



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO

---

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL  
POR INVESTIGACIÓN

**Marsupiales hospederos del género  
*Gnathostoma* (Nematoda: Spirurida) en América**

Que presenta la alumna:

**Tania Araceli Padilla Bejarano**

Matricula: 2163027425

**Asesor interno**

M. en C. Miguel Ángel Mosqueda Cabrera

Depto. El Hombre y su Ambiente

Número económico: 22011

Ciudad de México, 23 de Septiembre de 2021.

**Resumen:** La única especie válida del género *Gnathostoma* (Nematoda: Spirurida) en marsupiales es *Gnathostoma turgidum* Stossich, 1902. La especie fue descrita por primera vez en Argentina en *Didelphis azarae* (= *D. albiventris*), posterior a este registro ha sido documentada como un parásito, principalmente en *Didelphis virginiana*, en América del norte. Los registros de *G. turgidum* dan cuenta que la especie utiliza una variedad de especies de marsupiales en América como hospederos definitivos. El objetivo de esta investigación fue conocer el estado que guarda el conocimiento en la relación de marsupiales como hospederos definitivos del género *Gnathostoma* en América. El *corpus* de la búsqueda consta de 32 publicaciones organizadas en una base de datos en Access. Los resultados indican que 6 especies de marsupiales actúan como hospederos definitivos de *G. turgidum*. El Tlacuache norteño *Didelphis virginiana* fue el hospedero definitivo con mayor número de registros (42.64%), el tlacuache común *Didelphis marsupialis* (19.11%), *Didelphis aurita* (1.47%), *Didelphis albiventris* (1.47%), *Philander laniger pallidus* (= *Caluromys derbianus*) (1.47%) y *Philander opossum* (1.47%). Adicionalmente, los registros indican que existen dos grupos Amphibia y Pisces actúan como segundos hospederos intermediarios hacia el hospedero definitivo y como hospederos paraténicos a reptiles y mamíferos. Los países de América con registros de *G. turgidum* son México (42) Estados Unidos (4), Panamá, Brasil, Perú y Argentina, con un registro cada uno. Aun cuando esta especie puede desarrollarse en un amplio rango de especies hospederas, suele desarrollarse mejor en una (*D. virginiana*) que en el resto. Por lo tanto, es posible que los parásitos encontrados en cada especie de marsupial sean una especie de *Gnathostoma* diferente.

Palabras clave: *Gnathostoma*, Marsupiales, Especificidad.

## Introducción

El parasitismo es la relación entre el uso de un organismo hospedero como hábitat y fuente de alimentación por parte de otro organismo, el parásito y el ambiente en el que se desarrollan (Zelmer, 1998); por lo tanto, los parásitos son organismos que viven en o sobre otro organismo vivo y que obtiene de este parte o la totalidad de sus nutrientes orgánicos (Goater *et al.*, 2014). Los helmintos como endoparásitos, se ubican taxonómicamente en los phyla Platyhelminthes, Nematelminthes y Acantocephala (Rodríguez-Diego *et al.*, 2018).

El phylum Nematoda incluye organismos triblásticos, protostomados, blastocelomados, bilaterales y con cuerpo característicamente cilíndrico. Los nemátodos presentan una amplia gama de relaciones con otras especies, el parasitismo es una forma de vida común, y una porción de especies de nemátodos pueden ser parásitos (Blaxter y Koutsovoulos, 2015). Los nemátodos parásitos de vertebrados se alojan prácticamente en cualquier órgano, aunque la mayoría se encuentran asociados al tubo digestivo y glándulas anexas (Prieto *et al.*, 2014). Las especies del género *Gnathostoma* Owen, 1836 suelen aparecer en tumores de la pared estomacal de mamíferos carnívoros, producen huevos con una hinchazón prominente en uno o ambos extremos (Anderson, 2000). En América se encuentran al menos seis especies del género *Gnathostoma*, las cuales son: *G. americanum* Travassos, 1925, *G. binucleatum* Almeyda-Artigas, 1991, *G. miyazakii* Anderson, 1964, *G. procyonis* Chandler, 1942, *G. turgidum* Stossich, 1902 y *G. lamothei* Bertoni-Ruiz *et al.*, 2005 (Bertoni-Ruiz *et al.*, 2011). Así, también se ha encontrado especificidad hospedatoria de *Gnathostoma* hacia determinadas especies de mamíferos en el caso de los adultos (León-Règagnon *et al.*, 2005). Por ejemplo *G. americanum* es específica a *Leopardus tigrinus*, *G. binucleatum* a *Leopardus pardalis*, *G. mayazakii* a *Lutra canadensis*, *G. procyonis* a *Procyon lotor lotor*, *G. turgidum* a *Didelphis azare* y *G. lamothei* a *Procyon lotor hernandezii* (Bertoni-Ruiz *et al.*, 2011).

En México tres especies del género *Gnathostoma* están registradas: *G. turgidum* que infecta a *Didelphis virginiana*, *G. binucleatum* a *Leopardus pardalis* y *G. lamothei* a *Procyon lotor hernandezii* (Mosqueda-Cabrera y Ocampo- Jaimes, 2009).

La presente investigación presenta el estado actual del conocimiento que guarda la relación de los marsupiales como hospederos definitivos de *Gnathostoma turgidum* en América.

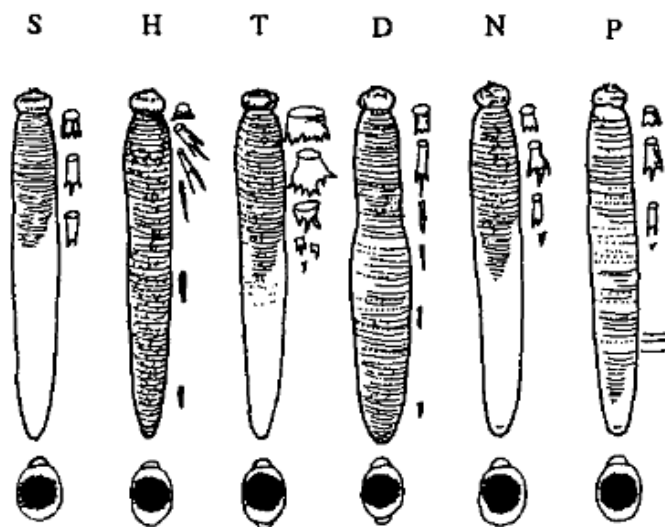
## Marco teórico

### Aspectos generales del género *Gnathostoma*

El género *Gnathostoma* spp., pertenece al filo Nematoda o Nematelminthes Rudolphi, 1808, clase Secernentea (Phasmidia) Dougherty, 1958, orden Spirurida Chitwood, 1933, superfamilia Gnathostomatoidea Nicoll, 1927, familia Gnathostomatidae Railliet, 1985, subfamilia Gnathostomatinae Baylis y Lane, 1920, y género *Gnathostoma* Owen, 1936 (Waikagul y Camacho, 2007).

Las especies del género *Gnathostoma* se distinguen en la forma y disposición de las espinas que cubren total o parcialmente su cuerpo, el aspecto de todas ellas es semejante y sencillo reconocer el género, pero sólo un helmintólogo experto puede diagnosticar la especie (Figura

1). Cuentan con un bulbo cefálico, en su morfología interna destaca la existencia de cuatro estructuras tubulares terminadas en ciego llamadas sacos cervicales, su esófago es muscular en su porción anterior y glandular en la posterior (Martínez *et al.*, 1989).



**Figura 1.** Características diferentes de las hembras adultas y de los huevos de las principales especies de *Gnathostoma*: S *G. spiniegerum*; H *G. hispidum*; T *G. turgidum*; D *G. doloresi*; N *G. nipponicum*; P *G. procyonis* (Martínez *et al.*, 1989).

### Ciclo de vida de *Gnathostoma*

Los huevos de las especies de *Gnathostoma* aparecen al exterior con las heces de los mamíferos infectados que han desarrollado en su interior la larva de primer estadio, la cual muda sin desprender su vaina, saliendo del huevo como larva de segundo estadio en un lapso de cuatro a 20 días. Las larvas, al ser ingeridas por copépodos, atraviesan el tubo digestivo y pasan al hemocele donde se desarrollan a larvas de tercer estadio temprano en un tiempo aproximado de 10 días después de los cuales, cuando los copépodos son ingeridos por los segundos hospederos intermediarios (un pez dulceacuícola o de aguas salobres), la larva atraviesa la pared gástrica y se puede enquistar en las masas musculares, alcanzando el tercer estadio avanzado aproximadamente en un mes. En esta fase permanece por un tiempo hasta que es ingerida por el hospedero definitivo (Wong *et al.*, 2001).

### Heteroxenia

En parasitología, un ciclo de vida complejo (heteroxeno) se produce cuando el parásito requiere más de un hospedero en su serie para completar su ciclo de vida. Los helmintos con ciclos de vida complejos tienen hospederos intermediarios en los que se lleva a cabo el crecimiento y desarrollo, pero no reproducción sexual, seguido de la entrada del hospedero definitivo donde se produce la madurez sexual y la reproducción. Un hospedero intermediario en el que no hay desarrollo ni crecimiento larvario se denomina hospedero paraténico (Parker *et al.*, 2015).

La heteroxenia está extendida entre los nematodos parásitos de los vertebrados, y proporciona ventajas para la transmisión de nematodos vertebrados como, el hospedero intermediario proporciona un entorno rico en nutrientes y las larvas son capaces de crecer, lo que puede influir a la tasa de maduración en el hospedero definitivo y quizá mejorar la capacidad de los adultos para producir progenie (Chabaud, 1957; Inglis, 1965 citado por Anderson, 2000).

### **Especificidad hospedatoria**

La especificidad hospedatoria se refiere a la restricción de los parásitos (genética y fisiológica) para invadir determinadas especies de hospederos (Cruz-Reyes y Camargo-Camargo, 2000). Es uno de los principales atributos que poseen los parásitos y se relaciona con el número de especies hospedadoras explotadas por una población parásita (Poulin *et al.*, 2006 citado por Garbin, 2009).

### **Generalidades de *Didelphis* en América**

Las zarigüeyas del género *Didelphis* se encuentran desde el sur de Canadá hasta el centro de Argentina. Se caracterizan por su densa piel interior y pelo largo, cuentan con cinco dedos en cada pie con un *hallux* oponible y sin garras, una cola desnuda y un marsupio bien desarrollado en las hembras (Gardner, 1970). Presentan la cabeza cónica y de gran tamaño en relación con su cuerpo, un hocico puntiagudo de nariz desnuda, ojos grandes y separados y orejas redondeadas, de aspecto membranoso y desprovisto de pelo (Emmons y Feer, 1990 citado por Lozada *et al.*, 2015). Se encuentran en hábitat que incluyen bosques templados de pinos y robles, praderas y mezquite, así como el chaparral del sur de Canadá, Estados Unidos y la meseta mexicana (Gardner, 1970).

### **Marsupiales en México**

En México se distribuyen ocho especies de marsupiales dentro del orden Didelphimorphia en siete géneros, a saber: *Marmosa mexicana* Merriam 1897, *Tlacuatzin canescens* Allen 1893, *Caluromys derbianus* Waterhouse 1841, *Chironectes minimus* Zimmerman 1780, *Didelphis marsupialis* Linnaeus 1758, *Didelphis virginiana* Kerr 1792, *Metachirus nudicaudatus* Desmarest 1817 y *Philander opossum* Linnaeus, 1758 (Medina-Romero *et al.*, 2012). La alimentación de estos marsupiales es diversa en su dieta. El tlacuachín *T. canescens* es omnívoro y su dieta es principalmente de insectos como: chinches, cucarachas y mantis, ocasionalmente se alimenta de huevos de aves y polluelos (Ceballos, 1989 citado por Zarza *et al.*, 2003), también se alimenta de plátano, coco, higos y naranja (Ceballos y Miranda, 2000 citado por Zarza *et al.*, 2003). La alimentación de la zarigüeya lanuda centroamericana *C. derbianus*, consta de insectos y pequeños vertebrados (Ortega *et al.*, 2021). El perrito de agua *C. minimus* caracterizada por su habilidad en el agua se alimenta de peces (Mondolfi y Padilla, 1957). El tlacuache norteño *D. virginiana* cuenta con una dieta oportunista, la mayor parte de su alimentación consiste en insectos y carroña, así como material vegetal, especialmente frutas y granos de temporada (McManus, 1974). Por otra parte, la zarigüeya común *D. marsupialis* cuenta con una dieta omnívora e incluye huevos, insectos, lombrices, néctar, frutos silvestres, cultivos, pequeños vertebrados como: serpientes y ratones (Barrera, 2020). El tlacuache cuatro ojos *M. nudicaudatus* se alimenta de frutas y diferentes grupos de

artrópodos según su disponibilidad en el entorno (Lessa y Geise, 2014). Por último, el filandro gris, zarigüeya gris de cuatro ojos, micuré, tacuacín o tlacuache de cuatro ojos *P. opossum* tiene una alimentación variada, que va desde frutas a néctar, ranas, pequeños mamíferos, aves y sus huevos, reptiles, anfibios, insectos, crustáceos, caracoles y lombrices de tierra (Pérez-Hernández *et al.*, 1994 citado por Castro-Arellano *et al.*, 2000) así como carroña (Roadkills-Davis, 1994 citado por Castro-Arellano, 2000). Se ha documentado que el género *Didelphis* actúa como hospedero definitivo de la especie *G. turgidum* (Mosqueda-Cabrera y Ocampo-Jaimes, 2009), pero ningún registro existe de *Gnathostoma* para las otras especies de marsupiales en México. Por lo tanto, debido a la alta especificidad hospedatoria que presentan las formas adultas en el hospedero definitivo y la diversidad en los artículos alimentarios de los marsupiales mexicanos, no es improbable pensar que alberguen a más de una especie de *Gnathostoma*.

## **Objetivos**

### **General**


Conocer el estado que guarda el conocimiento en la relación a los marsupiales como hospederos definitivos del género *Gnathostoma* en América.

### **Específicos**

- Conocer la información bibliográfica sobre las especies del género *Gnathostoma* presentes en marsupiales en América.
- Conformar una base de datos con la información obtenida.

## **Material y métodos**

Se realizó una búsqueda de la información acerca de *G. turgidum* en marsupiales registrados en América y México. Se utilizaron la plataforma de Google académico y las bibliotecas digitales nacionales. La búsqueda abarcó tesis y publicaciones que hacen énfasis en las especies del género *Gnathostoma* en marsupiales, en cada una se encontraron de uno a más registros de las fases de desarrollo de la especie, los cuales fueron considerados registros independientes. Con esta información se realizó una base de datos en Access donde la información fue organizada de la siguiente manera: datos editoriales, datos referentes a: especie de parásito, especie del hospedero y la región geográfica, el diseño de un formulario facilitó la búsqueda y visualización de información en la base de datos (Figura 2). La información de los registros permitió la realización de un mapa de distribución geográfica de *G. turgidum* en América y un mapa de distribución geográfica de *G. turgidum* en México en ArcGis.

ID  Título  

Especie(s)  Otras fases de desarrollo

Fase de Desarrollo   Sub adulto

Sitio de infección   Larva de tercer estadio avanzado

Especies de Hospedero   Larva de tercer estadio temprano

Familia   Larva segundo estadio

Estado   Huevo

Localidad  Depósito de ejemplares

País

Anotaciones

Inmunología  Taxonomía  Inf Experimental  Biología molecular  Ecología  Ciclo de vida

MEB




Figura 2. Formulario de la base de datos en Access.

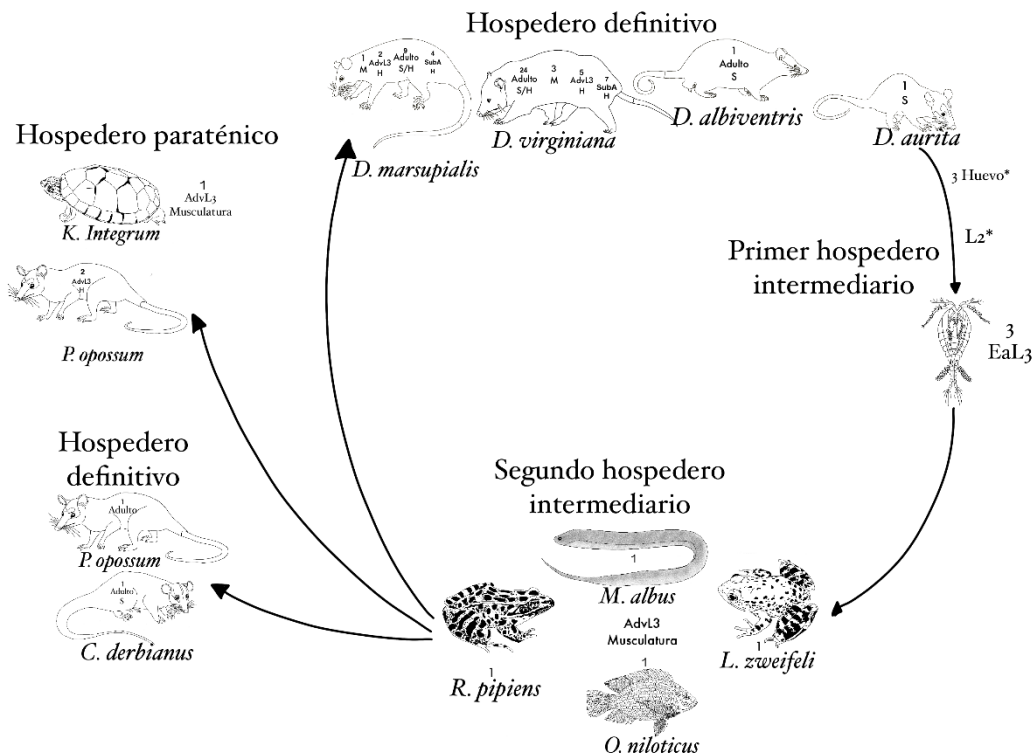
## Resultados

### Compilación de la información

El primer registro de una especie del género *Gnathostoma* en marsupiales fue realizado por Stossich en 1902, quien describió a *Gnathostoma turgidum* del estómago de *Didelphis azarae* (= *D. albiventris*) en Argentina. En México el primer registro del parásito fue realizado por Caballero en 1958. Después de estos registros, 25 publicaciones han documentado a *G. turgidum* en diversas especies del género *Didelphis* como hospederos definitivos, una publicación del género *Caluromys* como hospedero definitivo, una publicación al género *Philander* como hospedero definitivo y una como hospedero paraténico y dos publicaciones documentan a la especie en la fase de larva de tercer estadio avanzado en especies de tres clases de vertebrados como segundos hospederos intermediarios en América.

Un total de 32 publicaciones dan cuenta de la presencia de *G. turgidum* en América, las cuales hacen un total de 68 registros de diferentes estadios de su ciclo de vida. Cuatro especies del género *Didelphis* han sido documentadas como hospederos definitivos. El tlacuache norteamericano *Didelphis virginiana* es el hospedero con la mayor especificidad para la especie con 29 registros (42.64%) *Didelphis marsupialis* con 13 (19.11%) *Didelphis aurita* 1 (1.47%), *Didelphis albiventris* 1 (1.47%); además, existen dos registros de la fase adulta uno en *Philander laniger pallidus* (= *Caluromys derbianus*) (1.47%) y el otro en *Philander opossum*

(1.47%). Como primer hospedero intermediario de la larva de tercer estadio temprano a micro crustáceos de la clase Copepoda con 3 (4.41%) registros. Como segundos hospederos intermediarios de la larva de tercer estadio avanzado, Peces *Monopterus albus* 1 (1.47%) y *Oreochromis niloticus* 1 (1.47%); Amphibia *Lithobates zweifeli* 1 (1.47%) y *Rana pipiens* 1 (1.47%); como hospedero paraténico a Mammalia *Philander opossum* con 2 (2.94%) y Reptilia *Kinosterion integrum* 2 (2.94%). Además, se tienen los registros de la larva de tercer estadio avanzado en los hospederos definitivos *D. virginiana* 5 (7.34%) y *D. marsupialis* 2 (2.94%). Con relación a las fases de huevo, larva de segundo estadio y larva de estadio temprano no existe ningún registro de su hallazgo en colectas de su forma de vida libre (huevo y larva de segundo estadio) en el medio natural, todos los registros dan cuenta de su obtención por medio de infecciones experimentales, huevo 3 (4.41%), larva de segundo estadio 1 (1.47%) y larva de tercer estadio temprano (4.41%). Un total de 4 (5.88%) documentan registros mixtos, es decir documentan a las fases adulto, sub-adulto y larva de tercer estadio avanzado en el estómago e hígado, pero sin especificar el sitio de infección (Figura 3).

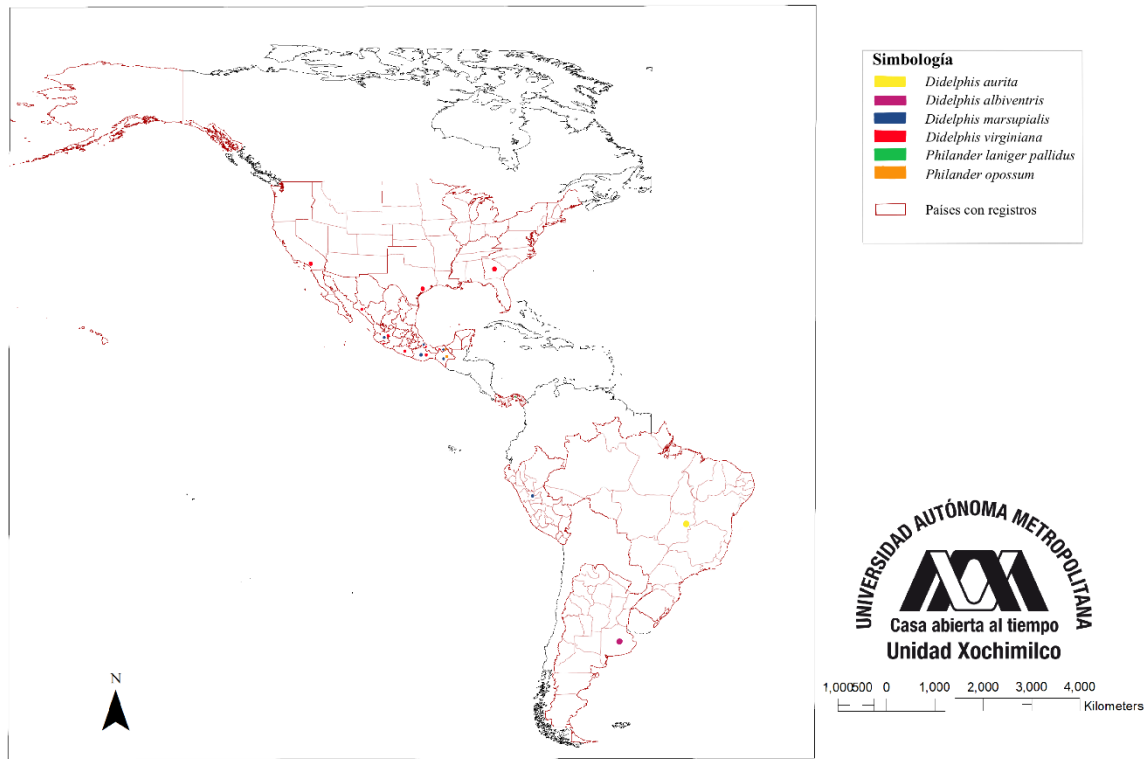


**Figura 3.** Registros de *G. turgidum* en las especies de hospederos que intervienen en su ciclo de vida. \* Vida libre, L<sub>2</sub> larva de segundo estadio, EaL<sub>3</sub> larva de tercer estadio temprano, AdvL<sub>3</sub> larva de tercer estadio avanzado, SubA Sub adulto, M múltiples estadios de desarrollo, S estómago, H hígado.

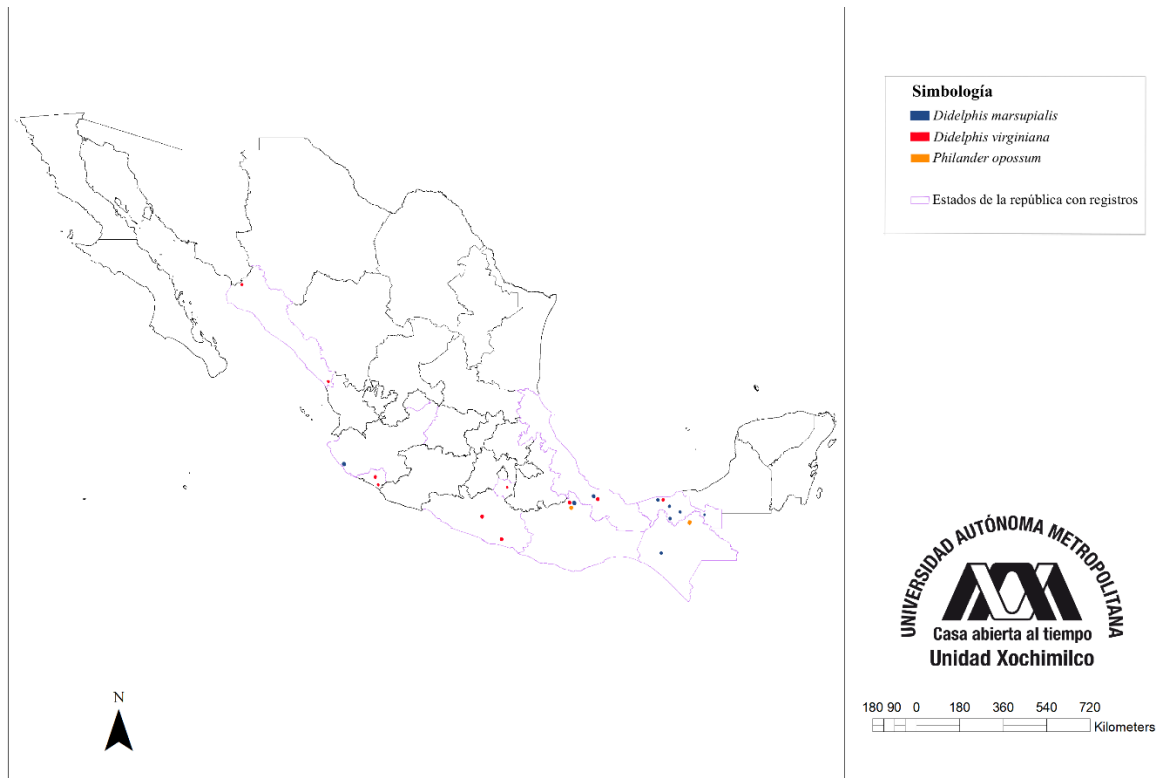
El país de América con un número mayor de registros de *G. turgidum* en Tlacuaches fue México con 51, seguido de Estados Unidos con 4 registros y por último, Panamá, Perú, Brasil y Argentina con 1 registro cada uno (Figura 4). En este país, el estado con mayor número de registros fue Tabasco con 13 (Centro 7, Paraíso 2, Teapa 1, Macuspana 1, Emiliano Zapata



1 y Cárdenas 1), Oaxaca 7 (Temascal 6 y Soyaltepec 1), Sinaloa 7 (Tecualilla), Guerrero 6 (San Pedro las playas 4 y Tres palos 2), Veracruz 5 (Tlacotalpan), Morelos 4 (Cuautla 2, sin especificar 2) y Jalisco 4 (Chamela 2, Puerto Vallarta 1 y Carretera juntas-palmas 1), Colima 3 (Colima 1, Laguna de Amela 1 y sin especificar 1) y Chiapas con dos registros 2 (Jaltengo 1 y Agua fría 1) (Figura 5).



**Figura 4.** Distribución de los registros de *G. turgidum* en marsupiales de América.



**Figura 5.** Distribución de los registros de *G. turgidum* por localidad en México.

## Discusión

En México tres trabajos de revisión bibliográfica dan cuenta de los registros de *G. turgidum* en marsupiales. En ellos se documenta la distribución de *Gnathostoma* spp., en sus diferentes estadios de desarrollo (Pérez-Álvarez *et al.*, 2008), y a los marsupiales como hospederos definitivos de *G. turgidum*, (García-Prieto *et al.*, 2012; Acosta-Virgen *et al.*, 2015). La presente investigación documenta el espectro de registros de hospederos ocupados por la especie para completar su ciclo de vida y cuestiona la especificidad hospedatoria a nivel de hospedero definitivo.

### Fases de desarrollo de vida libre

Los registros de las fases de vida libre (huevo y L<sub>2</sub>) de *G. turgidum* solo han sido documentadas a partir de su obtención de forma experimental a partir de formas adultas de *D. virginiana* (Almeyda-Artigas *et al.*, 2000; Mosqueda-Cabrera *et al.*, 2009; Zazueta-Moreno *et al.*, 2018).

### Larva de tercer estadio temprano

La larva de tercer estadio temprano ha sido obtenida únicamente a partir de infecciones experimentales de pequeños crustáceos de la clase Copepoda (Sánchez-Miranda, 2001; Mosqueda-Cabrera *et al.*, 2009; Zazueta-Moreno *et al.*, 2018).

### Larva de tercer estadio avanzado en segundos hospederos intermediarios

Existen registros de la larva de tercer estadio avanzada obtenida de dos maneras diferentes, una mediante infecciones experimentales y la otra en infecciones naturales.

Como segundos hospederos intermediarios experimentales se han registrado a 2 especies, la rana *R. pipiens* (Sánchez-Miranda, 2001; Mosqueda-Cabrera *et al.*, 2009), la rana leopardo *L. zweifeli* (Mosqueda-Cabrera, 2009). Las larvas fueron obtenidas mediante la infección experimental de copépodos infectados con larvas de tercer estadio temprano, las AdvL<sub>3</sub> fueron encontradas enquistadas en la musculatura de los hospederos. Las infecciones naturales con AdvL<sub>3</sub> han sido registradas en la tilapia del nilo *O. niloticus* de la Laguna de Tres Palos, Oaxaca, México (Pérez-Ponce de León *et al.* 1996 citado por Pérez-Álvarez *et al.* 2008). Cole *et al.* (2014) encontró AdvL<sub>3</sub> en anguilas *M. albus* obtenidas de aguas abiertas.

### **Larva de tercer estadio avanzado en hospederos paraténicos**

No obstante, en las anguilas *M. albus* se encontraban infectadas con AdvL<sub>3</sub> (Cole *et al.*, 2014), su infección podría indicar que esta especie actúa con hospedero paraténico y no como un segundo hospedero intermediario, ya que esta especie se alimenta de anfípodos, cangrejos de río, peces y huevos de peces (Hill y Watson, 2007) por lo que su infección pudo darse al alimentarse de algún pez pequeño infectado previamente con las AdvL<sub>3</sub>. Por otra parte, en la Laguna de “Tres Palos”, San Pedro de las Playas, Guerrero fueron extraídas AdvL<sub>3</sub> de la musculatura de la tortuga *K. integrum* infectada de manera natural (Sánchez-Miranda, 2001; Mosqueda-Cabrera *et al.*, 2009). Esta especie actúa como hospedero paraténico al obtener la infección cuando se alimenta de ranas o peces pequeños con AdvL<sub>3</sub> (Mosqueda-Cabrera *et al.*, 2009).

También se tienen los registros de marsupiales como hospederos paraténicos, se encontraron registros de AdvL<sub>3</sub> en el tlacuache de cuatro ojos *P. opossum* (Almeyda-Artigas *et al.*, 2010; Ramírez-Cañas *et al.*, 2019), a esta especie de hospedero se le considera paraténica ya que el parásito no presentó desarrollo a su fase adulta reproductiva.

### **Larvas de tercer estadio avanzado en hospederos definitivos**

Siguiendo el ciclo de vida, las larvas de tercer estadio avanzado son reclutadas por medio del alimento por dos especies de hospederos *D. virginiana* (Pérez-Álvarez *et al.*, 2008; Díaz-Camacho *et al.*, 2010; Acosta-Virgen *et al.*, 2015) y *D. marsupialis* (Pérez-Álvarez *et al.*, 2008; Acosta-Virgen *et al.*, 2015). Dos tipos de larvas de tercer estadio avanzado de *G. turgidum* han sido registradas; larvas “small” (S), con una longitud menor de 3mm, encontradas en el hígado de tlacuaches en los meses de noviembre a enero, y larvas “large” (L), hasta 10mm de longitud encontradas en los meses de febrero a mayo. Por lo tanto, *G. turgidum* es considerado un parásito anual en los tlacuaches debido a su presencia en el hígado secuencialmente desde S-L hasta adultos maduros (donde pasan al estómago) con relación a las estaciones del año. Esta variación entre las larvas S-L describen el crecimiento/maduración de larva a adulto del parásito (Díaz-Camacho *et al.*, 2010). El que se hayan encontrado larvas S puede indicar que el hospedero definitivo acababa de ser infectado por el parásito, y el tamaño de las larvas L podrían indicar que éstas están en proceso de avanzar al siguiente estadio (subadultos). Esta condición de larvas de tercer

estadio avanzado con una longitud de 10mm también fue documentada por Almeyda-Artigas *et al.*, 2010, al cual los autores reconocieron como precocidad.

### **Sub Adulto**

Los registros de AdvL<sub>3</sub> en el tlacuache norteño *D. virginiana* y del tlacuache común *D. marsupialis*, demuestran que el paso hepático es crítico en el ciclo de vida del parásito antes de alcanzar la fase adulta (Díaz-Camacho *et al.*, 2010).

Los registros de sub adulto en el tlacuache norteño *D. virginiana* son (Babero, 1960; Almeyda-Artigas *et al.*, 2000; Sánchez-Miranda, 2001; Mosqueda-Cabrera *et al.*, 2009; Díaz-Camacho *et al.*, 2010; Acosta-Virgen *et al.*, 2015 y Ortiz-Nájera, 2002 citado por Pérez-Álvarez *et al.*, 2008). En el tlacuache común *D. marsupialis* (Sánchez-Núñez, 1992; Gallegos-Torres, 2003 citados por Pérez-Álvarez *et al.*, 2008; Ocegüera-Figueroa, 2002; y Acosta-Virgen *et al.*, 2015).

### **Adulto**

Se han documentado a seis especies de tlacuaches como hospederos definitivos de *G. turgidum* en América; sin embargo, la especie *G. turgidum* mostró mayor especificidad (42.64%) hospedatoria en *D. virginiana* (Ortiz, 1990; Ortíz, 2000; García-Márquez, 2005 y Monet-Mendoza *et al.*, 2005 citados por García-Prieto *et al.*, 2012; Acosta-Virgen *et al.*, 2015; Díaz-Camacho *et al.*, 2009; Díaz-Camacho *et al.*, 2010; Ellis *et al.*, 1999; García-Márquez *et al.*, 2014; Lamothe *et al.*, 1998; Monet-Mendoza *et al.*, 2005; León-Règagnon *et al.*, 2005; Nawa *et al.*, 2009; Torres-Montoya *et al.*, 2014, Torres-Montoya *et al.*, 2018; Mosqueda-Cabrera, 2003; Sánchez-Miranda, 2001; Mosqueda-Cabrera *et al.*, 2009, Cruz-Reyes y Zepeda-Rodríguez, s.f y Dikmans, 1931). No obstante, la fase adulta del parásito ha sido identificada en cinco especies más de marsupiales de la familia Didelphidae. El tlacuache común *D. marsupialis* (19.11%) también fue considerado hospedero definitivo del parásito (Miyazaki *et al.*, 1978 citado por Chero *et al.*, 2017; Caballero y Caballero, 1958; Bravo-Hollis *et al.*, 1979; Gallegos-Torres, 2003 citados por García-Prieto *et al.*, 2012; Bravo-Hollis *et al.*, 1973 citado por Pérez-Álvarez *et al.* 2008; Bravo-Hollis y Caballero-Deloya, 1979 citado por García-Prieto, 2012; Sánchez-Miranda, 2001 y León-Règagnon *et al.*, 2005). La comadreja overa *D. azare* (= *D. albiventris*) (Stossich, 1902 citado por Bertoni-Ruíz *et al.*, 2011), la zarigüeya brasileña *D. aurita* (Travassos, 1925).

Dos especies más han sido documentadas como hospederos definitivos de *G. turgidum* *P. opossum* (Sánchez-Núñez, 1992 citado por Pérez-Álvarez *et al.*, 2008) y *Caluromys derbianus* (Foster, 1939), respecto a estas especies, la información es escasa.

### **Especificidad hospedatoria**

El número de diferentes especies hospedadoras que una única especie de parásito puede infectar es limitado; aun cuando una especie parásita pueda desarrollarse en un amplio rango de especies hospedadoras, lo hará generalmente mejor en una o dos especies que en el resto. De este modo, la mayoría de los parásitos están restringidos a una o unas pocas especies hospedadoras cercanamente emparentadas. Es común encontrar similitudes entre especies de

parásitos presentes en hospederos emparentados debido a que estos presentan similares características morfológicas y fisiológicas, inmunológicas, ecológicas y de distribución. Por lo tanto, la habilidad de una especie parásita de explotar diferentes especies de hospederos depende de las relaciones filogenéticas que las especies hospedadoras tengan entre sí (Poulin *et al.*, 2006 citado por Garbin, 2009). Como se sabe las especies del género *Gnathostoma* presentan una gran especificidad hospedatoria en los mamíferos; *G. socialis* Leiden (1858) específica en *Mustela visón*, *G. americanum* Travassos (1925) en *Leopardus tigrinus*, *G. procyonis* Chandler (1942) en *Procyon lotor lotor*, *G. miyazakii* Anderson (1964) en *Lutra canadensis*, *G. binucleatum* Almeyda-Artigas (1991) en *Leopardus pardalis*, *G. lamothei* Bertoni-Ruiz *et al.* (2005) en *Procyon lotor hernandezii* y *G. turgidum* Stossich, 1902 en *Didelphis virginiana* (Bertoni-Ruiz *et al.*, 2011). Las especies del género *Gnathostoma* se diferencian entre ellas en su fase adulta en cinco niveles, a nivel de especie de hospedero definitivo, el sitio de infección, la morfología de la bursa del macho, la forma y distribución de las escamas en el cuerpo del parásito y el tamaño del parásito.

Por otra parte, existe un complejo de especies de *Gnathostoma* en especies de hospederos emparentados. Por ejemplo, la especie de mapache *Procyon lotor*, cuenta con una variedad de 25 subespecies (Lotze y Sydney, 1979), donde se incluyen *Procyon lotor hernandezii* Wagler, 1831 y *Procyon lotor lotor* Linnaeus, 1758. Estas subespecies son hospederas de *G. lamothei* Bertoni-Ruiz *et al.*, 2005 y *G. procyonis* Chandler, 1942, respectivamente. Ambas especies de *Gnathostoma* son muy parecidas entre sí; sin embargo cuentan con características que los hace diferentes, la espícula derecha es más pequeña en *G. lamothei* que en *G. procyonis*, la densidad de espinas posterior al cuello y a nivel de papila cervical es menor en *G. lamothei* que en *G. procyonis*, En la mitad posterior del cuerpo de *procyonis* las puntas de las espinas se reducen a puntas terminales cortas, luego se acortan y se fusionan en crestas dentadas continuas en la base. En *G. lamothei*, la mitad posterior del cuerpo está cubierta por hileras de protuberancias redondeadas situadas entre las estrías transversales cuticulares, es decir, carecen de espinas (Bertoni-Ruiz *et al.*, 2005).

Lo anterior es consistente con los argumentos de Poulin *et al.* (2006), las dos especies de prociónidos al ser sub especies cercanamente emparentadas, la especificidad hospedatoria los hace ser hospederos de especies de parásitos cercanamente emparentadas entre sí, pero al mismo tiempo distintas. Si estos casos se presentan a nivel de subespecie, no se puede descartar la idea que cada especie de marsupial fuera hospedera definitiva de especies diferentes de *Gnathostoma*, lo cual se puede atribuir a su relación parásito-hospedero definitivo. Para confirmar esta hipótesis es necesario examinar más a detalle a los parásitos encontrados en dichos hospederos para así fortalecer y enriquecer la información acerca de la especificidad hospedatoria del género *Gnathostoma* en América y México.

## Referencias

Acosta-Virgen, K., López-Caballero, J., García-Prieto, L. y Mata-López, R. (2015). Helminths of three species of opossums (Mammalia, Didelphidae) from Mexico. *ZooKeys*, (511), 131.

- Almeyda-Artigas, R. J., Bargues, M. D., y Mas-Coma, S. (2000). ITS-2 rDNA sequencing of *Gnathostoma* species (Nematoda) and elucidation of the species causing human gnathostomiasis in the Americas. *Journal of Parasitology*, 86(3), 537-544.
- Almeyda-Artigas, R. J., Mosqueda-Cabrera, M. Á., y Sánchez-Núñez, E. (2010). Precocity of *Gnathostoma turgidum* in naturally infected four-eyed opossum *Philander opossum pallidus* from Temascal, Oaxaca, Mexico. *Parasitology research*, 106(2), 439-443.
- Anderson, R. C. (2000). Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission. Cabi.
- Babero, B. B. (1960). Further studies on helminths of the opossum, *Didelphis virginiana*, with a description of a new species from this host. *The Journal of parasitology*, 46(4), 455-463.
- Barrera, T, M. S. (2020). Elaboración de un manual de rehabilitación para la especie *Didelphis marsupialis* alojados en el cav-cearfs de la cdmb.
- Bertoni-Ruiz, F., García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D., & León-Règagnon, V. (2005). A new species of *Gnathostoma* (Nematoda: Gnathostomatidae) in *Procyon lotor hernandezii* from Mexico. *Journal of Parasitology*, 91(5), 1143-1149.
- Bertoni-Ruiz, F., Lamothe y Argumedo, M. R., García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D., y León-Règagnon, V. (2011). Systematics of the genus *Gnathostoma* (Nematoda: Gnathostomatidae) in the Americas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(2), 453-464.
- Blaxter, M., y Koutsovoulos, G. (2015). The evolution of parasitism in Nematoda. *Parasitology*, 142(S1).
- Cole, R. A., Choudhury, A., Nico, L. G., y Griffin, K. M. (2014). *Gnathostoma spinigerum* in live Asian swamp eels (*Monopterus* spp.) from food markets and wild populations, United States. *Emerging infectious diseases*, 20(4), 634.
- Castro-Arellano, I., Zarza, H., y Medellín, R. A. (2000). *Philander opossum*. *Mammalian species*, 2000(638), 1-8.
- Chero, J. D., Sáez, G., Mendoza-Vidaurre, C., Iannacone, J., y Cruces, C. L. (2017). Helminths of the common opossum *Didelphis marsupialis* (Didelphimorphia: Didelphidae), with a checklist of helminths parasitizing marsupials from Peru. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(3), 560-571.
- Cruz-Reyes, A., y Camargo-Camargo, B. (2000). Glosario de términos en parasitología y ciencias afines. Plaza y Valdes.
- Cruz-Reyes, A., y Zepeda-Rodriguez, A. s.f. Scanning electron microscopy of the adult stage of *Gathostoma turgidum* Stossich, 1902 (Nematoda) from an opossum in Colima, Mexico.
- Díaz-Camacho, S. P., Willms, K., Rendón-Maldonado, J., del Carmen de la Cruz-Otero, M., Delgado-Vargas, F., Robert, L. y Nawa, Y. (2009). Discovery of an endemic area of *Gnathostoma turgidum* infection among opossums, *Didelphis virginiana*, in Mexico. *Journal of Parasitology*, 95(3), 617-622.
- Díaz-Camacho, S. P., Delgado-Vargas, F., Willms, K., de la Cruz, M. D. C., Rendón-Maldonado, J. G., Robert, L., y Nawa, Y. (2010). Intrahepatic growth and maturation of *Gnathostoma turgidum* in the natural definitive opossum host, *Didelphis virginiana*. *Parasitology international*, 59(3), 338-343.
- Dikmans, G. (1931). A new nematode worm, *Viannaia bursobscura*, from the opossum, with a note on other parasites of the opossum. *Proceedings of the United States National Museum*.
- Ellis, R. D., Pung, O. J., y Richardson, D. J. (1999). Site selection by intestinal helminths of the Virginia opossum (*Didelphis virginiana*). *The Journal of parasitology*, 1-5.
- Foster, A. O. (1939). Some helminths of the woolly opossum in Panama. *Transactions of the American Microscopical Society*, 58(2), 185-198.
- Garbin, L. E. (2009). Taxonomía y evaluación de la especificidad hospedatoria de nematodos Anisakidae parásitos de aves marinas en el área de Península Valdés, Chubut, Argentina (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- García-Márquez, L. J., León-Règagnon, V., Lamothe-Argumedo, R., Osorio-Sarabia, D., y García-Prieto, L. (2014). Inflammatory response caused by larvae and adults of *Gnathostoma* (Nematoda:

- Gnathostomatidae) in vertebrates of Mexico, including humans. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(2), 429-435.
- García-Prieto, L., Falcon-Ordaz, J., y Guzmán-Cornejo, C. (2012). Helminth parasites of wild Mexican mammals: list of species, hosts and geographical distribution. *Zootaxa*, 3290(1), 1-92.
- Gardner, A. L. (1970). The systematics of the genus *Didelphis* (Marsupialia: Didelphidae) in North and middle America.
- Goater, T. M., Goater, C. P., y Esch, G. W. (2014). Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites. Cambridge University Press.
- Hill, J. E., y Watson, C. A. (2007). Diet of the nonindigenous Asian swamp eel in tropical ornamental aquaculture ponds in West-Central Florida. *North American Journal of Aquaculture*, 69(2), 139-146.
- Lamothe, A. R., Akahane, H., Osorio, S. D., y García, P. L. (1998). Hallazgo de *Gnathostoma turgidum* en *Didelphis virginiana* de Temascal, Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoológica*, 69(2), 225-229.
- León-Règagnon, V., Osorio-Sarabia, D., García-Prieto, L., Lamothe-Argumedo, R., Bertoni-Ruiz, F., y Ocegüera-Figueroa, A. (2005). New host records of the nematode *Gnathostoma* sp. in Mexico. *Parasitology international*, 54(1), 51-53.
- Lessa, L. G., y Geise, L. (2014). Food habits of *Metachirus nudicaudatus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in a Brazilian Cerrado: diet composition and dietary seasonality. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 49(2), 75-78.
- Lotze, J. H., y Anderson, S. (1979). *Procyon lotor*. *Mammalian species*, (119), 1-8.
- Lozada, S. F., Ramírez, G., y Henry Osorio, J. (2015). Características morfológicas de un grupo de zarigüeyas (*Didelphis marsupialis*) del suroccidente colombiano. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 26(2), 200-205.
- Martínez, J. M. C., Zamudio, R. B., y Patraca, A. A. (1989). La gnatostomiasis en México. *Salud pública de México*, 31(4), 541-549.
- Medina-Romero, M., Goyenechea, I., y Castillo-Cerón, J. (2012). Medidas filogenéticas aplicadas para la conservación de los marsupiales mexicanos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1215-1226.
- McManus, J. J. (1974). *Didelphis virginiana*. *Mammalian species*, (40), 1-6.
- Mondolfi, E., y Padilla, G. M. (1958). Contribución al conocimiento del "perrito de agua" (*Chironectes minimus* Zimmermann). *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 17(48), 141-155.
- Monet-Mendoza, A., Osorio-Sarabia, D., y García-Prieto, L. (2005). Helminths of the Virginia opossum *Didelphis virginiana* (Mammalia: Didelphidae) in Mexico. *Journal of Parasitology*, 91(1), 213-219.
- Mosqueda-Cabrera, M. A. (2003). Caracterización y diferenciación sistemática de especies mexicanas del género *Gnathostoma* (Nematoda: Spirurida: Gnathostomatoidea) parásitas de mamíferos carnívoros de la parte baja de la cuenca del Río Papaloapan, Oaxaca-Veracruz. *Master's thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF*.
- Mosqueda-Cabrera, M. A., y Ocampo-Jaimes, A. (2009). Abnormalities on cephalic hooklets of advanced third-stage larvae from *Gnathostoma* Owen, 1836 (Nematoda: Gnathostomidae) collected from Mexican rivulus *Millerichthys robustus* Costa, 1995 (Ciprinodontiformes: Rivulidae) in Tlacotalpan, Veracruz, Mexico. *Parasitology research*, 105(6), 1637-1642.
- Mosqueda-Cabrera, M. A., Sánchez-Miranda, E., Carranza C. L., y Ortiz, N. H. E. (2009). Finding advanced third-stage larvae of *Gnathostoma turgidum* Stossich, 1902 in Mexico from a natural and experimental host and contributions to the life cycle description. *Parasitology research*, 104(5), 1219-1225.
- Nawa, Y., de la Cruz-Otero, M. C., Zazueta-Ramos, M. L., Bojórquez-Contreras, A., Sicairos-Félix, J., Campista-León, S., y Díaz-Camacho, S. P. (2009). Is *Gnathostoma turgidum* an annual parasite

- of opossums? Drastic seasonal changes of infection in *Didelphis virginiana* in Mexico. *Journal of Parasitology*, 95(4), 908-912.
- Oceguera-Figueroa, A. (2002). Determinación morfológica y molecular de larvas de *Gnathostoma* sp. (Nematoda: Gnathostomatidae) de peces de consumo humano de diversas localidades de México (Doctoral dissertation, Bachelor's thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF).
- Ortega, J., Mitre-Ramos, C., Geipel, I., Ponce, M., González, P., de Jesús Vargas-González, J., y Bermúdez, S. (2021). Central American woolly opossum (*Caluromys derbianus*): distribution, ecology, and conservation threats in Panamá. *Therya Notes*, 2, 15-19.
- Parker, G. A., Ball, M. A., y Chubb, J. C. (2015). Evolution of complex life cycles in trophically transmitted helminths. I. Host incorporation and trophic ascent. *Journal of evolutionary biology*, 28(2), 267-291.
- Perez-Alvarez, Y., Garcia-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D., Lamothe-Argumedo, R., y Leon-Regagnon, V. (2008). Present distribution of the genus *Gnathostoma* (Nematoda: Gnathostomatidae) in Mexico. *Zootaxa*, 1930(1), 39-55.
- Prieto, L. G., Sarabia, D. O., y Argumedo, R. L. (2014). Biodiversidad de Nematoda parásitos de vertebrados en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 47.
- Ramírez-Cañas, S. A., George-Nascimento, M., García-Prieto, L., y Mata-López, R. (2019). Helminth community structure of the gray four-eyed opossum *Philander opossum* (Mammalia: Didelphidae) in the Neotropical Portion of Mexico. *Journal of Parasitology*, 105(4), 624-629.
- Rodríguez-Diego, J. G., Olivares-Orozco, J. L., Sánchez-Castillejas, Y., y Arece-García, J. (2018). Evolución de los Helminths. *Revista de salud animal*, 40(2).
- Sánchez-Miranda, E. (2001). Contribuciones a los ciclos de vida natural y experimental de *Gnathostoma turgidum* Stossich, 1902 (Nematoda: Spirurida) de tlacuaches mexicanos y cultivo de su estadio larvario tercero temprano.
- Torres-Montoya, H., Galaviz-Renteria, X., Castillo-Ureta, H., Lopez-Moreno, H., Nawa, Y., Bojorquez-Contreras, A., y Rendon-Maldonado, J. (2014). Spontaneous cure after natural infection with *Gnathostoma turgidum* (Nematoda) in Virginia Opossums (*Didelphis virginiana*). *Journal of wildlife diseases*, 50(2), 344-348.
- Torres-Montoya, E. H., Zazueta-Moreno, J. M., Osuna-Martínez, L. U., Castillo-Ureta, H., Silva-Hidalgo, G., López-Moreno, H. S., y Rendón-Maldonado, J. G. (2018). Histopathological changes in the liver and stomach of *Didelphis virginiana* (Didelphimorphia: Didelphidae) during natural infection with *Gnathostoma turgidum* (Nematoda: Gnathostomidae). *Journal of helminthology*, 92(6), 765-768.
- Travassos, L. (1925). Contribuições para o conhecimento da fauna helmintologica Brasileira. XVIII. *Sobre as espécies brasileiras do genero Gnathostoma* Owen 1836. *Sci Med*, 3(8), 508-517.
- Waikagul, J., y Chamacho, S. D. (2007). Gnathostomiasis in food-borne parasitic zoonoses (pp. 235-261). *Springer*, Boston, MA.
- Wong, O. F., López J, S, y Ble C, J. L. (2001). Gnatostomiasis ocularregistro del primer caso para el estado de Tabasco, México. *Rev. mex. oftalmol*, 180-184.
- Zazueta-Moreno, J. M., Torres-Montoya, E. H., Castillo-Ureta, H., Torres-Avenidaño, J. I., Ramírez, I. O., Olimón-Andalón, V., y Maldonado, J. G. R. (2018). Density-independent infection during in vitro interaction of *Mesocyclops edax*1 and second-stage larvae of *Gnathostoma turgidum* 2. *Southwestern Entomologist*, 43(3), 669-675.
- Zarza, H., Ceballos, G., y Steele, M. A. (2003). *Marmosa canescens*. *Mammalian Species*, 2003(725), 1-4.
- Zelmer, D. A. (1998). An evolutionary definition of parasitism. *International Journal for Parasitology*, 28(3), 531-533.