

# Especies de caballito de mar (Syngnathidae, *Hippocampus*) de México: Estado de conservación y oportunidades futuras

Seahorse species (Syngnathidae, *Hippocampus*) present in Mexico: Overview of their conservation and future opportunities

Jesús Alejandro Nájera-Medellín<sup>1</sup>, Miroslava Quiñónez-Martínez<sup>1\*</sup>, Jesús Manuel Díaz-Gaxiola<sup>2</sup>, Dídac Santos-Fita<sup>3</sup>, Nemer E. Narchi<sup>4</sup> y Alba Yadira Corral-Avitia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Benjamín Franklin no. 4650, Zona PRONAF, C.P. 32310 Ciudad Juárez, Chihuahua, México

<sup>2</sup>Instituto de Los Mochis, Tecnológico Nacional de México, Academia de Biología, Blvd. Juan de Dios Bátiz y 20 de Noviembre S/N A.P. 766, C.P. 81250, Los Mochis, Sinaloa, México

<sup>3</sup>Departament d'Antropologia Social i Cultural, Universitat Autònoma de Barcelona, C.P. 08193, Bellaterra (Cerdanyola de Vallès), Barcelona, España

<sup>4</sup>Centro de Estudios en Geografía Humana, El Colegio de Michoacán, Cerro de Nahuatzen 85, Fracc. Jardines del Cerro Grande, C.P. 59379, La Piedad, Michoacán, México

\*Autor corresponsal: [mquinone@uacj.mx](mailto:mquinone@uacj.mx)

**Abstract.** Seahorses (genus *Hippocampus* Rafinesque, 1810) are a group of bony fish distributed in warm and temperate marine waters around the world. Currently they are under anthropogenic pressure derived from the destruction and modification of the habitat, as well as its commercial exploitation for food, medicine (especially in Asia) and aquaculture, which has led to a drastic decrease in wild populations. In Mexico, four species of seahorses are distributed (*H. erectus*, *H. ingens*, *H. reidi*, *H. zosterae*), however, there is still a lack of knowledge relating biological-ecological aspects. Although they are protected by national and international regulations, wildlife populations are affected by incidental fishing (mainly by shrimp and scale fish industry) and furtive fishing. This review describes information regarding biological and population parameters, exploitation, commercialization, and uses of the four *Hippocampus* species present in Mexico. The ultimate purpose is to establish the bases for future conservation programs focused on these fish.

**Key words:** *Hippocampus*, conservation, wildlife trade, Mexico

**Resumen.** Los caballitos de mar (género *Hippocampus* Rafinesque, 1810) son un grupo de peces óseos distribuidos en aguas marinas cálidas y templadas alrededor del mundo. Actualmente se encuentran bajo presión antropogénica derivada de la destrucción y modificación del hábitat, así como por su explotación comercial para fines alimenticios, medicinales (sobre todo en Asia) y de acuicultura, lo que ha llevado a una disminución drástica de las poblaciones silvestres. En México, se encuentran distribuidas cuatro especies de caballitos de mar (*H. erectus*, *H. ingens*, *H. reidi*, *H. zosterae*), sin embargo, aún se desconocen varios aspectos biológicos-ecológicos. A pesar de estar protegidas por normatividad nacional e internacional, las poblaciones en vida libre se ven afectadas por la pesca incidental (principalmente por la industria camaronesa y de escama) y pesca furtiva. La presente revisión describe información referente a parámetros biológicos, poblacionales, aprovechamiento, comercialización y usos de las cuatro especies de *Hippocampus* presentes en México. La finalidad última es consignar las bases para futuros programas de conservación enfocados en estos peces.

**Palabras clave:** *Hippocampus*, conservación, comercio de vida silvestre, México

## INTRODUCCIÓN

Los caballitos de mar constituyen un grupo de peces óseos distribuidos en los mares de regiones cálidas y templadas del mundo. Todos reunidos dentro del género *Hippocampus* Rafinesque, 1810, con 41 especies validadas (Lourie *et al.* 2016). Se caracterizan por su peculiar morfología, ya que tienen cabezas posicionadas en ángulo recto con su cuerpo, troncos curvados y una cola sin aletas; presentan en su tegumento una serie de placas óseas recubiertas de piel, con cromatóforos y desprovista de escamas, además

pueden tener protuberancias óseas o filamentos de piel que sobresalen (Lourie *et al.* 2016). Los ojos pueden moverlos independientemente o convergirlos para tener visión binocular y en la parte posterior de sus cabezas cuentan con una cresta ósea en forma de estrella llamada coroneta, la cual tiene una articulación con el borde trasero del cráneo. La altura en adultos varía entre las especies y oscilan entre menos de 2 cm (*H. denise*) hasta 8-35 cm (*H. abdominalis*; *H. ingens*) (Lourie 2016). La característica principal para diferenciar



entre sexos es un saco incubador o *marsupium* que poseen los machos en el vientre, el cual se utiliza para incubar y proteger los huevos una vez fertilizados, así como el desarrollo de los embriones (Taylan *et al.* 2020). Los juveniles tienen cabezas más grandes en relación con sus cuerpos, su forma es más delgada, estilizada y con mayor proporción de espinas, además de presentar coronetas relativamente más largas (Lourie *et al.* 2016). El número de radios en las aletas y anillos en la cola es constante durante toda su vida, por lo que es uno de los caracteres más confiables para identificar especímenes, sobre todo en estadios juveniles (Lourie 2016). Los caballitos de mar tienen la capacidad de mimetizarse con su entorno al cambiar de color o modificar sus filamentos tegumentarios (Qin *et al.* 2017).

La importancia de la conservación *in situ* de las poblaciones de caballitos de mar radica en su diversidad biológica-evolutiva y ecológica (Vincent *et al.* 2011a). Su evolución y ontogenia apoyan a entender la ecología reproductiva en peces óseos (Jones & Avise 2001, Wilson *et al.* 2003, Stölting & Wilson 2007), asimismo son activos depredadores de crustáceos planctónicos y bentónicos como copépodos, anfípodos y mísidos (Tipton & Bell 1988, Felício *et al.* 2006, Castro *et al.* 2008, Garcia *et al.* 2012), ya sea sujetos a algún sustrato y camuflajeados, o nadando lentamente pues no son suficientemente rápidos para perseguir a sus presas. Además, por su particular morfología, los caballitos de mar son organismos bandera, es decir, pueden ser usados como imagen en programas de conservación para captar la atención del público y obtener apoyo económico a través de donaciones, fondos, exhibiciones, entre otros; mismo que pueden ser utilizado en conservar los hábitats donde se encuentran (*e.g.*, manglares, pastos marinos, arrecifes, estuarios y bosques de macroalgas) y especies con las que cohabitan (Lourie 2016).

En cuanto a su explotación, comunidades de pescadores en algunas naciones (*e.g.*, Tailandia, India, México, Filipinas, Vietnam, Brasil) obtienen ingresos capturando caballitos de mar para venta local o exportaciones (Yasué *et al.* 2015, Pajaro & Vincent 2016). Estos peces se emplean en la medicina tradicional asiática atribuyéndoles diversas propiedades

benéficas para la salud (Chen *et al.* 2015, Jiang *et al.* 2018). Particularmente en México, ejemplares desecados de caballitos de mar se utilizan como objeto artesanal turístico (Bruckner *et al.* 2005), y ocasionalmente asociado como ingrediente para uso medicinal local (Fernández-Apango *et al.* 2002). Sin embargo, gran proporción de los volúmenes capturados se integran al comercio internacional como un elemento zoterapéutico dentro de la medicina tradicional.

Cuatro especies de caballito de mar se encuentran distribuidas en México: *Hippocampus ingens* (Girard, 1858) en el Pacífico y Golfo de California; *H. erectus* (Perry, 1810), *H. reidi* (Ginsburg, 1933) y *H. zosterae* (Jordan & Gilbert, 1882) en el Atlántico y mar Caribe (Lourie 2016). En México, no hay registros que exista una pesquería dedicada a la extracción exclusiva de caballitos de mar, sin embargo, un bajo porcentaje de estos son capturados incidentalmente por actividades de pesca comercial, principalmente a través de la pesca de camarón con redes de arrastre. Se ha planteado que esta actividad involucra acciones de pesca ilegal en las cercanías o dentro de áreas naturales marinas protegidas, como en la Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado en el Golfo de México, Laguna de Términos y Loreto (litoral Pacífico) (Bruckner *et al.* 2005, Lawson *et al.* 2017).

En general, todo el género *Hippocampus* se encuentra incluido en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (IUCN 2021), además de contar con protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010)<sup>1</sup> en México.

Por lo anterior, el objetivo de la presente revisión fue recopilar información referente a parámetros taxonómicos, biológicos y poblacionales, aprovechamiento, comercialización y usos de las cuatro especies de *Hippocampus* presentes en México, como base para futuros programas de conservación enfocados en estos peces y los ecosistemas en que residen.

<sup>1</sup>SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México. <<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>>

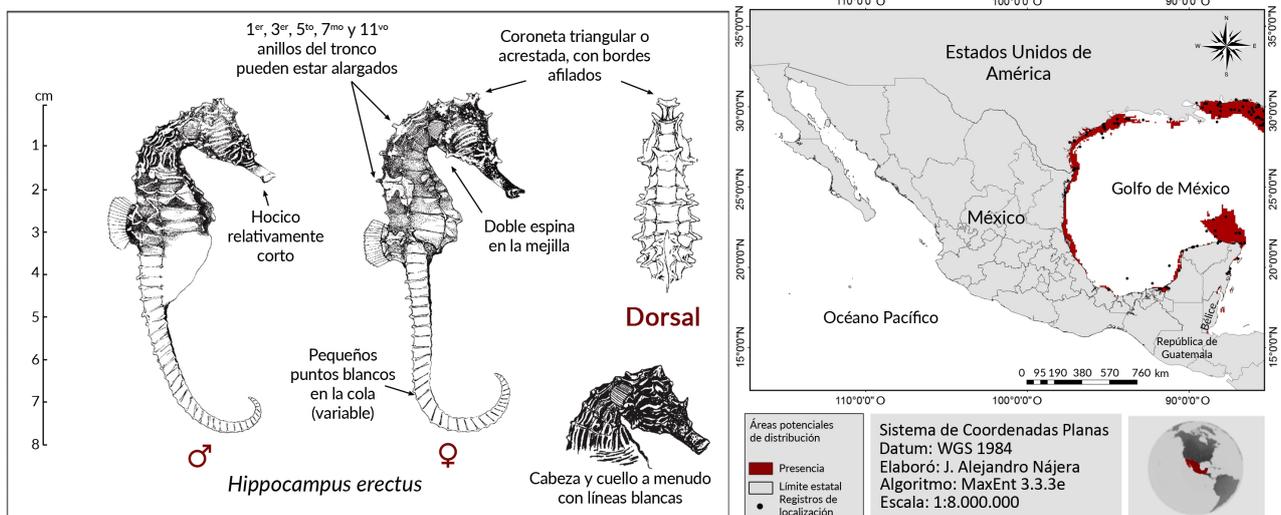
## MORFOLOGÍA DE LAS ESPECIES DE *HIPPOCAMPUS* EN MÉXICO

### *HIPPOCAMPUS ERECTUS*

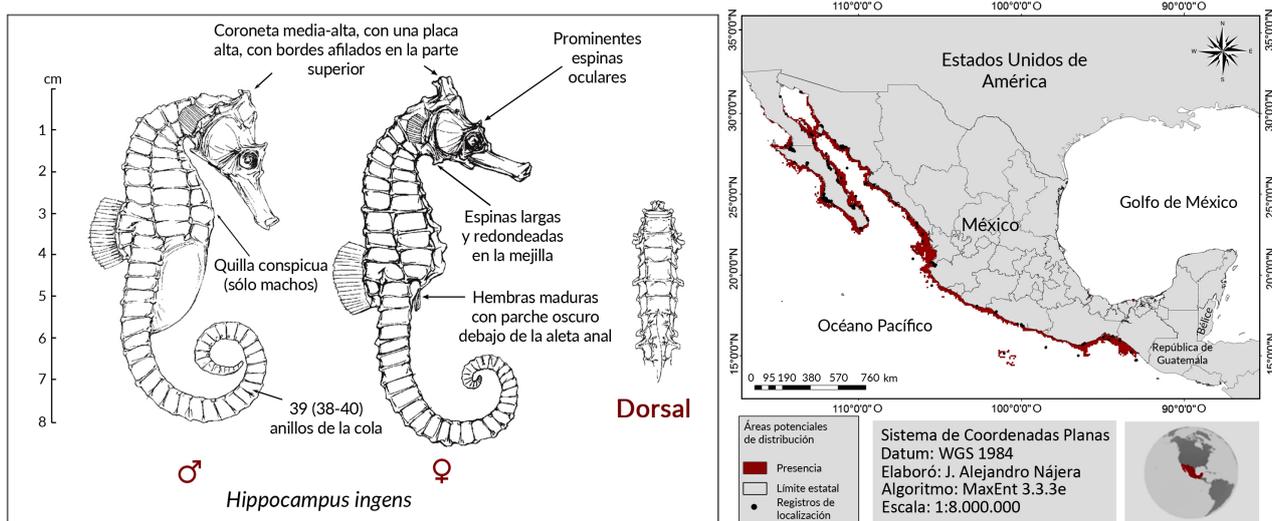
Conocido como “caballito de mar rayado”, “caballito erecto” o “caballito del norte” (“northern seahorse” en inglés), se caracteriza por presentar una coloración base variable, que oscila desde gris ceniza, naranja, marrón (con colores más pálidos en el lado ventral), amarillo y rojo a negro; a menudo con un patrón característico de líneas blancas siguiendo el contorno del cuello y pequeños puntos blancos en la cola. Se ha registrado una altura máxima de 19 cm en ejemplares adultos (Lourie *et al.* 2016), y el hocico generalmente mide menos de la mitad de la cabeza (relación largo cabeza/hocico: 2,6/2,2 cm aproximadamente). Posee 11 anillos en el tronco y 36 en la cola; la aleta dorsal está sostenida por dos anillos del tronco y uno de la cola. Los radios en la aleta dorsal oscilan de 18 a 19, mientras que los de la aleta pectoral de 15 a 16. La coroneta tiene una forma triangular o acrostada, con bordes afilados. Las espinas en su cuerpo son variables, pudiendo no tener ninguna, hasta presentar espinas bien desarrolladas con puntas romas o afiladas; la espina de la mejilla puede ser simple o doble (Lourie *et al.* 2016). Esta especie posee dimorfismo sexual (Anderson 2012) (Fig. 1).

### *HIPPOCAMPUS INGENS*

Conocido como “caballito de mar del Pacífico” (“Pacific seahorse” en inglés) por su distribución nativa en las aguas del Pacífico americano. Presenta coloraciones rojizas, gris, amarilla y dorada o con varios tonos de marrón; puede tener líneas blancas finas y marcas oscuras que se extienden verticalmente por el cuerpo (Lourie *et al.* 2004, Lourie 2016). Se ha registrado una altura máxima de 31 cm en ejemplares adultos (Miller & Lea 1972 *vide* Lourie *et al.* 2004), aunque por lo general oscilan entre los 12 y 18 cm. El largo de la cabeza se encuentra en un promedio de 2,3 cm, mientras que el largo del hocico varía entre 2,1 a 2,5 cm. Posee 11 anillos en el tronco y 39 en la cola; la aleta dorsal está sostenida por dos anillos del tronco y uno de la cola. Cuenta con 18 a 21 radios en la aleta dorsal, mientras que los de la aleta pectoral varían de 15 a 17 radios. La coroneta se encuentra inclinada hacia atrás, con 5 puntos bien definidos y con bordes afilados o pestañas en la parte superior. Las espinas en su cuerpo son variables, desde protuberancias bajas y redondeadas hasta espinas de punta roma bien desarrolladas; presenta una única espina prominente, larga (caída) y redondeada en la mejilla, y una espina prominente en el ojo. Los machos comúnmente tienen una quilla conspicua en el centro del tronco. Las hembras sexualmente maduras a menudo tienen un parche oscuro debajo de la aleta anal (Lourie *et al.* 2016) (Fig. 2).



**Figura 1. *Hippocampus erectus*. Características morfológicas (modificado de Lourie *et al.* 2004) y distribución biogeográfica potencial en México (modificado de Najera-Medellin & de la Mora-Covarrubias 2019) / *Hippocampus erectus*. Morphological characteristics (modified from Lourie *et al.* 2004) and potential biogeographic distribution in Mexico (modified from Najera-Medellin & de la Mora-Covarrubias 2019)**



**Figura 2. *Hippocampus ingens*. Características morfológicas (modificado de Lourie *et al.* 2004) y distribución biogeográfica potencial en México (modificado de Najera-Medellin & de la Mora-Covarrubias 2019) / *Hippocampus ingens*. Morphological characteristics (modified from Lourie *et al.* 2004) and potential biogeographic distribution in Mexico (modified from Najera-Medellin & de la Mora-Covarrubias 2019)**

### *HIPPOCAMPUS REIDI*

Conocido como “caballito de hocico largo” (“longsnout seahorse” en inglés), puede ser encontrado en diferentes colores como naranja, amarillo o marrón, su cuerpo profusamente manchado con puntos marrones y numerosos puntos blancos (especialmente en la cola); puede tener patrones más claros a través de las superficies dorso-laterales (Lourie *et al.* 1999, 2004). Se ha registrado una altura máxima de 17,5 cm (Lourie *et al.* 1999). El largo de la cabeza se encuentra en un promedio de 2,2 cm, mientras que el largo del hocico oscila en un rango de 2,0 a 2,5 cm. Posee 11 anillos en el tronco y 35 en la cola; la aleta dorsal está sostenida por dos anillos del tronco y uno de la cola. Cuenta con 16 a 19 radios en la aleta dorsal, mientras que los de la aleta pectoral varían de 15 a 17. La coroneta es de baja a media altura, ligeramente ondulada. No presenta espinas a lo largo de su cuerpo, pero puede llegar a desarrollar pequeños tubérculos redondeados; tiene espinas anchas, casi dobles en la mejilla y ojos. La característica más distintiva de esta especie es su hocico, el cual es largo y grueso (Lourie *et al.* 2016) (Fig. 3).

### *HIPPOCAMPUS ZOSTERAE*

Conocido como “caballito enano” (“dwarf seahorse” en inglés) se diferencia simplemente por su tamaño, el cual puede llegar hasta los 3,7 cm en ejemplares adultos (Lourie *et al.* 1999, 2004; Alford & Grist 2005). El patrón de coloración oscila del beige, amarillo, verde, o negro; puede tener marcas blancas a modo de salpicaduras, aunque algunos especímenes tienen puntos oscuros (Lourie *et al.* 2004, Lourie 2016). El hocico es corto (0,43 cm), mientras que el largo de la cabeza se encuentra en un promedio de 0,42 cm. Posee de 9 a 10 anillos en el tronco y 31 a 32 en la cola; la aleta dorsal está sostenida únicamente por dos anillos del tronco. Cuenta con 12 radios en la aleta dorsal, mientras que los de la aleta pectoral varían de 11 a 12. La coroneta es alta, en forma de columna o perilla, sin espinas ni proyecciones. Las espinas del cuerpo son pequeñas y periformes, dándole una apariencia verrugosa a la piel, a menudo presenta derivados tegumentarios a modo de filamentos a lo largo del cuerpo; no presenta espinas en las mejillas ni ojos. Se distribuye en el Golfo de México y desde las Bahamas hasta las Bermudas (Lourie *et al.* 2016) (Fig. 4).

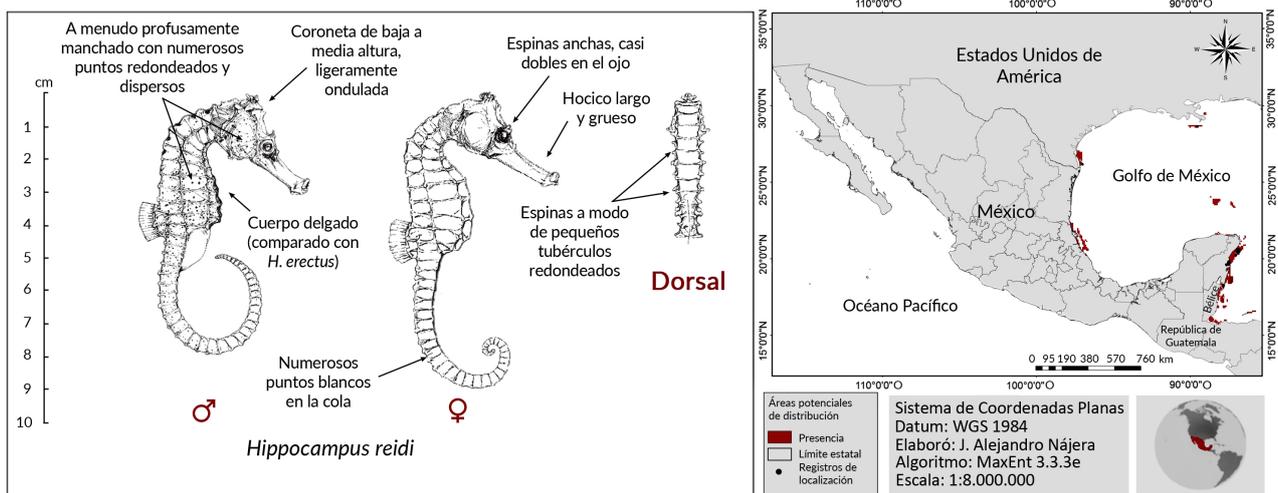


Figura 3. *Hippocampus reidi*. Características morfológicas (modificado de Lourie et al. 2004) y distribución biogeográfica potencial en México (modificado de Nájera-Medellín & de la Mora-Covarrubias 2019) / *Hippocampus reidi*. Morphological characteristics (modified from Lourie et al. 2004) and potential biogeographic distribution in Mexico (modified from Nájera-Medellín & de la Mora-Covarrubias 2019)

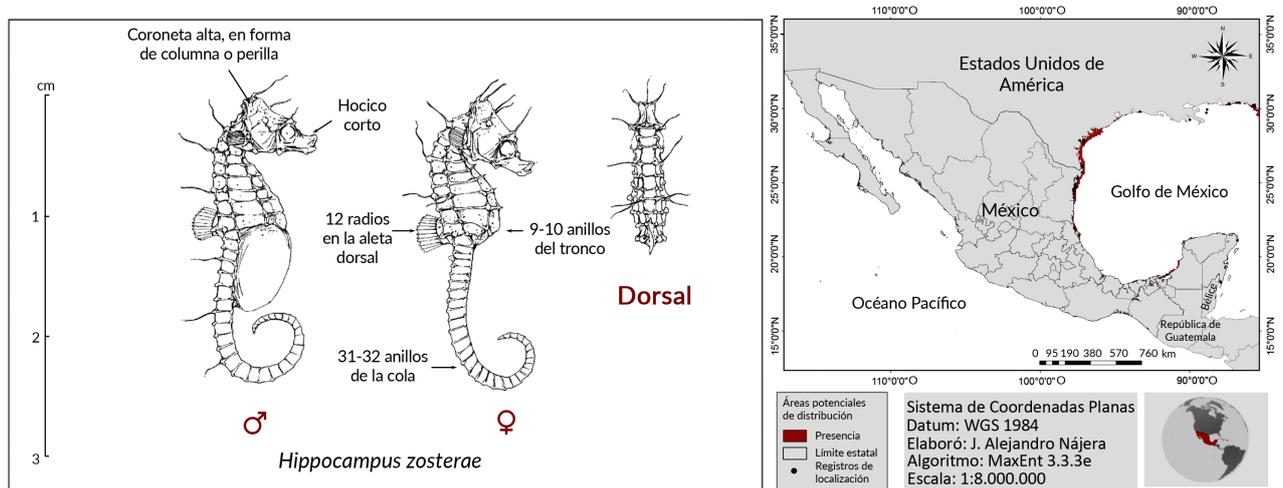


Figura 4. *Hippocampus zosterae*. Características morfológicas (modificado de Lourie et al. 2004) y distribución biogeográfica potencial en México (modificado de Nájera-Medellín & de la Mora-Covarrubias 2019) / *Hippocampus zosterae*. Morphological characteristics (modified from Lourie et al. 2004) and potential biogeographic distribution in Mexico (modified from Nájera-Medellín & de la Mora-Covarrubias 2019)

### PARÁMETROS ECOLÓGICOS Y POBLACIONALES

La información de las poblaciones de vida libre actuales de las especies de caballitos de mar en México es escasa (Foster & Vincent 2016), especialmente la investigación de parámetros importantes como: viabilidad poblacional, tasa de crecimiento, dispersión poblacional, mortalidad natural y evaluaciones pesqueras (Baum & Vincent 2005, Foster 2008). En general, el conocimiento actual sobre caballitos de mar se ha enfocado en la elaboración e implementación de protocolos de cría en cautiverio, principalmente para las especies *H. erectus* (Zhang et al. 2010, 2011; Vite-García et al. 2014) y *H. ingens* (Ortega-Salas & Reyes-Bustamante 2006, Masonjones et al. 2010, Encomedero et al. 2016).

Los caballitos de mar ocupan aguas costeras templadas y tropicales, por lo general pueden encontrarse entre los corales, bosques de macroalgas, raíces de los manglares y pastos marinos, aunque algunos viven en fondos arenosos o fangosos abiertos (Ambo-Rappe et al. 2021, Hernández-Urcera et al. 2021, Schwarz-Junior et al. 2021). Estos ecosistemas son particularmente susceptibles a la degradación por actividades antropogénicas (Cohen et al. 2017), lo que pone en riesgo directo la estabilidad y viabilidad de las poblaciones silvestres de hipocampos. Por otra parte, tienden a estar distribuidos en parches de bajas densidades y la mayoría de las especies de caballitos de mar estudiadas exhiben una alta fidelidad al sitio y un pequeño rango de

distribución, al menos durante la época de cría (Kvarnemo *et al.* 2021, Schwarz-Junior *et al.* 2021). Los juveniles de algunas especies son planctónicas y entran en la columna de agua inmediatamente después del nacimiento (Li *et al.* 2021); se desconoce el alcance de la dispersión juvenil por medios pasivos, pero puede proporcionar cierto flujo de genes entre las poblaciones (Lourie *et al.* 2004). Las densidades reportadas de caballitos de mar podrían ser similares en las poblaciones sujetas y no sujetas a pesca (Lawson *et al.* 2017, Stocks *et al.* 2019), sin embargo, en algunas poblaciones esa

baja densidad probablemente derive de la sobreexplotación por captura incidental (Pierri *et al.* 2021). Se han realizado trabajos de modelado de nicho ecológico (Zhang & Vincent 2018, Najera-Medellin & de la Mora-Covarrubias 2019) de las cuatro especies de caballitos de mar en México, los cuales pueden apoyar en la identificación de preferencia de hábitat y delimitación de zonas potenciales de muestreo. En la Tabla 1 se observa información detallada con respecto a los parámetros biológicos y ecológicos para las especies de *Hippocampus* de interés.

**Tabla 1. Parámetros biológicos y ecológicos de las cuatro especies de caballitos de mar presentes en México / Biological and ecological parameters of the four seahorses species present in Mexico**

Parámetro	<i>Hippocampus erectus</i>	<i>Hippocampus ingens</i>	<i>Hippocampus reidi</i>	<i>Hippocampus zosterae</i>
Profundidad máxima	100 m (Freret-Meurer & Andreatta 2011)	60 m (Pollom 2017b)	55 m (Vari 1982)	10 m (Lourie 2016)
Periodo de actividad	Diurna (Masonjones <i>et al.</i> 2019)	Nocturna (Foster & Vincent 2004)	Se presume diurna (de la Nuez-Hernández <i>et al.</i> 2016, Schwarz-Junior <i>et al.</i> 2021)	Diurna (Tipton & Bell 1988)
Salinidad	Mín: 10 Máx: 35,5-38,8 (Rose <i>et al.</i> 2016, Masonjones <i>et al.</i> 2019)	Mín: 26 Máx: 34 (Koldewey 2005)	Mín: 30 Máx: 38 (Pastor-Gutiérrez <i>et al.</i> 2011, Mai & Velasco 2012)	Mín: 9,7 Máx: 33,8 (Strawn 1958, Masonjones 2001)
Temperatura	Mín: 5 °C Máx: 28 °C (Texeira & Musick 2001)	Mín: 15 °C Máx: 25 °C (Koldewey 2005)	Mín: 19 °C Máx: 31 °C (Mai & Velasco 2012, de la Nuez-Hernández <i>et al.</i> 2016)	26-27 °C, 8 °C (Masonjones 2001, Strawn 1958)
Preferencia de hábitat	Manglares, bosques de macroalgas ( <i>Caulerpa</i> sp., <i>Sargassum</i> sp.), arrecifes de coral ( <i>Carijoa</i> sp.), pastos marinos, arrecifes rocosos, ostras y esponjas (Pollom 2017a)	Manglares, bosques de macroalgas, pastos marinos, arrecifes de coral y arrecifes rocosos (Lourie <i>et al.</i> 2004). También se encuentra en ambientes marinos abiertos con fondos arenosos (Becerril-García <i>et al.</i> 2018)	Manglares ( <i>Avicennia schaueriana</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Rhizophora mangle</i> ), bosques de macroalgas ( <i>Caulerpa racemosa</i> , <i>C. kempfi</i> , <i>Sargassum</i> sp.), arrecifes de coral (entre las gorgonias y otros invertebrados como briozoarios, esponjas, tunicados y ascidias), pastos marinos, esteros y estructuras artificiales como muelles (Rosa <i>et al.</i> 2007, Mai & Rosa 2009, Gutiérrez <i>et al.</i> 2011, Aylesworth <i>et al.</i> 2015, Schwarz-Junior <i>et al.</i> 2021)	Preferencia por praderas de pastos marinos ( <i>Zostera</i> , <i>Thalassia testudinum</i> , <i>Syringodium filiforme</i> , <i>Halodule wrightii</i> ) (Masonjones <i>et al.</i> 2017, Rose <i>et al.</i> 2019, Oakley <i>et al.</i> 2021)
Tamaño poblacional	No determinado	No determinado	1.254 individuos (límite inferior: 725; límite superior: 2.182) en un perímetro de 33.150 m de un estero en Piauí, Brasil (Mai & Rosa 2009)	15.388 machos en Cedar Key, Florida. 2.081.036 machos en la Bahía de Florida. (Carlson <i>et al.</i> 2019)
Densidad poblacional	0,0012 ind. m <sup>-2</sup> (Pastor-Gutiérrez <i>et al.</i> 2011) 0,0004 ind. m <sup>-2</sup> (Jiménez-García 2012). 0,14 ind. m <sup>-2</sup> (Masonjones <i>et al.</i> 2019)	0,00037 ind. m <sup>-2</sup> (Ortiz-Aguirre 2018)	0,04 ind. m <sup>-2</sup> (Mai & Rosa 2009). 0,18 ind. m <sup>-2</sup> (Freret-Meurer & Andreatta 2008). 0,0109 ind. m <sup>-2</sup> (Pastor-Gutiérrez <i>et al.</i> 2011). 0,113 ind. m <sup>-2</sup> (Schwarz-Junior <i>et al.</i> 2021)	0,1 a 0,5 ind. m <sup>-2</sup> , 0,02 a 0,18 ind. m <sup>-2</sup> , (Sogard <i>et al.</i> 1989, Matheson <i>et al.</i> 1999). 0,095 ind. m <sup>-2</sup> (Masonjones <i>et al.</i> 2017). 0,139 ind. m <sup>-2</sup> (Rose <i>et al.</i> 2019)
Proporción sexual (M:H)	0,6:1 (Texeira & Musick 2001). 0,58:1 (Masonjones <i>et al.</i> 2019)	1,21:1 (Chipana-Robles & Valle-Rubio 2021). 3:2 (Ortiz-Aguirre 2018)	1,46:1 (Mai & Rosa 2009). 1,16:1 (Pastor-Gutiérrez <i>et al.</i> 2011). 1,3:1 (Schwarz-Junior <i>et al.</i> 2021)	1,54:1 (Rose <i>et al.</i> 2019). 0,35-0,40:1 (Masonjones <i>et al.</i> 2017)
Estructura social	1 a 2 individuos (Masonjones <i>et al.</i> 2019)	No determinado	Solitario y grupos de pares, tríos, cuartetos, quintetos y hasta 7 individuos (Mai & Rosa 2009)	En pares (generalmente parejas monogámicas) (Rose <i>et al.</i> 2019)

Continuación Tabla 1 / Continued Table 1

Parámetro	<i>Hippocampus erectus</i>	<i>Hippocampus ingens</i>	<i>Hippocampus reidi</i>	<i>Hippocampus zosterae</i>
Migración estacional	Sí, más frecuente en temporadas de lluvias (Masajones <i>et al.</i> 2019)	No reportado	Sí, afectado principalmente por las temporadas de lluvia (Rosa <i>et al.</i> 2005, Ternes <i>et al.</i> 2016)	No reportado
Ámbito hogareño*	1-14 m <sup>2</sup> (Vilchis-García 2018)	No reportado	70,6 ± 60,1 m <sup>2</sup> (de la Nuez-Hernández <i>et al.</i> 2016). 0-290 m <sup>2</sup> (Schwarz-Junior <i>et al.</i> 2021)	No ha sido reportado. La literatura solo menciona un rango "pequeño" (Rose <i>et al.</i> 2019, NOAA 2020)
Dieta	Juveniles, pre-adultos y adultos: Anfípodos (gamáridos y caprélidos) (Felicio <i>et al.</i> 2006, Kitsos <i>et al.</i> 2008, Yip <i>et al.</i> 2014). Recién nacidos: Copépodos (Texeira & Musick 2001)	Crustáceos benthicos y/o planctónicos pequeños (copépodos harpacticoides y ciclopoideos, gamáridos y misidos) (Kitsos <i>et al.</i> 2008, Yip <i>et al.</i> 2014, Valladares <i>et al.</i> 2016)	Crustáceos (copépodos harpacticoides, calanoides y ciclopoideos, camarones carídeos y gamáridos, anfípodos caprélidos), nematodos, ostrácodos y peces gobios. Se ha reportado que los juveniles se alimentan de insectos (himenópteros), huevos de crustáceos y moluscos. Los machos sexualmente maduros se alimentan con mayor frecuencia que aquellos que no lo están (Rosa <i>et al.</i> 2005, Felicio <i>et al.</i> 2006, Castro <i>et al.</i> 2008, Ternes <i>et al.</i> 2016)	Copépodos (Tipton & Bell 1988)
Predadores	No reportado	No reportado	Cangrejos ( <i>Callinectes</i> sp.), anguilas (Murenidae), róballo ( <i>Lutjanus</i> sp.), peces globo ( <i>Sphaeroides</i> sp., <i>Colomesus psittacus</i> ), cobias ( <i>Rachycentron canadum</i> ), caballa ( <i>Scomberomorus</i> sp.), mero ( <i>Epinephelus</i> ), "gurijuba" (un tipo de pez gato) "piraiuna" ( <i>Cephalopholis fulva</i> ), "cação" (tiburones pequeños), "pacamão" ( <i>Amphichthys cryptocentrus</i> ) y otros peces en general (Rosa <i>et al.</i> 2005, Castro <i>et al.</i> 2008, Ternes <i>et al.</i> 2016)	No reportado
Tendencia poblacional	Disminuyendo en un 75-90% en un periodo de 30 años (Baum <i>et al.</i> 2003). Disminución en un 30% en un periodo de 10 años (Pollom 2017a)	Disminución de un 50-90% en las últimas tres décadas, principalmente por pesca incidental de la industria camaronera (Baum & Vincent 2005). Se estima una disminución del 30% en la última década, por lo que podría estar recuperándose (Pollom 2017b)	Se estima una disminución del 30% en países como Brasil. Se reporta estable en el Golfo de México (EUA) (Oliveira & Pollom 2017)	Estable a nivel global (Masonjones <i>et al.</i> 2017). Decremento poblacional en un 10-50% en las costas de Florida (Carlson 2019)

\*El ámbito hogareño hace referencia al área de actividad que ocupan los animales, donde realizan todas las funciones que les permite vivir tales como: alimentación, descanso, reproducción, protección

## HISTORIA DE VIDA Y BIOLOGÍA REPRODUCTIVA

Los caballitos de mar se caracterizan por su particular ciclo de vida, sin embargo, la mayoría de la información disponible proviene del conocimiento generado a través de la reproducción en cautiverio. La madurez sexual en los machos puede reconocerse por la presencia de la bolsa de cría completamente desarrollada (excepto en los caballitos de mar pigmeos *Hippocampus bargibanti* e *H. denise*, que carecen de bolsas externamente obvias) (Lourie & Randall 2003, Lourie *et al.* 2016). Los hipocampos maduran entre los 4 meses y 1 año, dependiendo de la especie (Holt *et al.* 2021).

La época de reproducción está influenciada por parámetros ambientales como luz, temperatura y temporada de monzones (Ternes *et al.* 2016, Rose *et al.* 2019). La temporada de crianza generalmente dura más tiempo en aguas tropicales, repitiéndose varias veces dentro del mismo año, mientras que en aguas templadas generalmente ocurre una vez al año, como es el caso de *Hippocampus ingens* (Encomederó *et al.* 2016). Todas las especies de caballitos de mar estudiadas en la naturaleza parecen ser monógamas dentro de un único ciclo de reproducción, esto es, el macho acepta huevos de una sola hembra. Muchas especies también forman enlace

de par que duran al menos toda la temporada de cría, aunque se ha evidenciado especies con variación en los patrones de apareamiento, cambiando de pareja entre ciclos (Planas 2014). Los enlaces en especies monógamas se refuerzan comúnmente con saludos diarios que se extienden hasta el cortejo, una vez que eclosionan los huevos dentro de la bolsa de incubación del macho (Rose *et al.* 2014). El caballito de mar hembra produce los huevos que transferirá al saco incubador del macho en donde este los fertiliza; una vez fertilizados y en custodia del macho, este queda como único responsable de su cuidado. Se ha demostrado que el saco de incubación cumple una función osmorreguladora y suplente a los embriones el oxígeno necesario, así como de nutrientes, enzimas, hormonas y calcio para la formación del esqueleto (Holt *et al.* 2021). La gravidez dura alrededor de 9 a 30 días, dependiendo de la especie. Los machos de todas las especies

estudiadas pasan por más de un proceso de incubación en una temporada de reproducción (Planas 2014).

Los machos liberan alrededor de 100-300 crías por periodo de incubación, pero el tamaño de la camada puede variar desde tan solo 5 individuos para especies pequeñas como *H. zosterae* (Masonjones & Lewis 1996), hasta aproximadamente 2.000 crías por *H. ingens* macho (Foster & Vincent 2004). Los caballitos de mar recién liberados del saco son una versión en miniatura de sus padres, no tienen etapa larvaria y son totalmente independientes después del nacimiento, ya que no reciben atención parental adicional (Holt *et al.* 2021). Los caballitos de mar recién nacidos tienen un promedio de 2-12 mm de longitud. En la Tabla 2 se resumen los principales parámetros reproductivos de las especies de *Hippocampus* estudiadas.

**Tabla 2. Parámetros reproductivos e historia de vida de cuatro especies de *Hippocampus* presentes en México / Reproductive parameters and life history of four *Hippocampus* species present in Mexico**

Parámetro	<i>Hippocampus erectus</i>	<i>Hippocampus ingens</i>	<i>Hippocampus reidi</i>	<i>Hippocampus zosterae</i>
Dimorfismo sexual	Machos con mayor proporción peso/longitud; tronco más corto con crecimiento isométrico y colas más largas con crecimiento alométrico positivo. Las hembras demuestran un crecimiento alométrico positivo de la longitud del tronco y un crecimiento isométrico de la longitud de la cola (Anderson 2012)	Las hembras presentan un parche oscuro bajo la aleta anal (Lourie <i>et al.</i> 2004)	Machos con cola más larga que las hembras (Rosa <i>et al.</i> 2007). Machos con una quilla prominente y pigmentada, así como una línea de manchas dorsolaterales de color oscuro (Oliveira <i>et al.</i> 2010)	Machos con cola y rostro más largos (Vincent 1990). No se detectó dimorfismo sexual (Rose <i>et al.</i> 2019)
Talla al nacer	8,9-11,4 mm (Lin <i>et al.</i> 2008, Vite-García <i>et al.</i> 2014)	5,0-7,0 mm (Ortega-Salas & Reyes-Bustamante 2006)	7-10 mm (Gomezjurado 2005, Koldewey 2005)	2,5-9 mm (Lourie <i>et al.</i> 2004, Alford & Grist 2005)
Talla máxima reportada en adultos	19 cm (Lourie <i>et al.</i> 2016)	31 cm (Miller & Lea 1972, citado por Lourie <i>et al.</i> 2004)	17,5 (Lourie <i>et al.</i> 1999)	2,5 cm (Lourie <i>et al.</i> 1999)
Talla de madurez sexual	5,6-6,3 cm (Baum <i>et al.</i> 2003, PIECEMO 2013)	5,0-6,0 cm (Louri <i>et al.</i> 2004)	7,47-8,83 cm en machos y 7,36- 9,4 cm en hembras (Hora & Joyeux 2009). 9-9,5 cm en machos y 8,8 cm hembras (Mai & Velasco 2012)	2,0 cm (Lourie <i>et al.</i> 1999)
Tiempo de madurez sexual	6-12 meses (Gardiner 1998)	4-5 meses (Foster & Vincent 2004)	En machos: 74-109 días; en hembras: 95-109 días (Hora & Joyeux 2009). 205 días promedio la 1ª madurez y 295 días promedio la 1ª reproducción (10 meses) (Mai & Velasco 2012)	3 meses (Strawn 1958; <i>ex situ</i> )
Fecundidad (número de crías)	119-606 (n= 11) (Martínez <i>et al.</i> 2005, Lin <i>et al.</i> 2008, 2012; Vite-García <i>et al.</i> 2014)	1598-1703 (n= 3) (Ortega-Salas & Reyes-Bustamante 2006). 103 (Encomendero <i>et al.</i> 2016)	1.000 (Gomezjurado 2005). 73-400 (Planas <i>et al.</i> 2021)	5-25 (Alford & Grist 2005)
Tiempo de gestación	11-22 días (Martínez <i>et al.</i> 2005, Lin <i>et al.</i> 2008)	14 días (Ortega-Salas & Reyes-Bustamante 2006, Encomendero <i>et al.</i> 2016)	14 días (Gomezjurado 2005). 14-16 días (Planas <i>et al.</i> 2021)	10 días (Alford & Grist 2005)
Tasa de crecimiento (mm día <sup>-1</sup> )	0,32-1,7 (Martínez <i>et al.</i> 2005, Lin <i>et al.</i> 2008, Vite-García <i>et al.</i> 2014)	0,41-0,42 (Ortega-Salas & Reyes-Bustamante 2006)	0,33-0,84 (Willadino <i>et al.</i> 2012, Pham & Lin 2013)	No reportado
Periodo de reproducción	Mayo a octubre (6 meses; Teixeira & Musick 2001)	No reportado en vida silvestre	Todo el año, pero se incrementa entre mayo y noviembre (Brasil) (Mai & Velasco 2012)	Todo el año (Costas de Florida) (Rose <i>et al.</i> 2019)
Sobrevivencia	No reportado	No reportado	21 a 24% por año (Mai & Velasco 2012)	No reportado
Mortalidad natural	No reportado	No reportado	1,43 a 1,58 por año (Mai & Velasco 2012)	No reportado
Longevidad	3-4 años (Koldewey 2005)	5-6 años (Planas <i>et al.</i> 2017)	2,5 años (Mai & Velasco 2012)	1-2 años (Strawn 1958)

## USO Y APROVECHAMIENTO DE LOS CABALLITOS DE MAR EN MÉXICO

La pesca exclusiva de caballitos de mar es inexistente en México, pero representan un volumen bajo de captura incidental durante la pesquería comercial de otros recursos, sobre todo en redes de arrastre (*e.g.*, pesca de camarón) (Lawson *et al.* 2017).

Existen pocos registros que los califican para usos medicinales, como ejemplo se ha indicado su uso principalmente para el tratamiento del cáncer, fortalecimiento del sistema inmune, asma, caída del cabello, problemas renales, pulmonares y sistema óseo, entre otros (Fernández-Apango *et al.* 2002, Chen *et al.* 2015).

En México, los caballitos de mar desecados se utilizan como artesanías (Bruckner *et al.* 2005). Un estudio de campo realizado en el Mercado de Artesanías de Veracruz (importante puerto comercial en la costa mexicana del Golfo de México) demostró la venta de caballitos de mar en formato de llaveros o bien los vendían como curiosidades (Baum & Vincent 2005). Los precios varían según la temporada y demanda. Ejemplares destinados a exportación principalmente su destino es a Estados Unidos y países asiáticos, donde se ha reportado el uso alimenticio y medicinal (Jiang *et al.* 2018), mientras que las importaciones a México provienen de Estados Unidos, Brasil, Australia, Vietnam, Sri Lanka y Países Bajos (CITES 2021)<sup>2</sup>

Los caballitos de mar vivos son dirigidos al mercado del acuarismo. La base de datos de CITES (2021)<sup>3</sup> reporta 13.120 ejemplares exportados de México hacia Estados Unidos, Hong Kong, Canadá, Reino Unido, Países Bajos y China; así como 2.187 ejemplares importados hacia México de Estados Unidos, Vietnam, Países Bajos y Sri Lanka, durante el periodo 2010-2021 (Tabla 3). La mayoría de los animales provienen de unidades de manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) (66%), seguidos de organismos capturados en la naturaleza (19%) y, por último, de transacciones legales por criadores independientes (15%) (CITES 2021)<sup>2</sup>. El principal mercado de caballitos de mar cultivados es la Ciudad de México, aunque también se comercializan en ciudades como Guadalajara y Monterrey (Bruckner *et al.* 2005). Una granja de caballitos de mar en Mazatlán reportó ventas entre 2010 y 2017 de 1.700 a 2.500 animales por año (Ingens Cultivos Marinos 2017<sup>3</sup>, López 2019).

López (2019) reporta que el precio de venta de los ejemplares vivos varía de acuerdo con la talla y coloración, para *H. erectus* se reportó entre 60-260 \$USD, mientras que *H. ingens* en 115-150 \$USD, seguido de *H. reidi* en 85-410 \$USD y, por último, *H. zosterae* 10-150 \$USD. En general, se reporta que las ventas nacionales en su mayoría se realizan en mercados, tiendas de acuarios y distribuidores (López 2019).

**Tabla 3. Números de exportación e importación (individuos) de los caballitos de mar en México durante el periodo 2010-2021. Fuente: CITES (2021)<sup>2</sup> / Export and import numbers (individuals) of seahorses in Mexico during 2010-2021 period. Source: CITES (2021)<sup>2</sup>**

Especies de <i>Hippocampus</i>	I	W	C	F	Total
Exportaciones					
<i>H. erectus</i> (desecados)	0	1.100	0	0	1.100
<i>H. ingens</i> (desecados)	3	2	700	0	705
<i>H. ingens</i> (vivos)	0	1.988	10.112	0	12.100
<i>Hippocampus</i> spp. (desecados)	2.483	0	0	0	2.483
Importaciones (vivos)					
<i>H. abdominalis</i>	0	0	45	0	45
<i>H. barbowi</i>	0	0	20	140	160
<i>H. comes</i>	0	0	50	0	50
<i>H. erectus</i>	0	24	0	0	24
<i>H. kuda</i>	0	210	125	700	1.035
<i>H. reidi</i>	0	363	130	0	493
<i>H. zosterae</i>	0	0	400	0	400

I= Confiscados o decomisados; W= Silvestre; C= Criado en cautiverio;  
F= Nacido en cautividad

<sup>2</sup>CITES. 2021. Base de datos sobre el Comercio CITES disponible (versión 2021.1). *Hippocampus*. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. <[https://trade.cites.org/es/cites\\_trade](https://trade.cites.org/es/cites_trade)>

<sup>3</sup>Ingens Cultivos Marinos. 2017. Granja de caballitos de mar. <<http://ingensonline.com/es/>>

## IMPACTO DE LA PESCA INCIDENTAL

Las especies de pesca objetivo comprenden cerca del 30% del volumen en capturas dentro de los mares y océanos mexicanos, el restante se compone por fauna de acompañamiento (SEMARNAT 2018)<sup>4</sup>. Las especies de descarte no comestibles son rara vez reportadas, generalmente por ser parte de pesquerías artesanales o de pequeña escala; aquellos que son informados se hacen por categorías taxonómicas y pocas veces a nivel de especies, lo que dificulta obtener información específica a nivel de especie (Baum & Vincent 2005). Los peces no objetivo que no se consideran valiosos, incluyendo caballitos de mar, son descartados o procesados en productos alternos (e.g., comida para mascotas) (Vincent *et al.* 2011b).

Los estudios publicados para peces e invertebrados de la fauna de acompañamiento se han centrado en las tasas de supervivencia individual sin considerar los impactos a nivel poblacional. En el caso de los caballitos de mar, la pesca incidental puede poner en riesgo sus poblaciones, ya que, por sus características biológicas y preferencia de hábitat, son capturados con frecuencia en redes de arrastres (Pollom *et al.* 2021).

Dentro del comercio internacional, se estima que entre 90 al 95% de los caballitos de mar capturados se obtienen de la pesca incidental en redes de arrastre; los países que tienen los mayores volúmenes de pesca para estos peces son: Filipinas, India, Malasia, México y Tailandia (Vincent *et al.* 2011b). En México se ha reportado la captura de *H. erectus*, *H. ingens* y *H. reidi* en redes de tipo agallera, arrastre, cerco y dragas (Branco *et al.* 2015, Lawson *et al.* 2017, Pollom 2017b). Lawson *et al.* (2017) estimaron hasta 350.000 caballitos de mar extraídos por captura incidental en aguas mexicanas anualmente (i.e., 835 a 1.590 kg); con 190.000 a 300.000 individuos capturados en el Pacífico y de 50.000 a 60.000 en el Golfo de México y Caribe. No se han realizado estudios precisos del impacto que tiene la pesquería sobre las poblaciones silvestres de *Hippocampus ingens*, pero estudios como los de Rodríguez-Romero *et al.* (2012), Herrera-Valdivia *et al.* (2016) y Hernández-Roque *et al.* (2018), han reportado la aparición de individuos de esta especie en las redes de pesca. De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera del 2018 (SAGARPA 2018)<sup>5</sup>, se han registrado 537 especies de acompañamiento (74% peces, 17% crustáceos y 9% de otros invertebrados) ligadas a la industria pesquera del camarón en el Pacífico, siendo *H. ingens* una especie común con un índice de abundancia relativa del 0,00161% (INAPESCA 2016).

Por su parte, *H. erectus* presenta capturas incidentales más esporádicas en la pesquería de escama y de arrastre de camarón (Bruckner *et al.* 2005). Estos autores han reportado para el Golfo de México una extracción de aproximadamente 72.000 individuos de esta especie por año. Recientemente, Lawson *et al.* (2017) indicaron que la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) media de *H. erectus* es de 1,02 ind. embarcación<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (con variaciones mínimas y máximas de 0,19 a 2,15 ind. embarcación<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente) en redes de arrastre y de 0,53 ind. embarcación<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (0,03 a 3 ind. embarcación<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, mínimo y máximo respectivamente) en redes de enmalle agallero. Estas variaciones pueden estar explicadas por la variación temporal, fase lunar y estructura poblacional de los caballitos de mar (talla, edad, maduración sexual, ciclo reproductivo). Los autores mencionan que la CPUE no varía significativamente entre los tipos de arte de pesca, por lo que es necesario llevar a cabo esfuerzos para regular la pesca incidental en todos los tipos de artes de pesca, no solo en las de arrastre (Lawson *et al.* 2017). Si bien Lawson *et al.* (2017) reportan que la mortalidad por captura fue del 1%, y que aquellos organismos retenidos posteriormente eran liberados, se desconoce cuál es la mortalidad post-liberación. Foster & Vincent (2016) mencionan que los individuos liberados tras una captura tienen bajas probabilidades de supervivencia debido al estrés manipulativo y heridas (pérdida de segmentos en la cola, aletas u hocico), además de dificultades para encontrar un hábitat adecuado o pareja para reproducirse.

A pesar de que *H. reidi* tiene el mismo rango de distribución que *H. erectus*, no se encuentran datos confiables que reporten o estimen la captura en actividades pesqueras, esto quizás por la facilidad con que se confunden ambas especies y la falta de capacitación a los pescadores y otros involucrados en la actividad para la identificación de las especies de descarte (Lourie *et al.* 2016).

No se controla o conoce exactamente el número de individuos de *H. zosterae* o caballito de mar enano que se extraen de poblaciones *in situ* mediante métodos de pesca no selectivos, pero existe cierta preocupación por el aumento del esfuerzo de pesca de arrastre durante la temporada alta de reproducción de esta especie (agosto y septiembre) (Stallings *et al.* 2014). Los pescadores que operan en áreas con el mayor potencial de superposición con el hábitat de los caballitos de mar enanos, lo hacen bajo los lineamientos de artes de pesca exigidos por la normativa nacional. Baum *et al.* (2003) analizaron la captura incidental de *H. erectus* en la pesquería

<sup>4</sup>SEMARNAT. 2018. Compendio de estadísticas ambientales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México. <[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2018/02\\_economica/pesca.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/02_economica/pesca.html)>

<sup>5</sup>SAGARPA. 2018. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 11 de junio de 2018, Ciudad de México. <[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5525712&fecha=11/06/2018](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525712&fecha=11/06/2018)>

de arrastre de camarón en Florida, e informaron que solo se capturaron dos caballitos de mar enanos (*H. zosterae*) durante la duración del trabajo en campo; recientemente Oakley *et al.* (2021) estimaron una CPUE para redes de arrastre de 0,003 ind. m<sup>-2</sup> en las costas de Texas, aunque fueron más altas para redes más selectivas (0,222 ind. m<sup>-2</sup> en redes suriperas). Utilizando la proporción de *H. zosterae* capturados con respecto a *H. erectus*, Carlson *et al.* (2019) estimaron que 157 caballitos de mar enanos son capturados incidentalmente por año en la pesquería de arrastre de camarón. Considerando que por cada evento de gravidez esta especie tiene de 5 a 25 crías, las capturas incidentales ponen en riesgo la viabilidad de poblaciones silvestres.

En México, la captura de caballitos de mar para acuarios es muy limitada. Durante la década de 2000 se capturaron y comercializaron de 2.000 a 5.000 caballitos de mar en el Pacífico, mientras que alrededor de 1.700 a 2.500 individuos provenían de la cría en cautiverio (Vincent *et al.* 2011a). De acuerdo con entrevistas realizadas por Bruckner *et al.* (2005), *H. ingens* presenta mayores capturas por organismos vivos en los estados de Chiapas (Puerto Arista), Guerrero y Oaxaca (Barra San Francisco y Salina Cruz), mientras que para *H. erectus* y *H. reidi* se realizan en los estados de Quintana Roo (Islas Contoy, Cozumel e Islas Mujeres) y Yucatán (Bahía de Celestún y Puerto Progreso). No se ha reportado la captura de individuos vivos de *H. zosterae* por su pequeño tamaño y ciclo de vida (Vincent *et al.* 2011a).

### ESTADO DE CONSERVACIÓN

La sobreexplotación y destrucción del hábitat ha provocado una disminución significativa en las poblaciones de vida libre de caballitos de mar (Vincent *et al.* 2013, Lawson *et al.* 2017). Según entrevistas con pescadores, hasta el año 2000 las poblaciones en el Pacífico y Caribe mexicano habían disminuido alrededor del 86 y 72%, respectivamente (Vincent *et al.* 2011b).

Se está aplicando un conjunto de estrategias de conservación en apoyo de las poblaciones de caballitos de mar en todo el mundo. Por ejemplo, todas las especies de caballitos de mar están incluidas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (IUCN 2021). La consecuencia es que los 182 países miembros deben restringir el comercio internacional de caballitos de mar a niveles sostenibles y deben demostrar que su obtención fue de origen legal, publicando reportes de venta y exportación, así como compartirlos con las autoridades CITES. Asimismo, Foster & Vincent (2016) emitieron una serie de recomendaciones

para el desarrollo de programas de manejo adaptativo en extracción no detrimental de las poblaciones de caballitos de mar. La IUCN categoriza dentro de su lista roja a *H. erectus* y *H. ingens* como especies vulnerables (VU), con poblaciones en decremento (Pollom 2017a, b), mientras que a *H. reidi* la cataloga como casi amenazada (NT) con poblaciones en decremento (Oliveira & Pollom 2017) y a *H. zosterae* con menor preocupación (LC) y población estable (Masonjones *et al.* 2017). En México estas cuatro especies se encuentran con la categoría de “Protección especial (Pr)” por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010)<sup>1</sup>, las cuales “son especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que es necesario propiciar su recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas”. Con ello se ha prohibido la captura directa y comercialización de caballitos de mar silvestres, sin embargo, las complejas redes de pesca furtiva distribuidas a lo largo de las costas mexicanas continúan con el saqueo y tráfico ilegal de caballitos de mar y otras especies marinas en protección, como la totoaba (*Totoaba mcdonaldi*), corvina amarilla (*Bahaba taipingensis*) pepinos de mar, aletas de tiburón y langostas, entre otros (Felbab-Brown 2022).

Actualmente en México no hay acciones de conservación, programas de monitoreo o de evaluación de la calidad del hábitat para las poblaciones en vida libre de *Hippocampus* dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP). De acuerdo con López (2019), se ha registrado la presencia de caballitos de mar en 24 ANP (10 Reservas de la Biósfera - RB, 9 Parques Nacionales - PN y 5 Áreas de Protección de Flora y Fauna - APFF), las cuales pudieran ayudar a mantener estables algunas poblaciones de caballitos de mar. Sin embargo, es necesario realizar evaluaciones en campo para identificar poblaciones potenciales y determinar el estado de las mismas con la finalidad de implementar planes de manejo, monitoreo o reintroducción, esto a través de estudios de distribución, frecuencia, densidad poblacional y uso de hábitat (Oakley *et al.* 2021).

Con respecto a la industria pesquera (camarón y escama), se han generado avances en gestión y manejo de los buques, que podrían beneficiar a las poblaciones *in situ* de *Hippocampus*. Algunos ejemplos que se pueden mencionar son: excludores de peces en embarcaciones mayores del Pacífico (mismos que pretenden ser obligatorios en toda la flota camaronera de México), periodos temporales con fechas variables de veda en especies de interés comercial (*e.g.*, camarón, jaiba, sardina, atún) que aseguren la reproducción y crecimiento (SAGARPA 2018)<sup>5</sup>, y finalmente, la prohibición del aprovechamiento comercial extractivo de fauna y flora acorde a la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2019)<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>SEMARNAT. 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México. <[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019)>

La reintroducción de caballitos de mar en ecosistemas costeros se ha llevado a cabo con la supervisión de SEMARNAT, principalmente por el trabajo de investigación y cría en cautiverio de PIMVS/UMAs en México. De acuerdo con la información divulgada del Acuario de Mazatlán<sup>7</sup> como parte del “Programa de repoblación de áreas afectadas” reiniciado en 2011 para *H. ingens*, se han liberado 140 ejemplares en 2013 y 300 en 2014. Adicionalmente, con base en entrevistas al personal del acuario (López 2019), se reintroducen entre 300 y 500 individuos (3 meses, 6-7 cm, 1:1) cada cuatro meses aproximadamente, y estiman que de cada 1.000, sobreviven alrededor de 20-25 individuos. Cabe mencionar que Vincent *et al.* (2011a) señalan que las reintroducciones de caballitos de mar se deben evaluar con sumo cuidado, ya que tienen el potencial de dañar severamente las poblaciones *in situ* y los ecosistemas marinos, principalmente debido a que pueden: 1) transmitir enfermedades a los individuos de vida libre; 2) amenazar la diversidad genética de las poblaciones; y 3) perturbar la estructura y función de las comunidades marinas. Por tanto, consideran que siempre será preferible enfocar esfuerzos en incrementar la viabilidad de las poblaciones naturales en lugar de capturar individuos para su crecimiento en cautiverio y posterior liberación.

#### CULTIVO EN CAUTIVERIO

Frente a los escenarios anteriormente descritos, el cultivo en cautiverio de caballitos de mar puede mitigar la presión sobre las poblaciones naturales en tres puntos importantes: 1) disminución en la captura; 2) repoblamiento; y 3) instrumento de educación ambiental. La venta de estos organismos criados en granjas representa una fuente de ingreso a los principales grupos interesados (Vite-García *et al.* 2017).

En México se tienen registradas ocho Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) y cinco Predios o Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS). De los anteriores, cuentan con poblaciones de caballitos de mar el Acuario de Inbursa (Ciudad de México, *H. ingens*), Acuario de Mazatlán (Sinaloa, *H. ingens*), Acuario Michin (Guadalajara, *H. ingens*), Acuario de Veracruz (Veracruz, *H. erectus*), e Ingens Cultivos Marinos<sup>3</sup> (Sinaloa, *H. ingens*, *H. reidi* e híbridos) (López 2019). La misma autora menciona que se aprovechan y comercializan individuos de segunda generación (F2), por lo que no extraen individuos *in situ* para la introducción y crianza en cautiverio.

Se han elaborado distintos protocolos y publicaciones para los sistemas de reproducción, cría y producción en cautiverio de *Hippocampus*, entre ellos se encuentra Koldewey (2005) quien presenta fichas con condiciones de cría en cautiverio para las cuatro especies mexicanas de caballitos de mar. La Unidad Académica Sisal (UAS) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través del Programa de Investigaciones en Ecología y Cultivo de Especies Marinas de Ornato (PIECEMO 2013) publicó un manual de cultivo para *H. erectus*, en el que se incluyen los requerimientos de colecta, traslado, cuarentena, alimentación, control interno y rutina de crianza, así como los parámetros físico químicos necesarios para la reproducción, los protocolos frente a distintos tipos de enfermedades y sus tratamientos. Recientemente, Planas *et al.* (2017) y Vite-García *et al.* (2017) realizaron una revisión exhaustiva acerca de los avances en el cultivo en cautiverio de las especies de *Hippocampus*, en el que se incluyen las cuatro especies presentes en territorio mexicano.

A pesar del avance en estos procedimientos, los criadores aún se enfrentan a distintos retos que dificultan el desarrollo protocolar completo, entre estos se encuentran: a) competencia de costo de venta con los individuos extraídos desde la naturaleza; b) costos de producción; c) enfermedades derivadas del estrés (por altas densidades en estanques de crianza); y d) poco desarrollo de protocolos de alimentación en sus distintas etapas ontogénicas (Koldewey & Martin-Smith 2010).

#### CONCLUSIÓN

La utilización comercial que se le ha dado a los caballitos de mar, junto a los peligros que sufren sus poblaciones en áreas costeras debido a la pesca incidental, la degradación y destrucción de su hábitat y la contaminación, han llevado a que todas las especies del género *Hippocampus* presentes en México se encuentren amenazadas y que se hayan tenido que adoptar medidas de protección en la normatividad mexicana, así como comprometerse a las regulaciones internacionales de importación y exportación de especímenes deshidratados o vivos.

La revisión de las cuatro especies de caballitos de mar presentes en México (*H. erectus*, *H. ingens*, *H. reidi* y *H. zosterae*) muestra carencias con respecto a información reportada en su historia de vida, ecología, uso y comercialización. En general, la mayor parte del conocimiento (particularmente de su historia de vida) ha derivado de observaciones *ex situ*, por lo que los resultados *in situ* pueden diferir para poblaciones nativas. Así pues, se recomienda realizar estudios poblacionales, biológicos y ecológicos en medios naturales o repetir los análisis interespecíficos de la presente revisión de manera individual, sobre todo en aquellas especies con menor información o de áreas geográficas de extensa distribución (*e.g.*, *H. ingens*).

<sup>7</sup>Acuario Mazatlán <<http://acuariomazatlan.com/blog/>>

La información actual indica que las poblaciones de vida libre de caballitos de mar en México pueden verse amenazadas por la destrucción y fragmentación del hábitat, así como por pesca directa o incidental. Las bajas densidades poblacionales se reflejan en dificultades para encontrar una nueva pareja, mientras que la baja movilidad y área de distribución reducida significa que pueden tardar en recolonizar las áreas sobreexplotadas, aunque esto se puede compensar con la dispersión planctónica de los juveniles. Las posibles bajas tasas de mortalidad natural implican que la pesca intensiva ejercerá una presión insostenible sobre la población. La monogamia sexual en algunas de las especies significa que una pareja viuda puede dejar de reproducirse, al menos temporalmente. La mayor proporción de machos sobre hembras se traduce en que la supervivencia de las crías en marsupio depende de la supervivencia del macho. Finalmente, un tamaño de cría pequeño limita la tasa de reproducción potencial de la pareja, aunque esto se puede compensar con un desove frecuente y una mayor supervivencia de los juveniles a través del cuidado de los padres (Baum *et al.* 2003). Al igual que sucede con la mayoría de las especies de descarte, los caballitos de mar que se devuelven al agua después de haber sido capturados aún pueden experimentar derivado de la captura riesgos que incluyen lesiones físicas, depredación, remoción de áreas de distribución y alteración de los vínculos de pareja.

En el contexto de la gestión de la conservación, la variación en los parámetros del historial de vida a lo largo del género *Hippocampus* requiere de un constante y exhaustivo análisis, con el fin de evaluar la vulnerabilidad relativa de las diferentes especies a la explotación y al daño del hábitat. Con dicha información se pueden complementar las iniciativas de gestión y de manejo, mejorando la protección regulada a corto y largo plazo de las poblaciones de caballitos de mar presentes en aguas costeras mexicanas.

## RECOMENDACIONES

Acorde con la información recopilada se sugieren las siguientes medidas para la conservación y estudio potencial de los caballitos de mar en México:

- Establecer áreas designadas para la protección de caballitos de mar que permitan la recuperación de hábitat, en conjunto con proyectos de enriquecimiento ambiental a corto plazo. Esto podría proporcionar las condiciones necesarias para que las poblaciones de caballitos de mar se recuperen de la tendencia de disminución existente.
- Para asegurar una viabilidad futura de las poblaciones en vida libre de *Hippocampus* en las costas de México, así como evaluar el estatus de riesgo que permita una mayor protección a estas especies, incluida la prohibición total de

la pesca, se deben esclarecer cuatro criterios importantes: 1) amplitud de su distribución en el país; 2) estado del hábitat con respecto al desarrollo natural de las especies de caballitos de mar; 3) vulnerabilidad biológica intrínseca de las especies de *Hippocampus*, e 4) impacto de la actividad humana sobre las poblaciones en vida libre. Con lo anterior, se podría hacer un cambio en la categoría de riesgo a “Amenazado” en la NOM-059-SEMARNAT-2010<sup>1</sup>, que limitaría el impacto de la pesca incidental sobre caballitos de mar.

- Las distintas Secretarías del Gobierno de México (*e.g.*, Manejo de Recursos Naturales, Áreas Naturales Protegidas, Ecología), instituciones educativas, de investigación y comunidades ambientales deberán mantenerse informadas de cualquier medida de gestión nacional que regule o restrinja el comercio internacional de caballitos de mar (*e.g.*, cuotas, suspensiones del comercio), coordinando la implementación con el fin de que se cumplan tales medidas.

- Cumplir con las obligaciones de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) al hacer dictámenes de extracción no perjudicial y de adquisición legal para exportaciones de organismos silvestres y/o nacidos en cautiverio. Del mismo modo, se deben compartir copias de estos dictámenes con las autoridades CITES para publicarlos en su sitio web y que se proceda colaborativamente con otros miembros para la toma de decisiones.

- Verificar la identificación de especies de caballitos de mar (*H. ingens*, *H. erectus* e *H. reidi*) en la exportación/importación de ejemplares vivos o deshidratados. En el caso de los últimos, la determinación se puede realizar en un subconjunto de individuos a través una prueba de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), si un envío es lo suficientemente grande como para impedir la identificación de todos los individuos.

- Desarrollar y ejecutar programas de monitoreo a largo plazo para las cuatro especies de caballitos de mar en aguas nacionales. Esto incluye estudios submarinos *in situ* de las poblaciones de caballitos de mar (usando equipo de buceo o esnórquel). El seguimiento de las pesquerías debe considerar la documentación de los datos de captura y esfuerzo junto con información básica sobre el estado y las tendencias de la población obtenidas a través de programas de pesca gubernamentales, independientes o mediante submuestreos de los desembarques comerciales. Ambos tipos de programas pueden basarse en la guía existente para el monitoreo de caballitos de mar propuesto en la literatura (Foster *et al.* 2014, Loh *et al.* 2014).

- Hacer cumplir las leyes existentes en México (*e.g.*, prohibiciones de pesca de arrastre en áreas específicas) que benefician la conservación de los caballitos de mar y especies asociadas.

- El trabajo etno-biológico puede llenar vacíos en información biológica, ecológica, de sistemas pesqueros, usos y extracción de caballitos de mar. Por ello, se recomienda generar estrategias de monitoreo, manejo y conservación involucrando a las comunidades locales, a través del propio conocimiento ecológico local/tradicional y regulaciones autoimpuestas.

- Promover, inventariar y evaluar las operaciones de acuicultura de caballitos de mar para determinar sus capacidades de producción y el grado de dependencia de las poblaciones silvestres. También se recomienda incentivar la mejora en los protocolos de crianza (*e.g.*, sistemas de alimentación, temperatura y estanque), así como la reproducción en cautiverio.

- Asegurar que cualquier liberación de caballitos de mar criados en cautiverio solo ocurra de acuerdo con las pautas establecidas por el Grupo de Especialistas en Translocación para la Conservación de la UICN (IUCN/SSC 2013). No se deben liberar especies exóticas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) por la beca #1072595 otorgada a Jesús Alejandro Nájera Medellín para realizar sus estudios de maestría. Un agradecimiento especial al Dr. Emilio Alvarez Parrilla y a la Dra. Laura Alejandra de la Rosa Carrillo por la orientación y apoyo brindado en el desarrollo de la presente investigación.

## LITERATURA CITADA

**Alford K & C Grist. 2005.** Dwarf seahorse, *Hippocampus zosterae*. In: Koldewey H (ed). Syngnathid husbandry in public aquaria, pp. 88-90. Seahorse Project, Zoological Society of London, London.

**Ambo-Rappe R, YA La Nafie, AA Marimba & RK Unsworth. 2021.** Seagrass habitat characteristics of seahorses in Selayar Island, South Sulawesi, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation* 14(1): 337-348.

**Anderson PA. 2012.** Sexual dimorphism in morphometry and allometry of the adult lined seahorse, *Hippocampus erectus*. *Copeia* 2012(3): 389-393.

**Aylesworth LA, JH Xavier, TPR Oliveira, GD Tenorio, AF Diniz & IL Rosa. 2015.** Regional-scale patterns of habitat preference for the seahorse *Hippocampus reidi* in the tropical estuarine environment. *Aquatic Ecology* 49(4): 499-512.

**Baum JK & ACJ Vincent. 2005.** Magnitude and inferred impacts of the seahorse trade in Latin America. *Environmental Conservancy* 32: 305-319.

**Baum JK, JJ Meeuwig & ACJ Vincent. 2003.** Bycatch of lined seahorses (*Hippocampus erectus*) in a Gulf of Mexico shrimp trawl fishery. *Fishery Bulletin* 101: 721-731.

**Becerril-García EE, D Petatan-Ramírez, I Ortiz-Aguirre & A Ayala-Bocos. 2018.** First record of the Pacific seahorse *Hippocampus ingens* in Guadalupe Island, Mexico. *Journal of Fish Biology* 92(4): 1207-1210.

**Branco JO, F Freitas & ML Christoffersen. 2015.** Bycatch fauna of seabob shrimp trawl fisheries from Santa Catarina State, southern Brazil. *Biota Neotropica* 15(2): e20140143. <<https://doi.org/10.1590/1676-06032015014314>>

**Bruckner AW, JD Field & N Daves. 2005.** The proceedings of the international workshop on CITES implementation for seahorse Conservation and trade. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-36: 1-171.

**Carlson JK, CS Horn, KL Smith & DM Bethea. 2019.** Population viability analysis of the dwarf seahorse, *Hippocampus zosterae*, in Florida. NOAA Technical Memorandum NMFSSEFSC-SEFSC-739: 1-37.

**Castro ALDC, ADF Diniz, IZ Martins, AL Vendel, TPRD Oliveira & IMDL Rosa. 2008.** Assessing diet composition of seahorses in the wild using a non destructive method: *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae) as a study-case. *Neotropical Ichthyology* 6(4): 637-644.

**Chen L, X Wang & B Huang. 2015.** The genus *Hippocampus* - a review on traditional medicinal uses, chemical constituents and pharmacological properties. *Journal of Ethnopharmacology* 162: 104-111. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2014.12.032>>

**Chipana-Robles S & S Valle-Rubio. 2021.** Estadios, proporción sexual y talla de captura de *Hippocampus ingens* Girard, 1858 (Syngnathiformes: Syngnathidae) a partir de una muestra incautada en Perú. *The Biologist*, Lima 19(2): 175-185.

**Cohen FP, WC Valenti, M Planas & R Calado. 2017.** Seahorse aquaculture, biology and conservation: knowledge gaps and research opportunities. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 25(1): 100-111.

**de la Nuez-Hernández D, LP Gutiérrez, AP Angulo, YP Cubero & RIC Wong. 2016.** Fidelidad al sitio y rango de hogar del caballito de mar narizón *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae) en la dársena de Varadero, noroeste de Cuba. *Revista Ciencias Marinas y Costeras* 8(1): 95-112.

**Encomendero E, J Merino, A Vásquez & F del Rosario-Azañero. 2016.** Fecundidad, supervivencia y crecimiento del caballito de mar *Hippocampus ingens* (Pisces: Syngnathidae), en condiciones de laboratorio. *Pueblo Continente* 22(1): 159-165.

**Felbab-Brown V. 2022.** La caza furtiva y el tráfico de vida silvestre ligados a China en México, 44 pp. <[https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2022/03/FP\\_20220531\\_wildlife\\_trafficking\\_felbab\\_brown\\_SPANISH.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2022/03/FP_20220531_wildlife_trafficking_felbab_brown_SPANISH.pdf)>

**Felicio AKC, IL Rosa, A Souto & RHA Freitas. 2006.** Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. *Journal of Ethology* 24: 219-225. <<http://dx.doi.org/10.1007/s10164-005-0189-8>>

**Fernández-Apango JA, NE Narchi, GA Valle-Ramírez-Valle de Arellano, G Gómez-Hernández & D Lubinsky. 2002.** Organismos marinos en la medicina popular de México. En: Consejo Mexicano de Investigación y Desarrollo de Productos Naturistas (ed). *Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Herbolariá*, pp. 17-25. Guadalajara.

- Foster S. 2008.** Case study: *Hippocampus* spp. Project seahorse, 19 pp. NDF Workshop Case Studies, WG8-Fishes. British Columbia University, Vancouver. <[https://cites.org/sites/default/files/ndf\\_material/WG8-CS4.pdf](https://cites.org/sites/default/files/ndf_material/WG8-CS4.pdf)>
- Foster SJ & ACJ Vincent. 2004.** Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *Fish Biology* 65(1): 1-61.
- Foster SJ & ACJ Vincent. 2016.** Making non-detriment findings for seahorses - a framework, Version 4, 72 pp. Project Seahorse, The Institute for the Oceans and Fisheries (formerly the Fisheries Centre), The University of British Columbia, Vancouver. <<https://projectseahorse.org/wp-content/uploads/2021/10/NDFframeworkV42016March22.pdf>>
- Foster SJ, TL Loh & C Knapp. 2014.** iSeahorse: Landings Trends Toolkit: Surveying wild seahorse landings in support of conservation. <<https://projectseahorse.org/resource/landings-trends-toolkit/>>
- Freret-Meurer N & JV Andreatta. 2008.** Field studies of a Brazilian seahorse population, *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51(4): 743-751.
- Freret-Meurer N & J Andreatta. 2011.** First record of *Hippocampus erectus* Perry, 1810 (Pisces, Syngnathidae, Actinopterygii) at 100 meters deep. *Revista Brasileira de Zootecias* 13: 109-110.
- García LMB, GV Hilomen-García, FT Celino, TT Gonzales & RJ Maliao. 2012.** Diet composition and feeding periodicity of the seahorse *Hippocampus barbouri* reared in illuminated sea cages. *Aquaculture* 358-359: 1-5. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.013>>
- Gardiner N. 1998.** *Hippocampus erectus*, 55 pp. Undergraduate report, University of Michigan, Michigan.
- Gomezjurado J. 2005.** Pacific seahorse, *Hippocampus ingens*. In: Koldewey H (ed). *Syngnathid husbandry in public aquaria*, pp. 72-74. Seahorse Project, Zoological Society of London, London.
- Gutiérrez LP, YP Cubero, RIC Wong & PPC Monteagudo. 2011.** Estudio de las poblaciones de caballitos de mar en dos zonas de la costa norte de La Habana y Pinar del Río. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 3: 171-181.
- Hernández-Roque JA, EI Romero-Berny & JM López-Vila. 2018.** Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 10(2): 51-76.
- Hernández-Urcera J, FJ Murillo, M Regueira, M Cabanellas-Reboredo & M Planas. 2021.** Preferential habitats prediction in syngnathids using species distribution models. *Marine Environmental Research* 172: 105488. <<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105488>>
- Herrera-Valdivia E, J López-Martínez, S Castillo-Vargasmachuca & AR García-Juárez. 2016.** Diversidad taxonómica y funcional en la comunidad de peces de la pesca de arrastre de camarón en el norte del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 64(2): 587-602.
- Holt WV, A Fazeli & F Otero-Ferrer. 2021.** Sperm transport and male pregnancy in seahorses: an unusual model for reproductive science. *Animal Reproduction Science* 246: 106854. <<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106854>>
- Hora MDSCD & JC Joyeux. 2009.** Closing the reproductive cycle: growth of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei, Syngnathidae) from birth to adulthood under experimental conditions. *Aquaculture* 292: 37-41.
- INAPESCA. 2016.** Evaluación y manejo de la pesquería de camarón del Pacífico Mexicano. Captura, puntos de referencia, biomasa, edad, medio ambiente, fauna de acompañamiento. INAPESCA, Ciudad de México. <[https://fisheryprogress.org/sites/default/files/indicadores-documents/INAPESCA%202016%20\\_0.pdf](https://fisheryprogress.org/sites/default/files/indicadores-documents/INAPESCA%202016%20_0.pdf)>
- IUCN. 2021.** Toolkit: CITES for seahorses – general information. <<https://www.iucn-seahorse.org/cites-toolkit>>
- IUCN/SSC. 2013.** Directrices para la introducción y otras translocaciones para fines de conservación. Version 1.0., 57 pp. UICN Species Survival Commission, Gland. <<https://iucn-ctsg.org/wp-content/uploads/2017/12/iucn-guideines-spanish.pdf>>
- Jiang C, FY Liu, Y Jin, Y Yuan, YY Zhao & LQ Huang. 2018.** Zoological origin survey of commercial *Hippocampus* in Chinese herbal markets by morphological and DNA sequencing identification. *China Journal of Chinese Materia Medica* 43(23): 4553-4561.
- Jiménez-García GL. 2012.** Aspectos de la biología reproductiva y conducta del caballito de mar *Hippocampus erectus*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, 103 pp. <<http://132.248.9.195/ptd2012/octubre/0684972/0684972.pdf>>
- Jones AG & JC Avise. 2001.** Mating systems and sexual selection in male-pregnant pipefishes and seahorses: Insights from microsatellite-based studies of maternity. *Journal of Heredity* 92: 150-158. <<http://dx.doi.org/10.1093/jhered/92.2.150>>
- Kitsos MS, T Tzomos, L Anagnostopoulou & A Koukouras. 2008.** Diet composition of the seahorses, *Hippocampus guttulatus* Cuvier, 1829 and *Hippocampus hippocampus* (Teleostei, Syngnathidae) in the Aegean Sea. *Journal of Fish Biology* 72(6): 1259-1267.
- Koldewey H. 2005.** Seahorse husbandry in public aquariums, 137 pp. Zoological Society of London, London.
- Koldewey HJ & KM Martín-Smith. 2010.** A global review of seahorse aquaculture. *Aquaculture* 302: 131-152.
- Kvarnemo C, SE Andersson, J Elisson, GI Moore & AG Jones. 2021.** Home range use in the West Australian seahorse *Hippocampus subelongatus* is influenced by sex and partner's home range but not by body size or paired status. *Journal of Ethology* 39(2): 235-248.
- Lawson JM, SJ Foster & AC Vincent. 2017.** Low bycatch rates add up to big numbers for a genus of small fishes. *Fisheries* 42(1): 19-33.
- Li C, M Olave, Y Hou, G Qin, RF Schneider, Z Gao, X Tu, X Wang, F Qi, A Nater, AF Kautt, S Wan, Y Zhang, Y Liu, H Zhang, B Zhang, H Zhang, M Qu, S Liu, Z Chen, J Zhong, H Zhang, L Meng, K Wang, J Yin, L Huang, B Venkatesh, A Meyer, X Lu & Q Lin. 2021.** Genome sequences reveal global dispersal routes and suggest convergent genetic adaptations in seahorse evolution. *Nature Communications* 12(1): 1-11.

- Lin Q, J Lin & D Zhang. 2008.** Breeding and juvenile culture of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture* 277: 287-292.
- Lin Q, G Li, G Qin, J Lin, L Huang, H Sun & P Feng. 2012.** The dynamics of reproductive rate, offspring survivorship and growth in the lined seahorse, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Biology Open* 1(4): 391-396.
- Loh TL, C Knapp & SJ Foster. 2014.** iSeahorse: Trends toolkit: Finding and surveying wild seahorse populations in support of conservation. <<https://projectseahorse.org/resource/iseahorse-trends-toolkit/>>
- López G. 2019.** Análisis de la cría en cautiverio, aprovechamiento y comercio de caballitos de mar (*Hippocampus* spp.) y oportunidades para fortalecer la implementación de la CITES en México, 62 pp. SNIB-CONABIO, Ciudad de México.
- Lourie SA. 2016.** Seahorses: A life-size guide to every species, 160 pp. The University of Chicago Press, Chicago.
- Lourie SA & JE Randall. 2003.** A new pygmy seahorse, *Hippocampus denise* (Teleostei: Syngnathidae) from the Indo-Pacific. *Zoological Studies* 42(2): 284-291.
- Lourie SA, JC Pritchard, SP Casey, TS Ky, HJ Hall & ACJ Vincent. 1999.** The taxonomy of Vietnam's exploited seahorses (family Syngnathidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 66: 231-256.
- Lourie SA, SJ Foster, EWT Cooper & ACJ Vincent. 2004.** A guide to the identification of seahorses, 114 pp. Project Seahorse and Traffic North America, University of British Columbia & World Wildlife Fund, Washington D.C.
- Lourie SA, RA Pollom & SJ Foster. 2016.** A global revision of the Seahorses *Hippocampus* Rafinesque 1810 (Actinopterygii: Syngnathiformes): taxonomy and biogeography with recommendations for further research. *Zootaxa* 414: 1-66.
- Mai ACG & IML Rosa. 2009.** Ecological aspects of the seahorse *Hippocampus reidi* in the Camurupim/Cardoso estuary, Piauí State, Brazil, as subsidies for the implementation of an Environmental Protection Area. *Biota Neotropica* 9: 1-7.
- Mai ACG & G Velasco. 2012.** Population dynamics and reproduction of wild longsnout seahorse *Hippocampus reidi*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92(2): 421-427.
- Martínez A, T Gardner & D Littlehale. 2005.** Lined seahorse *Hippocampus erectus*. In: Koldewey H (ed). *Syngnathid husbandry in public aquaria*, pp. 54-61. Seahorse Project, Zoological Society of London, London.
- Masonjones HD. 2001.** The effect of social context and reproductive status on the metabolic rates of dwarf seahorses (*Hippocampus zosterae*). *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A* 129(2): 541-555.
- Masonjones HD & SM Lewis. 1996.** Courtship behavior in the dwarf seahorse, *Hippocampus zosterae*. *Copeia* 1996: 634-640.
- Masonjones HD, E Rose, LB McRae & DL Dixon. 2010.** An examination of the population dynamics of syngnathid fishes within Tampa Bay, Florida, USA. *Current Zoology* 56(1): 118-133.
- Masonjones H, A Hayashida-Boyles & R Pollom. 2017.** *Hippocampus zosterae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T10089A46910143. <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T10089A46910143.en>>
- Masonjones H, E Rose, J Elson, B Roberts & J Curtis-Quick. 2019.** High density, early maturing, and morphometrically unique *Hippocampus erectus* population makes a Bahamian pond a priority site for conservation. *Endangered Species Research* 39: 35-49.
- Matheson RE Jr, DK Camp, SM Sogard & KA Bjrogo. 1999.** Changes in seagrass-associated fish and crustacean communities on Florida Bay mud banks: The effects of recent ecosystem changes? *Estuaries* 22(28): 534-551.
- Najera-Medellin JA & A de la Mora-Covarrubias. 2019.** Distribución biogeográfica potencial del género *Hippocampus* Rafinesque 1810 (Actinopterygii: Syngnathiformes) en costas mexicanas. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 11: 51-69.
- NOAA. 2020.** Status review report: dwarf seahorse (*Hippocampus zosterae*), 90 pp. National Marine Fisheries Service NOAA, Silver Spring. <[https://media.fisheries.noaa.gov/dam-migration/2017\\_dwarf\\_seahorse\\_status\\_review\\_final\\_508\\_\(1\).pdf](https://media.fisheries.noaa.gov/dam-migration/2017_dwarf_seahorse_status_review_final_508_(1).pdf)>
- Oakley JW, S Leshner, G Dennis, R Ulibarri & G Guillen. 2021.** Distribution, abundance, and habitat use of the Dwarf Seahorse, *Hippocampus zosterae*, along the Texas Coast, 78 pp. Texas Parks and Wildlife Department, Austin. <<https://www.uhcl.edu/environmental-institute/research/publications/documents/21-001-dwarf-seahorse-final-report.pdf>>
- Oliveira TP & R Pollom. 2017.** *Hippocampus reidi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T10082A17025021. <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T10082A17025021.en>>
- Oliveira TP, AL Castro & IL Rosa. 2010.** Novel sex-related characteristics of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. *Neotropical Ichthyology* 8: 373-378.
- Ortega-Salas AA & H Reyes-Bustamante. 2006.** Fecundity, survival, and growth of the seahorse *Hippocampus ingens* (Pisces: Syngnathidae) under semi-controlled conditions. *Revista de Biología Tropical* 54(4): 1099-1102.
- Ortiz-Aguirre I. 2018.** Consideraciones sobre el estado actual de *Hippocampus ingens* para su aprovechamiento sostenible en la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis Doctoral, Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, 74 pp.
- Pajaro MG & ACJ Vincent. 2016.** The catch and export of the seahorse trade in the Philippines, pre-CITES. Fisheries Centre Working Paper, 2015-102, 27 pp. The University of British Columbia, Vancouver.
- Pastor-Gutiérrez L, D de la Nuez-Hernández, RIC Wong, YP Cubero & AP Angulo. 2011.** Caracterización de las poblaciones de caballitos de mar en diferentes zonas de la costa norte de las regiones occidental y central de Cuba. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 9: 23-29.
- Pham N & J Lin. 2013.** The effects of different feed enrichments on survivorship and growth of early juvenile longsnout seahorse, *Hippocampus reidi*. *Journal of the World Aquaculture Society* 44(3): 435-446.

- PIECEMO. 2013.** Cultivo del caballito de mar *Hippocampus erectus*, 61 pp. Programa de Investigaciones en Ecología y Cultivo de Especies Marinas de Ornato, Universidad Nacional Autónoma de México, Yucatán.
- Pierrri C, F Cardone, G Corriero, T Lazic, F Quattrocchi, G Alabiso & M Gristina. 2021.** Density decline in a Mediterranean seahorse population: Natural fluctuations or new emerging threats? *Frontiers in Marine Science* 8: 692068. <<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.692068>>
- Planas OM. 2014.** El caballito de mar, 128 pp. Los Libros de la Catarata, Madrid.
- Planas OM, R Burhans & N Simões. 2017.** Seahorses and pipefish. In: Calado R, I Olivotto, OM Planas & GJ Holt (eds). *Marine ornamental species aquaculture*, pp. 299-326. John Wiley and Sons, Chichester.
- Planas OM, I Olivotto, MJ González, R Laurà, C Angeletti, A Amici & M Zarantoniello. 2021.** Pre-breeding diets in the seahorse *Hippocampus reidi*: How do they affect fatty acid profiles, energetic status and histological features in newborn? *Frontiers in Marine Science* 8: 618. <<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.688058>>
- Pollom R. 2017a.** *Hippocampus erectus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T10066A20191442. <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T10066A20191442.en>>.
- Pollom R. 2017b.** *Hippocampus ingens*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T10072A54905720. <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T10072A54905720.en>>
- Pollom R, GM Ralph, CM Pollock & ACJ Vincent. 2021.** Global extinction risk for seahorses, pipefishes and their near relatives (Syngnathiformes). *Oryx* 55(4): 497-506. <<https://doi.org/10.1017/S0030605320000782>>
- Qin G, Y Zhang, ALFC Ho, Y Zhang & Q Lin. 2017.** Seasonal distribution and reproductive strategy of seahorses. *ICES Journal of Marine Science* 74: 2170-2179.
- Rodríguez-Romero J, J López-Martínez, E Herrera-Valdivia, S Hernández-Vázquez & A Acevedo-Cervantes. 2012.** Elenco taxonómico de los peces acompañantes de la captura de camarón en la porción oriental del Golfo de California. En: López-Martínez J & E Morales-Bojórquez (eds). *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*, pp. 71-91. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz. Fundación Produce Sonora, Hermosillo.
- Rosa IL, R Alves, K Bonifácio, JS Mourão, FM Osório, TPR Oliveira & MC Nottingham. 2005.** Fishers' knowledge and seahorse conservation in Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 1: 12. <<https://doi.org/10.1186/1746-4269-1-12>>
- Rosa IL, TPR Oliveira, ALC Castro, LE de Souza-Moraes, JHA Xavier, MC Nottingham, TLP Dias, LV Bruto-Costa, ME Araujo, AB Birolo, ACG Mai & C Monteiro-Neto. 2007.** Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae). *Neotropical Ichthyology* 5(3): 405-414.
- Rose E, CM Small, HA Saucedo, C Harper & AG Jones. 2014.** Genetic evidence for monogamy in the dwarf seahorse, *Hippocampus zosterae*. *Journal of Heredity* 105(6): 922-927.
- Rose R, H Masonjones & A Jones. 2016.** A DNA-based assessment of the phylogenetic position of a morphologically distinct, anchialine-lake-restricted seahorse. *Journal of Heredity* 107(6): 553-558.
- Rose E, M Simmonds, AL Hayashida-Boyles & HD Masonjones. 2019.** Seasonal and spatial variation in the reproductive biology of the dwarf seahorse *Hippocampus zosterae*. *Journal of Fish Biology* 95(2): 357-366.
- Schwarz-Junior R, ACNP Franco, ADS Ribeiro, MA Martins, M Soeth, OR Cardoso & HL Spach. 2021.** Padrões ecológicos e de crescimento do cavalo-marinho *Hippocampus reidi* inferidos por técnicas de recaptura em um estuário tropical. *Biota Neotropica* 21(2). <<https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1130>>
- Sogard SM, GVM Powell & G Holmquist. 1989.** Spatial distribution and trends in abundance of fishes residing in seagrass meadows on Florida Bay mudbanks. *Bulletin of Marine Science* 44(1): 179-199.
- Stallings CD, JP Brower, JM Heinlein-Loch & A Mickle. 2014.** Commercial trawling in seagrass beds: bycatch and long-term trends in effort of a major shrimp fishery. *Marine Ecology Progress Series* 513: 143-153.
- Stocks AP, SJ Foster, NK Bat, NM Ha & ACJ Vincent. 2019.** Local fishers' knowledge of target and incidental seahorse catch in southern Vietnam. *Human Ecology* 47(3): 397-408.
- Stölting KN & AB Wilson. 2007.** Male pregnancy in seahorses and pipefish: beyond the mammalian model. *BioEssays* 29: 884-896. <<http://dx.doi.org/10.1002/bies.20626>>
- Strawn K. 1958.** Life history of the pigmy seahorse, *Hippocampus zosterae* Jordan and Gilbert, at Cedar Key, Florida. *Copeia* 1958: 16-22.
- Taylan B, Ş Gürkan & E Taşkavak. 2020.** Reproductive biology of the Short-snouted Seahorse, *Hippocampus hippocampus* (Linnaeus, 1758) in the Eastern Black Sea of Turkey (Osteichthyes: Syngnathidae). *Zoology in the Middle East* 66: 222-223.
- Teixeira RL & JA Musick. 2001.** Reproduction and food habits of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Teleostei: Syngnathidae) of Chesapeake Bay, Virginia. *Revista Brasileira de Biologia* 61: 79-90.
- Ternes ML, LC Gerhardinger & A Schiavetti. 2016.** Seahorses in focus: local ecological knowledge of seahorse-watching operators in a tropical estuary. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12(1): 52. <<https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-016-0125-8>>
- Tipton K & SS Bell. 1988.** Foraging patterns of two syngnathid fishes: importance of harpacticoid copepods. *Marine Ecology Progress Series* 47: 31-43.
- Valladares S, DX Soto & OM Planas. 2016.** Dietary composition of endangered seahorses determined by stable isotope analysis. *Marine and Freshwater Research* 68(5): 831-839.
- Vari RP. 1982.** Fishes of the Western North Atlantic, Part 8. Order Gasterosteiformes, Suborder Syngnathoidea. Syngnathidae (Doryrhamphinae, Syngnathinae, Hippocampinae), 198 pp. Sears Foundation for Marine Research, Yale University, New Haven.

- Vilchis-García IS. 2018.** Desarrollo de visualizador web para consulta, georreferenciación y análisis de poblaciones de caballito de mar (*Hippocampus erectus*) en el Estado de Yucatán. Tesis de especialidad, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, 73 pp. <<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/106209>>
- Vincent ACJ. 1990.** Reproductive ecology of seahorses. Dissertation for Doctor of Philosophy, University of Cambridge, Cambridge, 101 pp. <[https://projectseahorse.org/wp-content/uploads/1990/06/Amanda\\_Vincent\\_PhD1990.pdf](https://projectseahorse.org/wp-content/uploads/1990/06/Amanda_Vincent_PhD1990.pdf)>
- Vincent ACJ, BG Giles, CA Czembor & SJ Foster. 2011a.** Trade in seahorses and other syngnathids in countries outside Asia (1998-2001). Fisheries Centre Research Reports 19(1): 2-180.
- Vincent ACJ, SJ Foster & HJ Koldewey. 2011b.** Conservation and management of seahorses and other Syngnathidae. Journal of Fish Biology 78(6): 1681-1724.
- Vincent ACJ, YJ Sadoby-de Mitcheson, SL Fowler & S Lieberman. 2013.** The role of CITES in the conservation of marine fishes subject to international trade. Fish and Fisheries 15(4): 563-592.
- Vite-García N, N Simoes, O Arjona, M Mascaro & E Palacios. 2014.** Growth and survival of *Hippocampus erectus* (Perry, 1810) juveniles fed on *Artemia* with different HUFA levels. Latin American Journal of Aquatic Research 42(1):150-159.
- Vite-García N, S López-Jiménez & L Rangel-López. 2017.** Avances en el cultivo de *Hippocampus* spp. (Teleostei: Syngnathidae): investigaciones en el siglo XXI. Latin American Journal of Aquatic Research 45(1): 1-17.
- Willadino L, L Souza-Santos, R Mélo, A Brito, N Barros, C Araújo-Castro, D Galvão, A Gouveia, C Regis & R Cavalli. 2012.** Ingestion rate, survival and growth of newly released seahorse *Hippocampus reidi* fed exclusively on cultured live food items. Aquaculture 360-361: 10-16.
- Wilson AB, I Ahnesjo, ACJ Vincent & A Meyer. 2003.** The dynamics of male brooding, mating patterns, and sex roles in pipefishes and seahorses (family Syngnathidae). Evolution 57: 1374-1386.
- Yasué M, A Nellas, H Panes & ACJ Vincent. 2015.** Monitoring landed seahorse catch in a changing policy environment. Endangered Species Research 27: 95-111.
- Yip MY, ACO Lim, VC Chong, JM Lawson & SJ Foster. 2014.** Food and feeding habits of the seahorses *Hippocampus spinosissimus* and *Hippocampus trimaculatus* (Malaysia). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 95(5): 1033-1040.
- Zhang X & ACJ Vincent. 2018.** Predicting distributions, habitat preferences and associated conservation implications for a genus of rare fishes, seahorses (*Hippocampus* spp.). Diversity and Distributions 24: 1005-1017.
- Zhang D, Y Zhang, J Lin & Q Lin. 2010.** Growth and survival of juvenile lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Perry), at different stocking densities. Aquaculture Research 42: 9-13.
- Zhang D, F Yin & J Lin. 2011.** Criteria for assessing juvenile quality of the lined seahorse, *Hippocampus erectus*. Aquaculture 322/323: 255-258.

---

Recibido el 27 de enero 2022

Acceptado el 14 de abril 2023