

Explorando el arsenal molecular de los parásitos de peces

Exploring the molecular arsenal of fish

Víctor Caña-Bozada

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
Mazatlán, Sinaloa, México

victorcana1991@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8982-8618>

Francisco Neptalí Morales-Serna

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México
Mazatlán, Sinaloa, México

neptali@ola.icmyl.unam.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2577-5369>

Recibido: 4 de febrero de 2022

Aceptado: 28 de febrero de 2022

Publicado: 5 de julio de 2022



Monogéneo *Gyrodactylus cichlidarum* que parasita a la tilapia.
Fotografía: Adriana García Vásquez (INECOL, A.C.).

Resumen

Los peces tienen una amplia diversidad de parásitos. Entre los más conocidos están los gusanos monogéneos, capaces de causar enfermedades y pérdidas económicas en la producción acuícola. Hay varias formas de combatir a estos parásitos, pero los resultados no son siempre satisfactorios. Entonces, es necesario continuar realizando investigaciones para encontrar formas más efectivas. Consideramos que la exploración del arsenal molecular que usan los monogéneos para atacar a los peces puede darnos pistas útiles. Entre ese arsenal están las proteínas excretoras/secretoras (PES), también conocidas como secretoma. Algunas de estas proteínas pueden ser indispensables para el parasitismo. Entonces, si encontramos esas proteínas en monogéneos, podríamos buscar fármacos para su inactivación, lo cual ayudaría a detener el desarrollo de enfermedades en el cultivo de peces.

Palabras clave: Platelminthos, genómica, acuicultura, enfermedades

Abstract

Fish host a wide diversity of parasites. Among the best known are the monogenean worms, capable of causing disease and economic losses in aquaculture production. There are a variety of ways to combat these parasites, but the results are not always satisfactory. It is therefore necessary to continue conducting research to find more effective methods. We believe that useful clues can be found by exploring the molecular arsenal that monogeneans use to attack fish. Among this arsenal are excretory/secretory proteins (ESPs), also known as secretomes. Some of these proteins may be essential for parasitism. If we find these proteins in monogeneans, we could look for drugs to inactivate them, which would help halt the development of diseases in farmed fish.

Keywords: Platyhelminths, genomics, aquaculture, diseases

Introducción

Los monogéneos son gusanos pequeños que infectan principalmente las branquias, piel y aletas de los peces. Aunque también podemos encontrar monogéneos en otros animales. Estos parásitos son hermafroditas, lo que significa que un individuo es hembra y macho al mismo tiempo (poseen órganos reproductivos femeninos y masculinos). Para reproducirse, los monogéneos frecuentemente deben cruzarse, pero también, en algunas especies, un solo individuo es capaz de autofecundarse (Hoai y Hutson, 2014). Así, un solo monogéneo es capaz de generar cientos o miles de huevos en pocos días. Los huevos son liberados en el agua, de cada huevo sale una larva que nada libremente hasta encontrar a un pez. Aquellas que no lo logran

morirán. Una vez en el pez, la larva se desarrolla en adulto y se reproduce (Hoai y Hutson, 2014). Sin embargo, no todos los monogéneos producen huevos, algunos son vivíparos (Ogawa, 2015), pero también son capaces de reproducirse de manera explosiva en las poblaciones de peces en cautiverio.

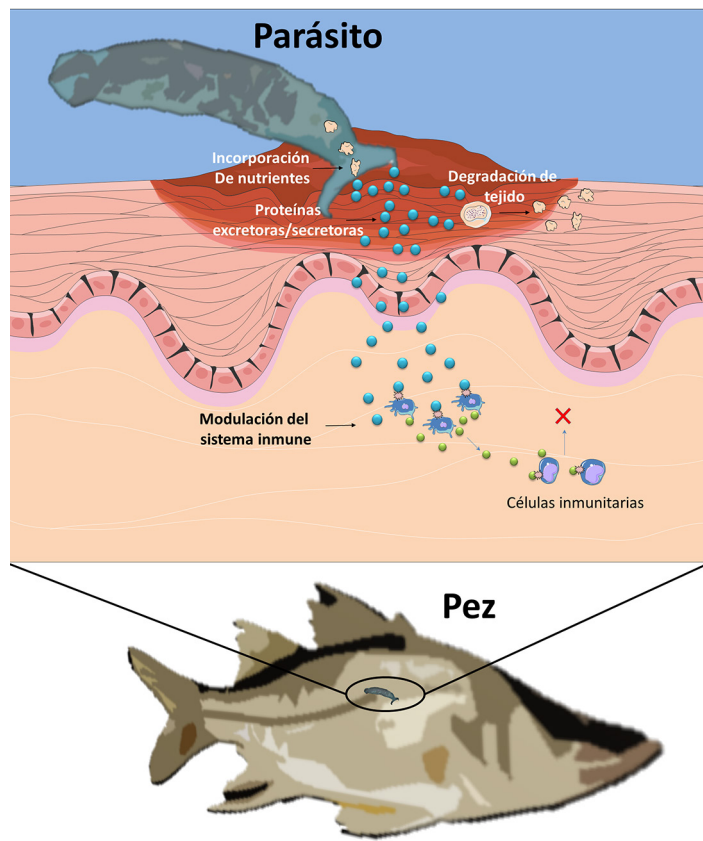
Para algunas especies, el tiempo de desarrollo desde huevo hasta adulto puede ser aproximadamente de dos semanas, incluso menos (Hoai y Hutson, 2014). Este tiempo depende mucho de la temperatura del agua. El desarrollo es más rápido al aumentar la temperatura (Ogawa, 2015). Entonces, si tomamos en cuenta que un solo monogéneo produce muchísimos hijos y que estos se reproducen rápidamente, podríamos esperar un brote parasitario en los estanques o jaulas de cultivo, porque ahí hay muchos peces encerrados.

Algunas especies de monogéneos se alimentan de sangre, mientras que otras del moco que se encuentra en la piel o branquias de los peces (Ogawa, 2015). Para poder alimentarse, los monogéneos necesitan permanecer pegados a los peces, esto se logra con unos ganchos poderosos que, por supuesto, provocan lesiones al pez. Si hay muchos individuos, las lesiones se vuelven graves y se presentan problemas respiratorios, irritación, anemia e incluso la muerte (Ogawa, 2015; Grano-Maldonado *et al.*, 2018). Los costos de los tratamientos más los peces muertos representan pérdidas económicas para los productores. Uno de los monogéneos más perjudiciales es *Gyrodactylus salaris*, responsable de daños catastróficos en los cultivos de salmón, principalmente en Europa.

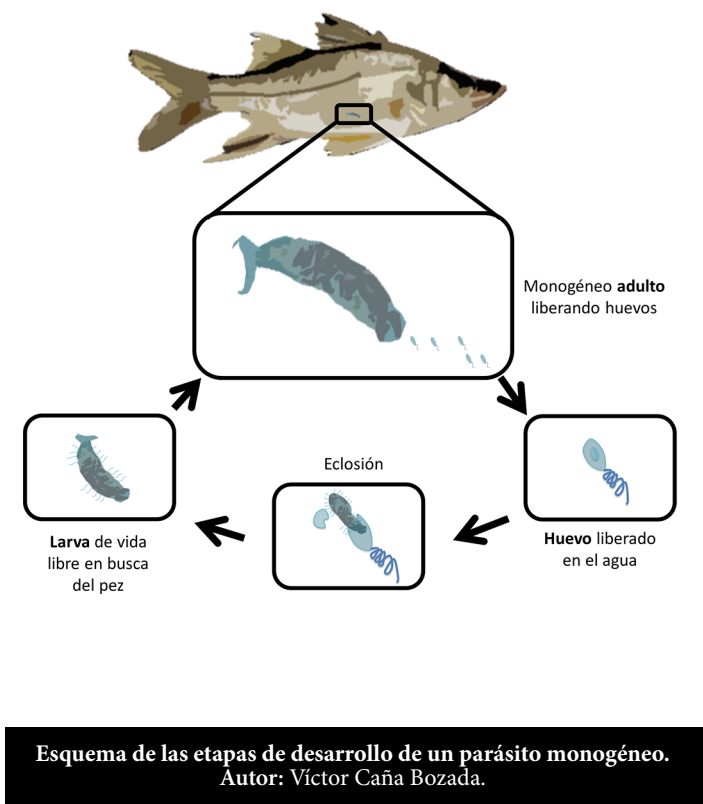
En México, los monogéneos han afectado el cultivo de peces de agua dulce. Por ejemplo, en Sinaloa, un grupo de investigadores registró la mortalidad masiva de tilapia causada por el monogéneo *Gyrodactylus cichlidarum* (Grano-Maldonado *et al.*, 2018). En Tamaulipas, el crecimiento del bagre de canal ha sido afectado negativamente por *Ligictaluridus floridanus* (Rábago-Castro *et al.*, 2014). En el centro del país, la trucha arco iris ha sido afectada por *Gyrodactylus salmonis*. Asimismo, los monogéneos *Neobenedenia* y *Rhabdosynochus* han causado problemas en la producción de peces marinos, como los jureles y robalos (Ogawa, 2015; Caña-Bozada *et al.*, 2021a).

Proteínas excretoras/secretoras (PES)

Los parásitos usan sus PES (proteínas excretoras/secretoras) para infectar a un determinado organismo. Algunas PES son usadas para localizar al organismo, otras para “burlar” sus defensas, y otras para digerir el alimento (Sajid y McKerrow, 2002). Por ejemplo, el gusano *Fasciola gigantica*, un endoparásito, usa algunas de sus PES para alimentarse de la sangre del humano y también del ganado (Chantree *et al.*, 2012). De igual manera, el gusano *Clonorchis sinensis*, otro endoparásito, usa algunas PES para tomar nutrientes del humano (Liang *et al.*, 2014). Para conocer más detalles de estos parásitos se puede consultar el artículo escrito por Sajid y McKerrow (2002), publicado en la revista *Biochemical Parasitology*.



Representación gráfica de la liberación de proteínas excretoras/secretoras de un monogéneo para la interacción con su hospedero. Las imágenes fueron tomadas de Servier Medical Art (<https://smart.servier.com>) y modificadas por los autores bajo la licencia Creative Commons Attribution 3.0 Unported License. Autor: Víctor Caña Bozada.




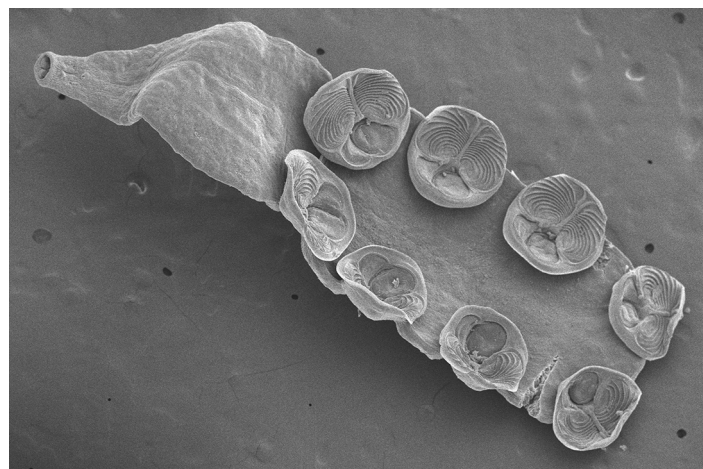
Esquema de las etapas de desarrollo de un parásito monogéneo. Autor: Víctor Caña Bozada.

Las PES, al estar fuera de la célula, pueden ser alcanzadas más fácilmente por un fármaco. En las especies *Schistosoma mansoni*, *Echinococcus multilocularis*, *Taenia solium* y *Fasciola hepatica*, que son endoparásitos de humanos y animales, se han realizado varias investigaciones para encontrar PES que puedan ser atacadas por medicamentos. Las PES que se están buscando deben ser indispensables para la vida del parásito. De esta manera, podríamos eliminar parásitos cuando sus PES indispensables sean atacadas con algún compuesto. Entre las PES propuestas están algunas catepsinas, serinas y proteínas de choque térmico. Por ejemplo, el Dr. Conor R. Caffrey y otros investigadores de la Universidad de California, mediante experimentos con ratones infectados con *Schistosoma mansoni*, observaron que el número de parásitos disminuyó al aplicar un fármaco que ataca a una de sus PES (Abdulla *et al.*, 2007).

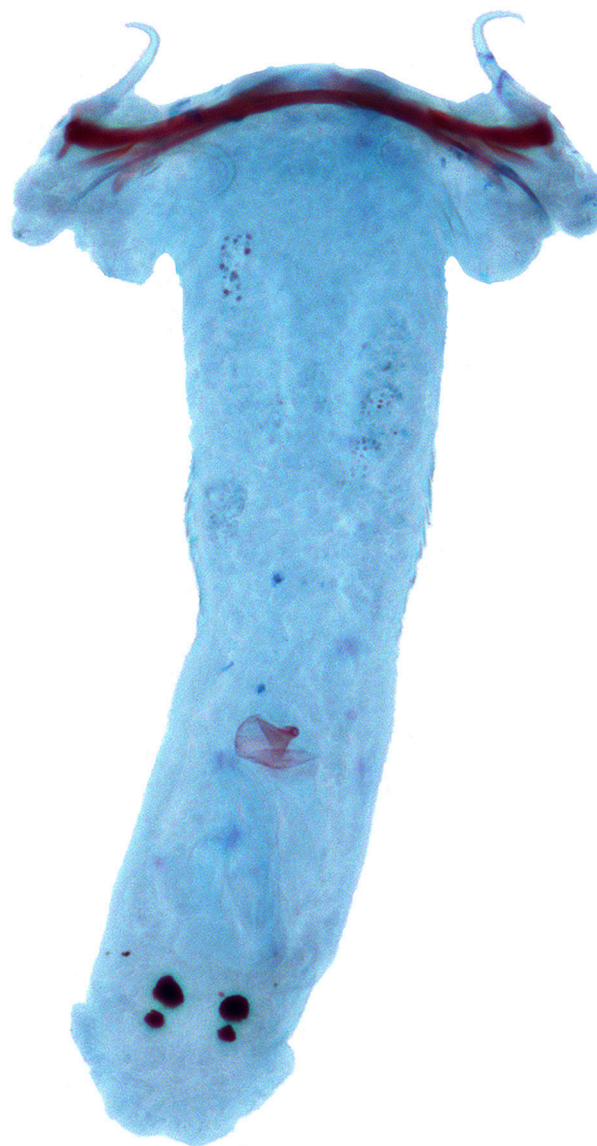
PES en monogéneos

A diferencia de los endoparásitos del ser humano y del ganado, sabemos muy poco de las PES de los ectoparásitos de peces. Por lo tanto, en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), gracias al financiamiento de CONACyT (Proyecto Ciencia de Frontera No. 1715616), estamos desarrollando un proyecto para identificar las PES de monogéneos. Nuestros primeros resultados indican que los monogéneos tienen cientos de PES. En *Gyrodactylus salaris*, encontramos 15 que parecen indispensables para mantener vivo al parásito (Caña-Bozada *et al.*, 2021b). Actualmente, seguimos generando y analizando datos para tener resultados más específicos. Una de las partes más desafiantes de este proyecto es el desarrollo de experimentos para comprobar la función de algunas PES de monogéneos. Para enfrentar este y otros desafíos, hemos emprendido colaboraciones con investigadores de otras instituciones mexicanas, como el IPICYT y la UNAM.

Con este proyecto, se espera generar conocimiento científico que favorezca a la producción de peces. El control efectivo de parásitos en este sector es importante para contrarrestar las presiones sociales y económicas que demandan una producción más eficiente y sostenible, asegurando el bienestar animal. 



Microscopía electrónica del monogéneo *Choricotyle*.
Longitud aproximada de 3.5 mm.
Fotografía: Berenit Mendoza Garfias (Instituto de Biología, UNAM).



Monogéneo *Rhabdosynochus viridisi* que parasita al robalo *Centropomus viridis*. Longitud aproximada de 0.5 mm.
Fotografía: Neptalí Morales Serna.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado al proyecto Ciencia de Frontera No. 1715616, titulado: “Proteínas excretoras/secretoras de monogéneos: identificación, caracterización, actividad inmunomoduladora y potencial para el control mejorado de parásitos”.

Referencias

- Abdulla, M. H., Lim, K. C., Sajid, M., McKerrow, J. H. y Caffrey, C. R. 2007. *Schistosomiasis mansoni*: novel chemotherapy using a cysteine protease inhibitor. *PLoS Medicine*, 4 (1): e14.
- Caña-Bozada, V., Llera-Herrera, R., Fajer-Ávila, E. J. y Morales-Serna, F. N. 2021a. Mitochondrial genome of *Rhabdosynochus viridisi* (Monogenea: Diplectanidae), a parasite of Pacific white snook *Centroponus viridis*. *Journal of Helminthology*, 95: E21.
- Caña-Bozada, V., Chapa-López, M., Díaz-Martín, R. D., García-Gasca, A., Huerta-Ocampo, J. A., de Anda-Jáuregui, G. y Morales-Serna, F. N. 2021b. *In silico* identification of excretory/secretory proteins and drug targets in monogenean parasites. *Infection, Genetics and Evolution*, 93: 104931.
- Chantree, P., Wanichanon, C., Phatsara, M., Meemon, K. y Sobhon, P. 2012. Characterization and expression of cathepsin B2 in *Fasciola gigantica*. *Experimental Parasitology*, 132: 249-256.
- Grano-Maldonado, M. I., Rodríguez-Santiago, M. A., García-Vargas, F., Nieves-Soto, M. y Soares, F. 2018. An emerging infection caused by *Gyrodactylus cichlidarum* Paperna, 1968 (Monogenea: Gyrodactylidae) associated with massive mortality on farmed tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) on the Mexican Pacific coast. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46 (5): 961-968.
- Hoai, T. D. y Hutson, K. S. 2014. Reproductive strategies of the insidious fish ectoparasite, *Neobenedenia* sp. (Capsalidae: Monogenea). *PLoS ONE*, 9 (9): e108801.
- Liang, P., He, L., Xu, Y., Chen, X., Huang, Y., Ren, M., Liang, C., Li, X. R., Xu, J., Lu, G. y Yu, X. 2014. Identification, immunolocalization, and characterization analyses of an exopeptidase of papain superfamily, (cathepsin C) from *Clonorchis sinensis*. *Parasitology Research*, 113: 3621-3629.
- Ogawa, M. K. 2015. Diseases of cultured marine fishes caused by Platyhelminthes (Monogenea, Digenea, Cestoda). *Parasitology*, 142 (1): 178-195.
- Rábago-Castro, J. L., Sánchez-Martínez, J. G., Pérez-Castañeda, R., Vázquez-Sauceda, M. L. y Ruiz-Orozco, G. 2014. Chronic effects of a monogenean *Ligictaluridus floridanus* (Ancyrocephalidae) infection on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) growth performance. *Acta Veterinaria Brno*, 83 (2): 83-87.
- Sajid, M. y McKerrow, J. H. 2002. Cysteine proteases of parasitic organisms. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 120: 1-21.

