

Avances en el conocimiento de la biología y fisiología digestiva de juveniles del caballito de mar del Pacífico *Hippocampus ingens*

Daniela A. Corona-Rojas¹, Daríel Tovar-Ramírez¹ y Carlos A. Aguilar-Cruz²

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR).
²Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

Abstract

The Pacific seahorse *Hippocampus ingens* is listed as Vulnerable by the International Union for Conservation of Nature (IUCN). It is listed in NOM-059-2 SEMARNAT-2001 as a species subject to special protection in Mexico. The culture of these organisms is considered as an alternative to satisfy the demand and reduce their overexploitation. However, limited knowledge of their nutritional requirements and feeding patterns during the reproductive and juvenile stages have been identified as the main obstacles to their commercial success. This work describes the histology patterns during ontogeny and enzyme activities during the juvenile stage of *H. ingens* to solve the nutrition and health problems afflicting this species.

Keywords: *Hippocampus ingens*, juveniles, culture.

Resumen

El caballito del Pacífico *Hippocampus ingens* está catalogado como Vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). En México está listado en la NOM-059-2 SEMARNAT-2001 como especie sujeta a protección especial. El cultivo de estos organismos se considera como alternativa para satisfacer la demanda y reducir su sobreexplotación. Sin embargo, el limitado conocimiento de sus requerimientos nutricionales, así como de los patrones de alimentación durante los períodos de reproducción y etapas juveniles han sido identificados como los principales obstáculos para su éxito comercial. Este trabajo describe los patrones histológicos durante la ontogenia y la actividad enzimática digestiva en juveniles de *H. ingens* con el propósito de resolver los problemas de nutrición y salud que aquejan a esta especie.

Palabras clave: *Hippocampus ingens*, juveniles, cultivo.

Problemática

Las poblaciones naturales de caballitos de mar actualmente están siendo sobreexplotadas por capturas directas (medicina tradicional china y europea, para consumo humano, uso artesanal) y capturas incidentales. Se requiere el estudio de la biología y el cultivo de estos peces para coadyuvar en la disminución de los efectos del aprovechamiento y que por la investigación se permita crear técnicas para la reproducción controlada, su conservación y la satisfacción de la demanda.

Usuarios

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), productores, investigadores y técnicos relacionados con la biología, el cultivo y conservación del caballito del Pacífico, *H. ingens*.

Introducción

Los caballitos de mar son peces muy carismáticos que presentan un peculiar aspecto que los diferencia de los demás teleosteos. Tienen una orientación vertical, un hocico largo y tubular, así como una cola prensil. Además, que no poseen escamas y su cuerpo está revestido por una piel delgada con placas óseas en forma de anillos (Lourie et al., 2004; Leysen et al., 2011). Otro de sus atractivos, es su tipo de reproducción, son monógamos y la hembra deposita sus huevos dentro de la bolsa de incubación del macho para su fecundación y protección, y al ser liberados por el macho, son juveniles totalmente independientes (Lourie et al., 2004; Corona-Rojas,

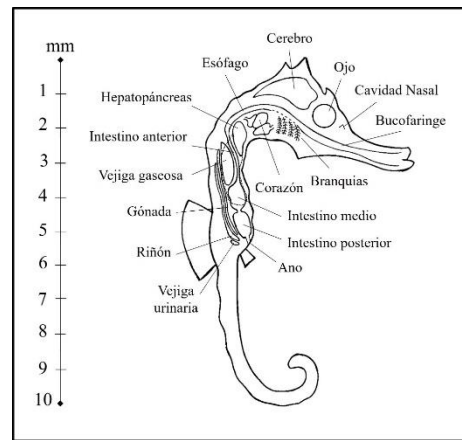


Figura 1. Esquema de la anatomía interna de juveniles de *Hippocampus ingens*.

2015). En México, se distribuyen cuatro especies de caballitos de mar, *H. ingens* en la costa del Pacífico, mientras que *H. erectus*, *H. reidi* y *H. zosterae* en el Atlántico (más específicamente en el Golfo de México y Mar Caribe) (Lourie et al. 2004; Encomendero-Yépez, 2009). El caballito del Pacífico (*H. ingens*) se distribuye desde San Diego, California hasta el norte de Perú incluyendo el Golfo de California y las Islas Galápagos. En Baja California Sur, se ubica en Bahía Concepción, Loreto, Ensenada de La Paz, Bahía de la Paz, Cabo Pulmo, Cabo San Lucas, Bahía Magdalena, San Ignacio, Laguna Ojo de Liebre (De la Cruz-Agüero et al., 1997; Corona-Rojas, 2015). Actualmente, las poblaciones salvajes de caballitos de mar están sobreexplotadas en todo el mundo por su uso en la medicina tradicional china y europea, para consumo humano, organismos ornamentales en acuarios y por las capturas incidentales en la pesca del camarón (Foster & Vincent 2004; Corona-Rojas, et al 2021; Najera-Medellin, et al 2023). Se considera el cultivo como una alternativa para satisfacer su creciente demanda y reducir la sobreexplotación. Sin embargo, enfrenta muchos "cuellos de botella" debido a las enfermedades por patógenos, nutrición inadecuada y manejo de condiciones ambientales; en particular para *H. ingens*, debido a la poca información sobre esta especie. Además, el escaso conocimiento de sus requerimientos nutricionales, su morfología y fisiología digestiva durante las etapas juveniles, se ha identificado como un obstáculo importante para su éxito comercial (Koldewey & Martin-Smith 2010; Otero-Ferrer 2011; Novelli et al. 2016; Wang et al., 2016). Por lo que, la contribución principal de este trabajo permitirá optimizar el desarrollo de tecnologías para la elaboración de un alimento adecuado a la capacidad digestiva y etapa de desarrollo de dicha especie.

Objetivos

Analizar y describir las características histológicas, histoquímicas generales y la actividad enzimática digestiva, en juveniles del caballito del Pacífico, *H. ingens*.

Materiales y Métodos

Los juveniles de un mes de edad (35 organismos) fueron obtenidos de una pareja de adultos salvajes y mantenidos en un sistema cultivo cerrado en las Instalaciones de la UABCS en la Unidad de Pichilingue. Se les realizaron cortes histológicos para describir los órganos presentes en ejemplares sanos. Dichos cortes se hicieron a 4 µm y fueron teñidos con Hematoxilina de Gill-Eosina Y-Floxina, Tricrómica de Gomori, Azul de Toluidina y Herovici (Corona-Rojas, 2015), y a partir de las observaciones de la anatomía externa y la examinación de las laminillas, se realizaron esquemas que identifican las principales características de *H. ingens*. Los otros juveniles (15 organismos), pero de 3 meses de edad (donados por la Granja "Ingens Cultivos Marinos", situada en Mazatlán, Sinaloa, México), fueron utilizados para hacer análisis histológicos añadiendo tinciones histoquímicas tales como Azul Alcían-PAS, Sudán Negro, y Ninhidrina-Schiff (Corona-Rojas et al. 2021) y análisis de la actividad enzimática digestiva de tripsina, quimotripsina, α-amilasa, lipasa, aminopeptidasa, fosfatasa ácida y alcalinas (Corona-Rojas et al. 2021).

Resultados y Discusión

En los juveniles de *H. ingens*, tanto de 1 mes y 3 meses de edad, se les identificó; bucofaringe, cavidad

nasal, ojos, cerebro, branquias, esófago, corazón, hepatopáncreas (vesícula biliar), intestino anterior, medio y posterior, vejiga gaseosa, glándula gaseosa, gónada, riñón, vejiga urinaria y ano (Fig. 1). No poseen un estómago, ni dientes o lengua en su boca. Poseen 4 arcos branquiales. Su corazón consta de 4 cámaras, seno venoso, atrio, ventrículo y bulbo arterioso. Para el enfoque de la región digestiva, el esófago anterior mostró numerosas células mucosas secretoras de mucinas ácidas, y la posterior con pliegues longitudinales y sin células mucosas. El intestino anterior presentó células calciformes secretora mucinas ácidas y neutras, mientras que las regiones media y posterior presentaban células calciformes que secretaban únicamente mucinas ácidas (Fig. 2). Principalmente, en la estructura histológica y la ausencia de estómago, se asemeja a la descrita en otras especies del género incluidas *H. abdominalis*, *H. erectus*, *H. guttulatus* y *H. reidi* (Wardley 2006; Tindemans et al. 2010; Palma et al. 2014; Novelli et al. 2015). Las actividades enzimáticas específicas y totales se muestran en la Tabla 1. En *H. ingens*, la actividad proteolítica se basa principalmente en proteasas alcalinas debido a la falta de estómago. Además, la pinocitosis intestinal de polipéptidos en el intestino posterior seguido de digestión intracelular se ha descrito como un mecanismo para compensar la ausencia de estómago (Govoni et al. 1986; Ng et al. 2005; Zhang et al. 2016).

Conclusiones

Este estudio describe por primera vez la histología completa de los juveniles de *H. ingens*. Se observó que poseen todos los órganos de un adulto desde que nacen, y que sólo les falta crecer en volumen. Presentan un aparato digestivo bien desarrollado, con ausencia de estómago. Poseen un tubo largo como boca, la cual está carente de dientes y lengua, por lo que el alimento que ingieren lo realizan por medio de succión. La actividad enzimática digestiva detectada muestra que *H. ingens* tiene una maquinaria enzimática completa para digerir los principales nutrientes de los alimentos, y el alto nivel de actividad lipasa sugiere una alta necesidad de lípidos por parte de *H. ingens* a esa edad. Actualmente se procesan datos concernientes a la transcriptómica, genómica funcional, búsqueda de patógenos específicos y microbiota gastrointestinal, para poder generar información acerca de los procesos fisiológicos, metabólicos y moleculares de esta especie y potenciar de esta manera su cultivo.

Impacto Socioeconómico

Los caballitos de mar son especies con potencial de comercialización como alternativa en las sociedades de pescadores (artesánias) y empresas privadas (especies ornamentales), pero al estar en el catálogo de la lista de especies vulnerables, son urgentes y necesarios los estudios de factibilidad de cultivo para no afectar a las poblaciones naturales.

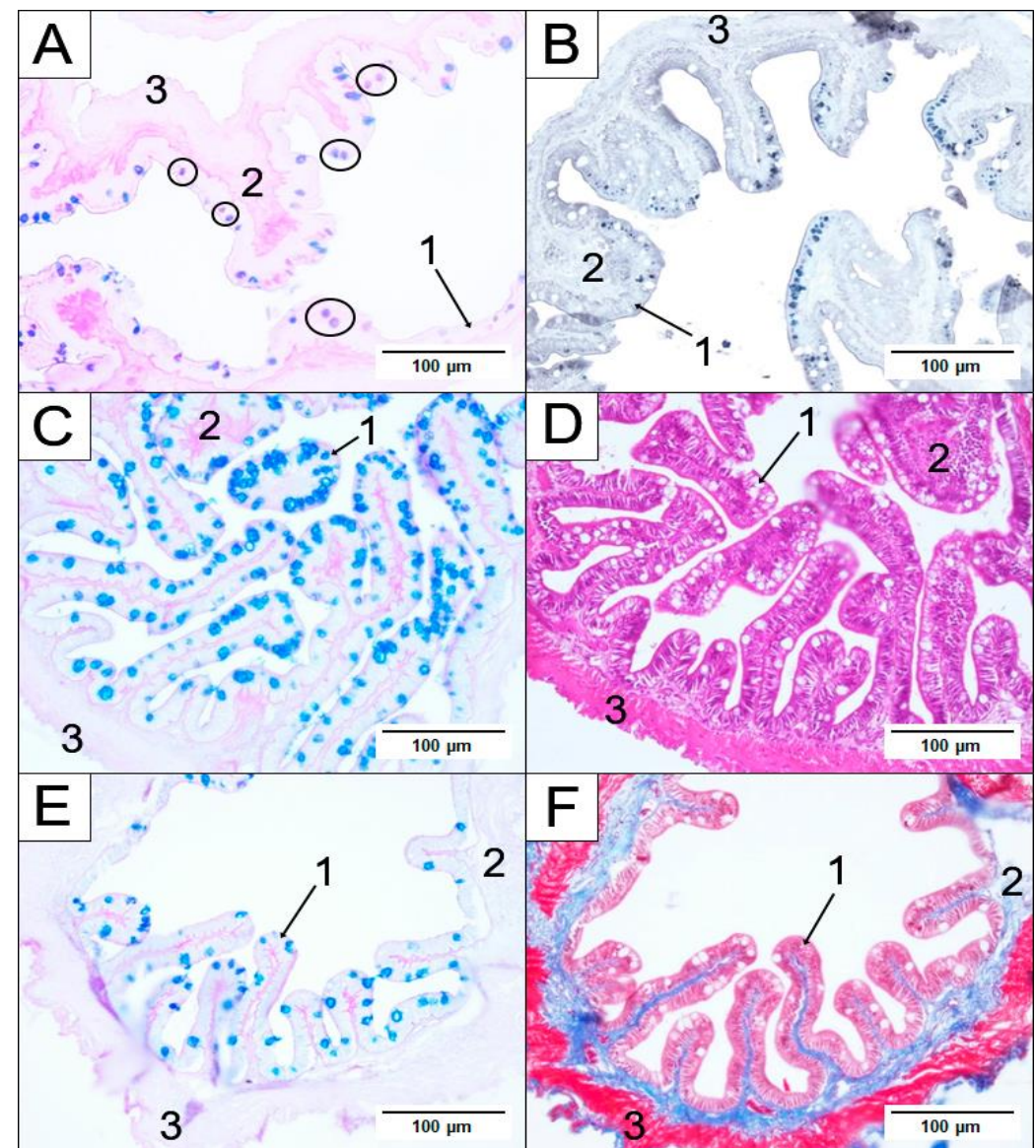


Figura 2. Estructura del intestino anterior (A y B), medio (C y D) y posterior (E y F). 1) Capa mucosa, 2) Capa submucosa, 3) Capa muscular. Los círculos indican células mucosas neutras teñidas de violeta con la tinción Azul Alcían-PAS, mientras que las ácidas se tiñen de azul. Con la tinción Sudán Negro (B) las células mucosas se ven como espacios blancos en el epitelio mientras que los triglicéridos se tiñen de negro.

Tabla 1. Actividad enzimática total y específica (promedio ± desv. est.) de *Hippocampus ingens* de 3 meses de edad.

Enzima	Actividad Enzimática (U/µl)	Actividad Específica (U/mg proteína)
Aminopeptidasa	6.22 ± 0.23	1.42 ± 0.05
Quimotripsina	20.69 ± 2.18	4.72 ± 0.50
Tripsina	261.27 ± 20.24	59.56 ± 4.61
Amilasa	39.37 ± 5.55	0.001 ± 0.01
Lipasa	1791.01 ± 152.65	408.28 ± 34.80
Fosfatasa ácida	1074.55 ± 84.06	244.95 ± 19.16
Fosfatasa alcalina	2115.17 ± 104.14	482.18 ± 23.74

Agradecimientos: A la Dra. Carmen Rodríguez Jaramillo por el análisis histoquímico y a la Biol. Patricia Hinojosa Baltazar por los análisis enzimáticos (con técnicas de fluorescencia) del tracto digestivo.



Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

Contacto PCTI:
hnelascosoria@gmail.com