- Ji, X., Chen, S., Tian, Y., Yu, G., Sha, Z., Xu, M. and Zhang, S. (2004).** Cryopreservation of sea perch (*Lateolabrax japonicus*) spermatozoa and feasibility for production-scale fertilization. *Aquaculture*, 241(1-4), 517-528.
- Judycka, S., Nynca, J., Liszewska, E., Mostek, A., & Ciereszko, A. (2019).** Comparative analysis of sperm freezability of sex-reversed female brook trout and sex-reversed female rainbow trout semen. *Aquaculture*, 498, 201-207.
- Koh, I. C. C., Yokoi, K. I., Tsuji, M., Tsuchihashi, Y., & Ohta, H. (2010).** Cryopreservation of sperm from seven-band grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. *Cryobiology*, 61(3), 263–267.
- Lim, H. K., & Le, M. H. (2013).** Evaluation of extenders and cryoprotectants on motility and morphology of longtooth grouper (*Epinephelus bruneus*) sperm. *Theriogenology*, 79(5), 867–871.
- Magnotti, C., Cerqueira, V. R., Lee-Estevez, M., Farías, J. G., Valdebenito, I., & Figueroa, E. (2018).** Cryopreservation and vitrification of fish semen: a review with special emphasis on marine species. *Reviews in Aquaculture*, 10(1), 15-25.
- Martínez-Páramo, S., Horváth, Á., Labbé, C., Zhang, T., Robles, V., Herráez, P., & Cabrita, E. (2017).** Cryobanking of aquatic species. *Aquaculture*, 472, 156-177.
- Medina-Robles, V. M., Duarte-Trujillo, A. S., & Cruz-Casallas, P. E. (2020).** Crioconservación seminal en peces de agua dulce: aspectos biotecnológicos, celulares y bioquímicos. *Orinoquia*, 24(2), 51-78.



## OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Paniagua-Chávez, C. G., Ortiz-Gallarza, S. M., & Aguilar-Juárez, M. (2011).** Subsistema Nacional de Recursos Genéticos Acuáticos: uso de la criopreservación para la conservación de los recursos genéticos acuáticos en México. *Hidrobiológica*, 21(3), 415-429.
- Peatpisut, T., & Bart, A. N. (2010).** Cryopreservation of sperm from natural and sex-reversed orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Aquaculture Research*, 42(1), 22–30.
- Riley, K. L., Holladay, C. G., Chesney, E. J. and Tiersch, T. R. (2004).** Cryopreservation of sperm of red snapper (*Lutjanus campechanus*). *Aquaculture*, 238(1-4), 183-194.
- Thilak Pon Jawahar, K.& Betsy, J. (2020).** *Cryopreservation of Fish Gametes: An Overview*. In: Betsy, J., Kumar, S. (eds) *Cryopreservation of Fish Gametes*. Springer, Singapore.
- Sanches, E., Oliveira, I., Serralheiro, P., & Cerqueira, V. (2013).** Cryopreservation of mutton snapper (*Lutjanus analis*) sperm. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 85(3), 1083–1091.
- Sanches, E., Oliveira, I., Serralheiro, P., & Cerqueira, V. (2015).** Sperm cryopreservation of lane snapper *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758). *Brazilian Journal of Biology*, 75(3), 662-9. doi: 10.1590/1519-6984.20613
- Vuthiphandchai, V., Thadsri, I. and Nimrat, S. (2009).** Chilled storage of walking catfish (*Clarias macrocephalus*) semen. *Aquaculture*, 296(1-2), 58-64.
- Yongsheng, T., Jingjing, Z., Zhentong, L., Ziqi, L., & Linna, W. (2020).** Cryopreservation of Marine Fish Sperm. In: Betsy, J., Kumar, S. (eds) *Cryopreservation of Fish Gametes*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4025-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4025-7_9), 187-210.



## OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original