

**ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL****DIVERSITY OF HELMINTHS OF FRESHWATER FISH IN THE OASIS OF BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO****DIVERSIDAD DE HELMINTOS DE PECES DULCEACUÍCOLAS EN LOS OASIS DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

Oscar Méndez

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Laboratorio de Helmintología, Apartado Postal 70-153
C.P. 04510, México, D.F., México. spiroxys@hotmail.com

The Biologist (Lima), 2013, 11(2), jul-dec: 287-305.

ABSTRACT

Some oases have been evaluated and characterized on the basis of certain biological groups. However, there is nothing known of the helminths in these freshwater environments. We analyzed the diversity of helminths of freshwater fish in thirteen desert oases of Baja California Sur (BCS), Mexico. There were 472 individuals of nine species of fish examined. 24 helminth species were recorded on 273 fish (58%); of these, 176 (64%) were parasitized with a single species and 97 (36%) with two or more species. We recorded ten species of trematodes, five monogeneans, four cestodes, three nematodes and two acanthocephalans. There were no adult flukes. The endemic *Fundulus lima* had the highest species richness of helminths in one oasis ($S=7$). The helminth species richness is positively correlated with the richness of hosts ($r_s=0,735$) and the number of fish families by oasis ($r_s=0,744$). The communities of helminth parasites of freshwater fishes of the oases of BCS are poor and isolationist, formed by nearctic generalist helminth larvae, carried by birds. The distribution and richness of the host and local habitat characteristics contribute to the composition and richness of helminth communities.

Keywords: Component community, desert, freshwater fishes, infracommunity, helminth.

RESUMEN

Algunos oasis han sido evaluados y caracterizados sobre la base de ciertos grupos biológicos. Sin embargo, el conocimiento de los helmintos en estos ambientes dulceacuícolas ha sido nulo. Se analizó la diversidad de helmintos de peces de agua dulce en 13 oasis del desierto de Baja California Sur (BCS), México. Se examinaron 472 individuos de nueve especies de peces. Registrándose 24 especies de helmintos en 273 peces (58%); de estos, 176 (64%) estuvieron parasitados con una sola especie y 97 (36%) con dos o más especies. Se registraron diez especies de tremátodos, cinco monogéneos, cuatro céstodos, tres nemátodos y dos acantocéfalos. No se registraron tremátodos adultos. El pez endémico *Fundulus lima* presentó la mayor riqueza de especies de helmintos en un solo oasis ($S=7$). La riqueza de especies de helmintos se correlaciona positivamente con la riqueza de hospederos ($r_s=0,735$) y con el número de familias de peces por oasis ($r_s=0,744$). Las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de los oasis de BCS son pobres y aislacionistas, conformadas por larvas de helmintos generalistas de origen neártico, transportadas por aves. La distribución y riqueza de los hospederos así como las características locales del hábitat contribuyen en la composición y riqueza de las comunidades de helmintos.

Palabras clave: Componente de comunidad, desierto, infracomunidad, peces dulceacuícolas.

INTRODUCCIÓN

La península de Baja California forma parte del desierto de Sonora, pero se encuentra aislada biogeográficamente (Shreve & Wiggins 1964) dentro de la región neártica (Morrone 2005). Su emersión en el Mioceno tardío (5 Ma) (Padilla *et al.* 1991), permitió el origen y aislamiento de cuerpos de agua dulce conocidos actualmente como oasis, provocando procesos de especiación alopátrica (ej. los peces *Fundulus lima* Follet, 1960 y *Gobiesox juniperoserrai* Espinosa-Pérez & Castro-Aguirre, 1996 endémicos de algunos oasis y las aves *Geothlypis beldingi* Ridgway, 1883, *Hylocharis xantusii* Lawrence, 1860 *Toxostoma cinereum* Xántus de Vesey, 1860 y *Glaucidium hoskinsii* Brewster, 1888 endémicas del sur de la península) (Camarena-Rosales 1999, Howell & Webb 1995). El efecto peninsular (Simpson 1964), así como las condiciones climáticas y aridez (Guzmán-Poo 2004) de la región son factores principales que afectan la estructura de las comunidades (Hobæk *et al.* 2002; Santamaría & Klaassen 2002), dando lugar a importantes centros de diversidad biológica regional (endemismos).

Baja California Sur (BCS) cuenta con 171 oasis de los 184 existentes en toda la península. En éstos, se han registrado 19 especies de peces de origen marino, seis especies introducidas y dos especies endémicas *F. lima* y *G. juniperoserrai* (Ruiz-Campos *et al.* 2002). Predecimos que las comunidades de helmintos parásitos de peces serían pobres debido al aislamiento que presenta la península de Baja California, así como a la separación entre los cuerpos de agua dulce (oasis); sin embargo, se esperaba encontrar una alta tasa de recambio de especies de helmintos entre los oasis debido a su proximidad, a la riqueza de hospederos por oasis y a la dispersión de las aves. A causa del aislamiento presente entre los cuerpos de agua dulce del desierto de BCS, cabe la posibilidad

de encontrar especies de helmintos exclusivas para algunos oasis así como especies de helmintos endémicos en los peces endémicos.

Hasta el momento ningún estudio sobre la composición de especies de helmintos parásitos de peces en los oasis de BCS, ha sido realizado. De esta forma, conocer la composición ictiofaunística y su distribución espacial ofrece la posibilidad de explorar algunas hipótesis sobre la estructura y origen de las comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce en un área tan particular de la región neártica. Los datos generados permitirán verificar si las generalizaciones establecidas en la región neotropical son aplicables a las comunidades de helmintos de peces de agua dulce del neártico Mexicano, y en particular a helmintos de oasis desérticos. En este estudio se analiza y describe la estructura de las comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce en los oasis del desierto de Baja California Sur.

MATERIAL Y MÉTODOS

Baja California Sur se localiza en el noroeste de México (22° 52' y 28° N, 109° 25' y 115° 05' O) (Fig. 1). Limita al Norte con el estado de Baja California, al Sur y al Oeste con el Océano Pacífico, y al este con el Golfo de California. Su litoral presenta una extensión de 2220 km de los cuales 1400 km corresponden al Océano Pacífico y 820 km al Golfo de California. La precipitación pluvial anual es baja (100 – 300 mm). Muy pocas corrientes de agua dulce epicontinentales drenan estas tierras áridas y que dan origen a los oasis, considerados como cuerpos de agua insertos en zonas desérticas con una vegetación asociada peculiar de tipo méxico, relictual como palmas (*Washingtonia robusta* H. Wendl. (Cav.) Trin. ex Steud.), el carrizo (*Phragmites australis*) y el tule (*Typha domingensis* Pers.) (Grismer & McGuire 1993, Arriaga *et al.* 1997). Existen 184 oasis en

la Península (Maya *et al.* 1997). De ellos, 171 se encuentra en BCS, de los cuales sólo 88 se consideran como oasis típicos por tener cuerpos de agua superficiales (Maya *et al.* 1997).

Entre octubre de 2006 y julio de 2007, se colectaron y examinaron peces de agua dulce de los oasis de BCS. Los peces fueron capturados usando una red agallera de 2 x 2 m con una luz de malla de 5 mm para ambientes con profundidades de hasta 1,5 m, para profundidades mayores se utilizó una red agallera con diferentes luces de malla y trampas de malla metálica de doble embudo tipo "minnow". Se realizó el mayor esfuerzo por colectar y examinar al menos 30 peces de cada especie y por oasis, valorando la eficiencia del tamaño de las muestras mediante curvas acumuladas de especies y estimadores de riqueza (se describen posteriormente). Los peces capturados se mantuvieron vivos y aireados en recipientes con agua del medio y se transportaron al lugar de trabajo o en su caso al laboratorio hasta su examen helmintológico. Los peces fueron relajados y sacrificados para evitar el mayor dolor posible al momento de realizar el examen helmintológico. A cada ejemplar se le tomó la longitud total (precisión 0,01 mm) y peso (precisión 0,01 g). El examen helmintológico incluyó una revisión externa de la superficie corporal, una revisión interna y revisión de tejido muscular. Todos los helmintos fueron contados y preservados. Todos los platelmintos (monogéneos, digéneos y céstodos) se fijaron con formol caliente al 4% y se preservaron en alcohol al 70%. Los acantocéfalos se colocaron en agua fría para evertir la probóscis y posteriormente se fijaron y preservaron en alcohol al 70%. Los nemátodos se fijaron en formol salino al 4% y preservaron en alcohol al 70%.

Para su estudio morfológico y determinación taxonómica los platelmintos y acantocéfalos se tiñeron con paracarmín de Mayer o Tricrómica de Gomori y se montaron en preparaciones

permanentes en bálsamo de Canadá. Los nemátodos se estudiaron por transparentación en preparaciones temporales aclarados en glicerina. La determinación taxonómica de los helmintos se hizo con base a la bibliografía primaria y con los clasificadores más actualizados. Una serie completa de todas las especies estudiadas se integró a la Colección Nacional de Helmintos que se resguarda en el Instituto de Biología, UNAM. CNHE: 7043 al 7073 (ver Méndez *et al.* 2010).

Se calcularon los parámetros ecológicos de acuerdo a Bush *et al.* (1997). Prevalencia (porcentaje de peces parasitados por una especie de helminto en una muestra) y la intensidad promedio de infección (número promedio de parásitos de una especie por hospedero infectado en una muestra).

Análisis de datos

Los análisis fueron realizados en el nivel de componente de comunidad (todos los helmintos de todos los individuos de cada especie de hospedero), y en el nivel de infracomunidad (todos los helmintos de cada pez individual) (Holmes & Price 1986). La riqueza, tomada como el número de especies presentes en cada una de las localidades caracterizadas, se tuvo en cuenta como el valor de diversidad alfa en cada sitio de muestreo.

Se realizaron curvas de acumulación de especies ajustadas al modelo de Clench para evaluar la tendencia asintótica (Moreno & Halffter 2000). La representatividad del muestreo se evaluó mediante el programa *EstimateS* 7.5 (<http://viceroy.eeb.ubcon.edu/estimates>) (Colwell 2000), utilizando estimadores de riqueza basados en la frecuencia (Jackknife de primer y segundo orden) y la abundancia (Chao 2) (Semenas 1999, Chiarucci *et al.* 2003, Dove & Cribb 2006). Estos estimadores son recomendados para el análisis de comunidades de helmintos (Walther &

Morand 1998, Zelmer & Esch 1999) por presentar un sesgo menor que la extrapolación basada en una curva de acumulación de especies (Colwell & Coddington 1994, Gotelli & Colwell 2001) a partir de muestras pequeñas. Se valoró el comportamiento de los estimadores paramétrico y no paramétricos, calculando el sesgo (sobreestimación o subestimación de la riqueza): $Sesgo = (S_{estimada} - S_{verdadera})/S_{verdadera}$ y exactitud (proximidad de la riqueza estimada a la riqueza verdadera): $Exactitud = ((S_{estimada} - S_{verdadera})/S_{verdadera})^2$ (Brose *et al.* 2003, Chiarucci *et al.* 2003, Walther & Moore 2005) mediante la relación de la riqueza estimada y la riqueza verdadera (total de especies de helmintos posibles para una especie de hospedero por localidad) (Chiarucci *et al.* 2003). Ambas formulas generan valores entre -1 a 1, indicando menor sesgo o mayor exactitud valores cercanos a cero (Brose *et al.* 2003).

Se examinó la distribución de las abundancias de las especies en cada componente de comunidad por medio de curvas de rango-abundancia (Magurran 2004) y graficando la proporción de helmintos de una sola especie respecto del total de helmintos contados en el componente de comunidad.

Para comparar los componentes de comunidad y las infracomunidades entre sí, se calculó la diversidad mediante el índice de Simpson y Shannon-Wiener utilizando el programa *Estimates* (Colwell 2000). Las infracomunidades fueron descritas por el número promedio de especies parásitas por hospedero, el número promedio de helmintos por hospedero individual, y el valor promedio del índice de diversidad de Brillouin por hospedero.

Se expresó el grado de semejanza del componente de comunidad a través del método cuantitativo de porcentaje de similitud de Bray-Curtis y de las infracomunidades usando el método cualitativo de Jaccard.

Consideramos los valores de abundancia y la presencia/ausencia de todas las especies, tanto de helmintos como de sus hospederos por localidades de muestreo para determinar el grado de similitud de la parasitofauna entre los componentes de comunidad.

Se efectuaron correlaciones utilizando la prueba de rangos de Spearman para determinar si las características generales de los oasis (riqueza de hospederos, distancia al mar, área, pH, salinidad, distancia al oasis más cercano, entre otras) (Tabla 1) y las especies de hospederos influyen sobre las comunidades de helmintos parásitos de los peces de agua dulce de BCS. Las variables físico-químicas de cada oasis se midieron utilizando un equipo multianalizador Hydrolab Scout 2 (precisión $\pm 0,01$).

RESULTADOS

Composición taxonómica

Se examinaron 472 individuos pertenecientes a nueve especies de peces (Tabla 2) y seis familias en trece cuerpos de agua dulce (Fig. 1). Del examen de estos colectamos un total de 4577 individuos, determinando 13 familias de helmintos parásitos, 19 géneros y 24 especies; incluyendo diez especies de metacercarias, cinco monogéneos, tres metacéstodos, tres larvas de nemátodos, dos acantocéfalos adultos y un céstodo adulto (Tabla 2). Dieciséis de las 24 especies de helmintos registradas son formas larvales de especies generalistas que usan a los peces de agua dulce como hospederos intermediarios; 15 de estos maduran en aves, y *Spiroxys* sp. madura en tortugas. Las metacercarias *Ascocotyle (Phagicola) nana* Ramson, 1920, *Ascocotyle (Ascocotyle) tenuicolis* Price, 1935, *Centrocestus formosanus* Nishigori, 1924 y *Clinostomum complanatum* Rudolphi, 1814 se encuentran ampliamente distribuidas, al igual que el monogéneo *Salsuginus* sp. Beverley-Burton, 1984, los metacéstodos

Gryporhynchidae particularmente *Valipora* sp. Linton, 1927 y las larvas de nemátodos del género *Spiroxys* Schneider, 1866, son especies que parasitan poecílidos, fundúlidos y eleótridos (Tabla 2).

Se registraron cinco especies de helmintos que son introducidas junto con sus hospederos: la metacercaria de *Centrocestus formosanus* en *Poecilia reticulata*, el cestodo Asiático *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 en *Gambusia affinis* y tres monogéneos: *Dactylogyrus anchoratus* Dujardin, 1845, *Dactylogyrus extensus* Muller y Van Cleave, 1932 ambos en *Cyprinus carpio* y *Cichlidogyrus sclerosus* Paperna y Thurston, 1969 en *Tilapia cf. zilli*.

Las prevalencias e intensidades de infección variaron de acuerdo al tamaño de muestra examinada, sin embargo, el monogéneo *Salsuginus* sp. se encontró parasitando al 100% de la muestra de *F. lima* (n=22) en el oasis Los Pinos (LPI), seguido por la metacercaria de *C. complanatum* (96%) en *P. reticulata* (n=30) en el oasis de San Luis Gonzaga (SLG). La metacercaria de *Ascocotyle* sp. presentó la más alta intensidad de infección (189,6 ind.) en *Eleotris picta* (n=18) en el oasis de San José del Cabo (SJC).

Todas las especies de peces que examinamos estuvimos parasitadas, excepto el góbido *Awaous tajasica* del cual se examinaron 13 ejemplares del oasis SJC. Las 24 especies de helmintos encontradas son registros nuevos para la península de Baja California, México.

Riqueza específica

La mayor riqueza de especies de helmintos se registró en *P. reticulata* (S=8) y *F. lima* (S=8); *G. affinis* (S=2), *Dormitator latifrons* (S=2) y *T. cf. zilli* (S=2) (Tabla 2) presentaron el menor número de especies. Considerando la totalidad de especies de peces examinadas para cada localidad, los oasis de Corralitos (S=10), San

Ignacio (S=8) y San José del Cabo (S=8) registraron la mayor riqueza de especies de helmintos, mientras que el resto de los oasis presentaron de una a cinco especies.

Las curvas acumuladas de especies derivadas de los datos se ajustaron al modelo de Clench ($r^2 > 0,84$), y su pendiente baja ($m < 0,1$) sugiere que en la mayoría de los casos el muestreo fue aceptable, registrando el mayor número de especies de helmintos para cada componente de comunidad (Tabla 3). El número estimado de especies de helmintos en cada componente de comunidad por los parámetros del modelo de Clench es similar al número de especies observadas. De acuerdo a los estimadores de riqueza, el estimador no paramétrico de Chao 2 fue el mejor estimador mostrando el menor sesgo y la mayor exactitud, sugiriendo que en cada componente de comunidad aún faltan por muestrear entre una y dos especies (Tabla 3).

Distribución de abundancias

Las curvas de distribución de abundancias de las especies de helmintos, mostraron que las comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce de BCS son pobres y en su mayoría dominadas por una especie de helminto (Fig. 2). Con base en los patrones de distribución de abundancias de las especies de helmintos, las curvas de abundancia-dominancia mostraron a *F. lima* del oasis Corralitos (12) como el más diverso, ya que presenta una mayor equitatividad en las abundancias de sus especies de helmintos (Fig. 2). *P. reticulata* fue el hospedero con mayor rango de distribución entre las localidades de muestreo, sin embargo, sus comunidades de helmintos son poco diversas y dominadas por una especie, la cual, varía entre las localidades de muestreo. El componente de comunidad de *D. latifrons* fue el menos diverso.

Los gráficos de abundancia-dominancia mostraron la presencia de diez especies de

helminthos dominantes para cada componente de comunidad: *N. cf. golvani* Salgado-Maldonado, 1978, *A. (P.) nana*, *Ascocotyle* sp., *Tylodelphys* sp. Diesing, 1850, *C. formosanus*, *P. minimum* MacCallum, 1921, *Pygidiopsis* sp. Looss, 1907 *D. anchoratus*, *Spiroxys* sp. y *Salsuginus* sp. por sus abundancias altas. La metacercaria de *A. (P.) nana* es la única que domina en los componentes de *E. picta* y *F. lima* en los oasis de San José del Cabo (1) y Corralitos (12), respectivamente. Doce especies de helminthos se consideraron raras por sus bajas abundancias (Fig. 2). Algunas especies de helminthos como *Spiroxys* sp., *A. (P.) nana* y *Ascocotyle* sp., fueron dominantes en ciertas especies de hospederos mientras que en otras fueron registradas como especies raras.

Los hospederos *T. cf. zilli* y *G. affinis* sólo registraron una especie de helmintho en cada una de las localidades donde fueron muestreadas por tal motivo no se tomaron en cuenta para este análisis.

Diversidad

Los componentes de comunidad de las especies de hospederos examinados se encuentran dominados fuertemente por una especie de helmintho, que varía por localidad y especie de hospedero, como lo demuestran los índices de Shannon-Wiener y Simpson. *Dormitator latifrons* y *E. picta* mostraron los valores más bajos de diversidad ($H' = 0,02$) y de mayor dominancia ($D' = 0,99$) en la localidad de San José del Cabo. En tanto, *F. lima* registró la diversidad más alta ($H' = 1,37$) y menor dominancia ($D' = 0,30$) (Tabla 4) en el oasis Corralitos. En términos de infracomunidades, los bajos valores de diversidad obtenidos por el índice de Brillouin (HB) muestran, en términos generales, los efectos de las especies de helminthos dominantes en la mayoría de las infracomunidades, excepto *F. lima* siendo el más diverso y menos dominado (HB= 1,30). Las infracomunidades con menor diversidad

correspondieron a *D. latifrons* y *E. picta* (HB= 0,02 y 0,01), respectivamente (Tabla 4). La riqueza de especies de helminthos se correlaciona positivamente con la riqueza de hospederos ($r_s = 0,735$); con el número de familias de peces que habitan en cada oasis ($r_s = 0,744$) y con la distancia entre los oasis ($r_s = -0,582$) (Tabla 5). El hospedero *P. reticulata* fue la especie más ampliamente distribuida en los oasis estudiados. La riqueza de helminthos observada entre las distintas poblaciones muestreadas se correlaciona positivamente con el número de especies de poecilidos que habitan en cada localidad (Tabla 5).

Similitud

El análisis de los componentes de comunidades de helminthos empleando el índice de Bray-Curtis demostró que la fauna helmíntica compartida entre las especies de hospederos es baja, asociado con la proporción de peces parasitados con una sola especie de helmintho y a la riqueza de hospederos por oasis.

El dendograma generado por este índice (Fig. 3) mostró dos grupos: el primero abarca a representantes de la familia Poeciliidae (*P. reticulata*, *X. helleri* y *G. affinis*) ampliamente distribuidos entre los oasis de BCS, donde la similitud de especies de helminthos fue baja, excepto para *P. reticulata*. Este hospedero aporta la mayor similitud de especies en oasis cercanos (SLG y SPD) y conforme los oasis se alejan, la disimilitud es mayor (SJC y SIG). Esta disimilitud de especies puede ser explicada por la ocurrencia errática de especies raras como Gryporhynchidae sp. y *C. formosanus*. El segundo grupo está compuesto por representantes de tres familias pero la similitud entre estas fue baja debido al bajo número de especies de helminthos compartidas. El introducido *C. carpio* presenta la mayor similitud de especies de helminthos debido a la cercanía de los oasis donde se registra (PZL y COR) y que en época de lluvias llegan a estar conectados. La proximidad geográfica entre

los oasis favorece que los componentes de comunidad de las especies de hospederos que los habitan exhiban mayores grados de similitud. El índice de similitud de Jaccard indica que las infracomunidades de *P.*

reticulata en los oasis de San Luis Gonzaga y San Pedro (Presa) muestran la mayor similitud, mientras que las infracomunidades de *F. lima* lo son para el oasis de Los Pinos (Tabla 4).

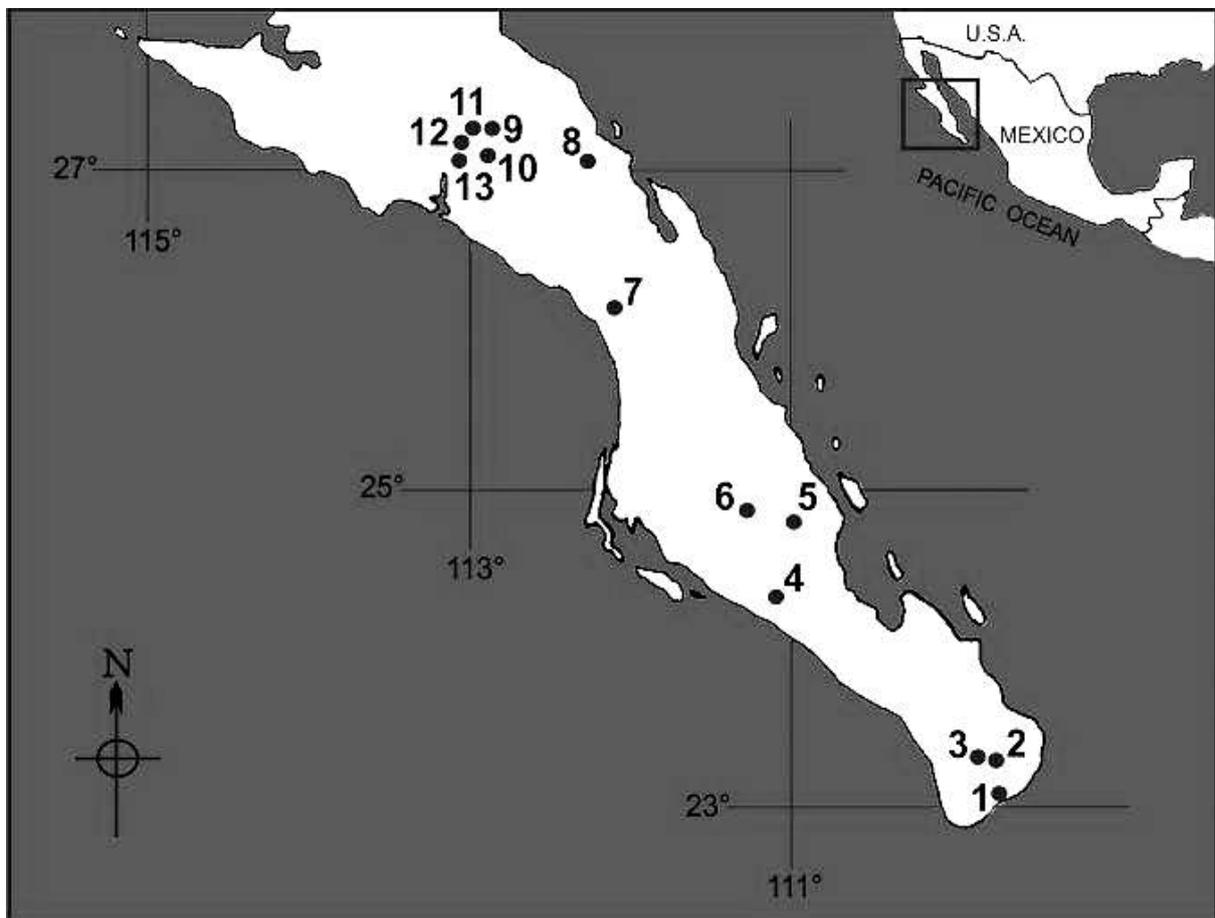


Figura 1. Sitios de colecta de peces en Baja California Sur, México: 1. Oasis San José del Cabo (SJC) (23° 03' 32" N, 109° 41' 28.8" O); 2. Arroyo La Tinaja-Miraflores (MIR) (23° 21' 59.4" N, 109° 45' 19.2" O); 3. Arroyo Santiago (Boca de la Sierra) (SGO) (23° 26' 24" N, 109° 48' 27.9" O); 4. Pozas Las Pocitas (LPO) (24° 24' 08.1" N, 111° 06' 10.8" O); 5. Presa San Pedro (SPD) (24° 50' 21.3" N, 111° 04' 54.8" O); 6. Arroyo en la Misión San Luis Gonzaga (SLG) (24° 54' 34.2" N, 111° 17' 27.0" O); 7. Oasis La Purísima (LPU) (26° 09' 30.2" N, 112° 7' 43.6" O); 8. Arroyo San José de Magdalena (SJM) (27° 03' 57.3" N, 112° 12' 41.3" O); 9. Oasis San Ignacio (SIG) (27° 10' 30.2" N, 112° 52' 2.8" O); 10. Arroyo San Joaquín- El Sauzal (SJO) (27° 31' 29.4" N, 112° 56' 54.4" O); 11. Poza Poza Larga (PZL) (27° 16' 28" N, 112° 54' 49.5" O); 12. Poza Corralitos (COR) (27° 13' 02.7" N, 112° 59' 17.4" O); 13. Poza Los Pinos (LPI) (27° 12' 38.6" N, 112° 59' 53.7" O).

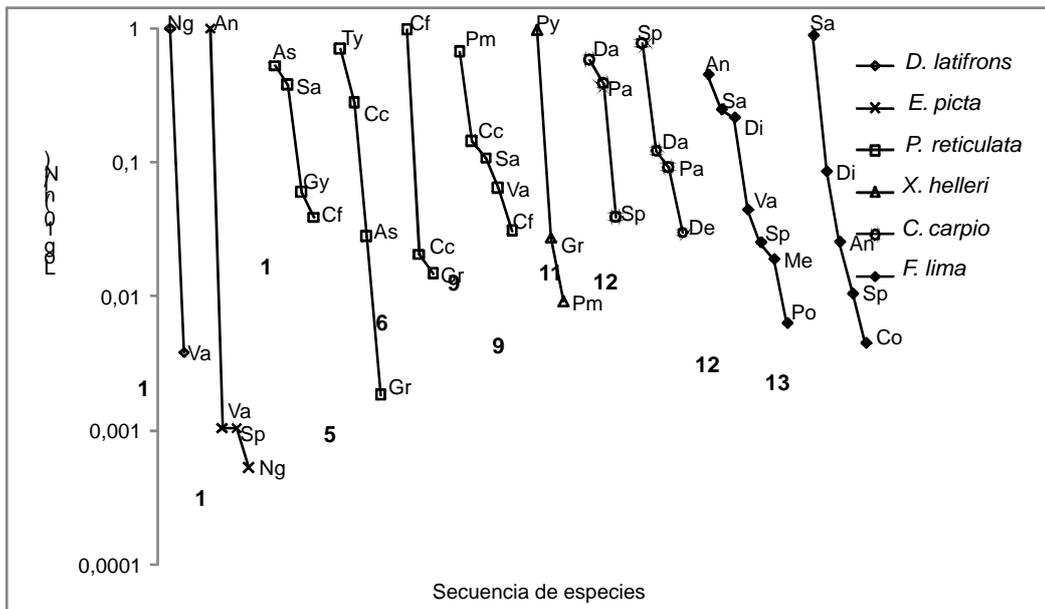


Figura 2. Gráfica de diversidad-dominancia de las especies de helmintos en cada una de las especies de hospederos analizadas para cada sitio de colecta. An: *Ascocotyle (P) nana*; As: *Ascocotyle* sp., Cf: *Centrocestus formosanus*, Cc: *Clinostomum complanatum*, Co: *Contracaecum* sp., Da: *Dactylogyrus anchoratus*, De: *Dactylogyrus extensus*, Di: Diplostomidae sp., Gr: Gryporhynchidae sp., Gy: *Gyrodactylus* sp., Me: *Mesostephanus* sp., Ng: *Neoechinorhynchus cf golvani*, Pa: *Paradilepis* sp., Po: *Porrocaecum* sp., Pm: *Posthodiplostomum minimum*, Py: *Pygidiopsis* sp., Sa: *Salsuginus* sp., Sp: *Spiroxyis* sp., Ty: *Tylodelphys* sp., Va: *Valipora* sp., 1: San José del Cabo, 5: San Pedro de la Presa, 6: San Luis Gonzaga, 9: San Ignacio, 11: Poza Larga, 12: Corralitos, 13: Los Pinos.

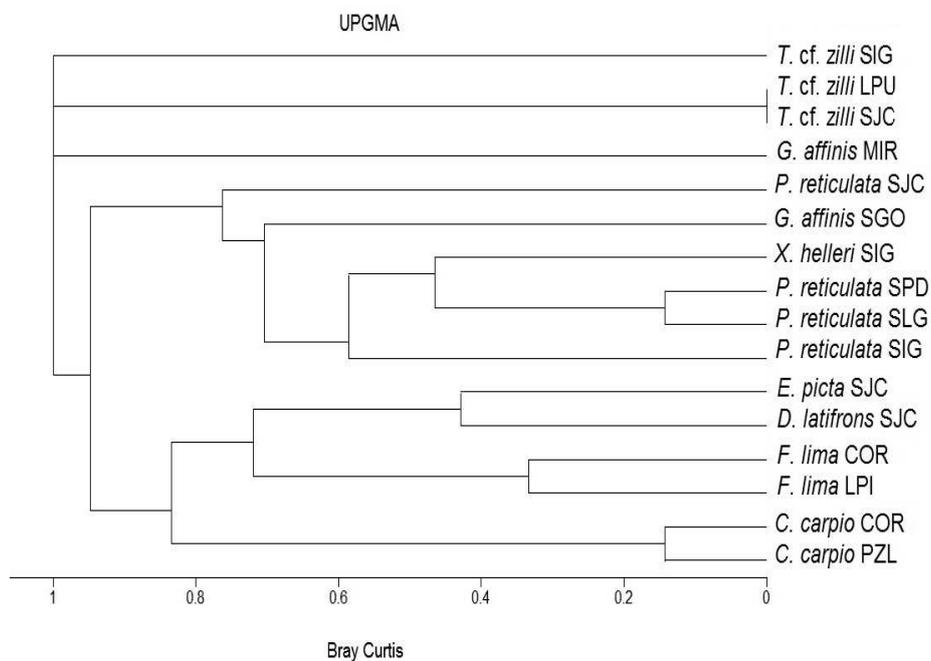


Figura 3. Dendrograma de similitud cuantitativa de Bray Curtis para componentes de comunidad de especies de peces en los oasis de BCS, México.

Tabla 1. Características generales de los 13 oasis muestreados en Baja California Sur, México.

Parámetros	Oasis												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Especies de helmintos	9	1	2	1	4	3	1	1	9	1	3	10	5
Especies de hospederos	4	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1
Familias de peces	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Especies de peces más abundantes por familia	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Área (Km²)	1,4	0,25	0,17	0,3	0,37	0,26	2,5	0,44	2,7	0,03	0,78	0,69	0,1
Distancia al mar (Km)	0,5	33,5	26,4	24,5	27,5	46	17,3	11,9	43	36	39	30	27,3
Altitud (msnm)	1	223	215	49	172	158	59	172	121	147	106	57	51
Distancia al oasis más cercano	35	13,5	13,5	51,6	30,2	30,2	97,8	71,1	4,5	13,8	4,5	3	3
Salinidad (ppm)	0,5	0,5	0,3	0,2	0,1	0,5	1,5	0,8	0,04	0,4	0,02	2,6	3,8
pH	8,11	8,39	8,57	7,66	8,37	9,31	8,9	7,44	7,17	7,36	7,78	10,34	11,4
Latitud N	23° 03' 32"	23° 21' 59,4"	23° 26' 24"	24° 24' 08,1"	24° 50' 21,3"	24° 54' 34,2"	26° 09' 30,2"	27° 03' 57,3"	27° 10' 30,2"	27° 31' 29,4"	27° 16' 28"	27° 13' 02,7"	27° 12' 38,6"
Longitud O	109° 41' 28,8"	109° 45' 19,2"	109° 48' 27,9"	111° 06' 10,8"	111° 04' 54,8"	111° 17' 27,0"	112° 7' 43,6"	112° 12' 41,3"	112° 52' 2,8"	112° 56' 54,4"	112° 54' 49,5"	112° 59' 17,4"	112° 59' 53,7"

1. Oasis San José del Cabo; 2. Arroyo La Tinaja-Miraflores; 3. Arroyo Santiago (Boca de la Sierra); 4. Pozas Las Pocitas; 5. Presa San Pedro; 6. Arroyo en la Misión San Luis Gonzaga; 7. Oasis La Purísima; 8. Arroyo San José de Magdalena; 9. Oasis San Ignacio; 10. Arroyo San Joaquín-El Sauzal; 11. Poza Poza Larga; 12. Poza Corralitos; 13. Poza Los Pinos.

Tabla 2. Registro de especies de helmintos por hospedero y oasis de muestreo en Baja California Sur, México.

Hospedero (n)	Helmintos (Oasis)
<i>Poecilia reticulata</i> (230)	<i>Centrocestus formosanus</i> (1, 5, 6, 9) <i>Clinostomum complanatum</i> (5, 6, 9) <i>Posthodiplostomum minimum</i> (8, 9) <i>Tylodelphys</i> sp. (5) <i>Salsuginus</i> sp. (1, 9) <i>Gyrodactylus</i> sp. (1) Gyrorhynchidae sp. (5, 6) <i>Valipora</i> sp. (9)
<i>Fundulus lima</i> (35)	<i>Ascocotyle (P.) nana</i> (12, 13) <i>Mesostephanus</i> sp. (12) Diplostomidae sp. (12, 13) <i>Salsuginus</i> sp. (12, 13) <i>Valipora</i> sp. (12) <i>Porrocaecum</i> sp. (12) <i>Spiroxys</i> sp. (12, 13) <i>Contracaecum</i> sp. (13)
<i>Eleotris picta</i> (25)	<i>Ascocotyle</i> sp. (1) <i>Valipora</i> sp. (1) <i>Spiroxys</i> sp. (1) <i>Neoechinorhynchus</i> cf. <i>golvani</i> (1) <i>Pomphorhynchus</i> sp. (4)
<i>Cyprinus carpio</i> (14)	<i>Dactylogyrus anchoratus</i> (11, 12) <i>Dactylogyrus extensus</i> (12) <i>Paradilepis</i> sp. (11, 12) <i>Spiroxys</i> sp. (11, 12)
<i>Xiphophorus helleri</i> (36)	<i>Pygidiopsis</i> sp. (9, 10) <i>Posthodiplostomum minimum</i> (9) Gyrorhynchidae sp. (9)
<i>Gambusia affinis</i> (46)	<i>Clinostomum complanatum</i> (3) <i>Botriocephalus acheilognati</i> (2)
<i>Dormitator latifrons</i> (39)	<i>Valipora</i> sp. (1) <i>Neoechinorhynchus</i> cf. <i>golvani</i> (1)
<i>Tilapia</i> cf. <i>zilli</i> (54)	<i>Cichlidogyrus sclerosus</i> (1, 7) <i>Ascocotyle (P.) tenuicolis</i> (9)

n= número de hospederos examinados. 1: San José del Cabo, 5: San Pedro de la Presa, 6: San Luis Gonzaga, 9: San Ignacio, 11: Poza Larga, 12: Corralitos, 13: Los Pinos.

Tabla 3. Parámetros de la riqueza de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de Baja California Sur, México derivadas del ajuste al modelo de Clench. n = número de hospederos revisados, So = Riqueza observada, Se = Riqueza estimada ($Se = a/b$ modelo de Clench), Pendiente de Clench (m)= $a/(I + b.n)^2$

Hospedero	Oasis/Fecha	n	So	Se	m	Sesgo	Exactitud	R ²	Chao2	Sesgo	Exactitud
<i>Cyprinus carpio</i>	Corralitos /Jul-07	8	4	5,5	0,131	0,25	0,111	0,99	3	0	0
	Poza larga /Jul-07	6	3	3,7	0,098	-0,166	0,02	0,99	5	-0,285	0,081
<i>Dormitator latifrons</i>	San José del cabo /Abr-07	30	2	2	0,006	-1	0,25	0,84	2	-0,5	0,25
<i>Electris picta</i>	Las Pocitas /Jul-07	7	1	2,7	0,085	0,166	0,04	0,96	6	0,2	0,04
	San José del Cabo /Feb-07	18	4	6,3	0,090	0,5	1	0,98	-	-	-
<i>Fundulus lima</i>	Corralitos /Jul-07	13	7	7,9	0,063	0,125	0,02	0,99	7	0	0
	Los Pinos /Jul-07	22	5	5,4	0,015	0,166	0,04	0,99	5	0	0
<i>Gambusia affinis</i>	Santiago /Abr-07	16	1	1,4	0,015	0	0	0,99	1	0	0
	Miraflores /Abr-07	30	1	1,1	0,002	0,5	1	0,95	2	0	0
<i>Poecilia reticulata</i>	San José del Cabo /Oct-06	21	4	5	0,035	-0,2	0,027	0,99	4	-0,333	0,111
	San Luis Gonzaga /Abr-07	30	3	3,4	0,011	-0,142	0,015	0,96	6	-0,25	0,062
	San Ignacio /Abr-07	61	6	6,7	0,010	0	0	0,98	3	0	0
	San Pedro (Presa) /Abr-07	58	4	4	0,004	0	0	0,90	4	0	0
	San José de Magdalena /Abr-07	30	1	-	0,030	0	0	0,99	-	-	-
<i>Tilapia cf. zilli</i>	San José del Cabo /Nov-06	13	1	1	0,004	-1	0,25	0,90	-	-	-
	La Purísima /Abr-07	21	1	1	0,001	0	0	0,85	-	-	-
	San Ignacio /Abr-07	10	1	-	0,099	-1	0,25	1	-	-	-
<i>Xiphophorus helleri</i>	San Ignacio /Abr-07	30	5	6,0	0,034	-0,333	0,062	0,98	7	-0,125	0,015
	San Joaquín /Abr-07	6	1	-	0,159	0	0	0,99	-	-	-

Tabla 4. Parámetros que describen las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de Baja California Sur, México.

Componente de comunidad	<i>D. latifrons</i>	<i>E. picta</i>	<i>P. reticulata</i>			<i>X. helleri</i>	<i>C. carpio</i>			<i>F. lima</i>		
Núm. de Oasis	1	1	1	5	6	9	9	11	12	12	13	13
Hospederos examinados	30	18	21	58	30	61	30	6	8	13	22	22
% de hospederos no infectados	33,3	39	43	12	3,3	11,4	53,3	16,6	12,5	0	0	0
Núm. ind. (N)	216	1901	102	541	339	379	98	26	33	159	671	671
Riqueza (S)	2	4	4	4	3	6	5	3	4	7	5	5
Especies generalistas	1	3	2	4	3	6	5	2	2	4	3	3
Especies especialistas	1	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Simpson (D _{Sp})	0,99	0,99	0,41	0,56	0,93	0,47	0,52	0,46	0,58	0,30	0,77	0,77
Shannon (H')	0,02	0,02	0,99	0,71	0,17	1,08	0,85	0,81	0,79	1,37	0,49	0,49
Especie dominante	Ng	An	As	Ty	Cf	Pm	Py	Da	Sp	An	Sa	Sa
Infracomunidad												
No. Hospederos parasitados con una especie	20	8	8	28	25	41	12	1	4	0	0	0
No. Hospederos no parasitados	10	7	9	7	1	7	16	1	1	0	0	0
% HP con al menos una especie de helminto	66,6	61	57,1	87,9	96,6	88,5	46,6	83,3	87,5	100	100	100
Prom. de helmintos individuales por infracomunidad	8,6	105,61	4,85	9,32	11,26	6,21	3,63	4,33	4,12	12,23	30,5	30,5
Prom. de especies por infracomunidad	1,03	0,77	0,85	1,29	1,16	1,11	0,53	1,5	1,3	3,23	2,18	2,18
Índice de HB	0,02	0,01	0,94	0,70	0,16	1,03	0,15	0,70	0,66	1,30	0,47	0,47
Prom. Índice de Jaccard	0,63	0,5	0,48	0,82	0,93	0,78	0,41	0,58	0,43	0,65	0,82	0,82

An (*A. (P) nana*), As (*Axocoryle* sp.), Cf (*C. formosatus*), Da (*D. anchoratus*), Ng (*N. cf. golvani*), Pm (*P. minimum*), Py (*Pygidopsis* sp.), Sa (*Salvaiguis* sp.), Sp (*Spiroxyis* sp.), Ty (*Tylodelphys* sp.). 1: San José del Cabo, 5: San Pedro de la Presa, 6: San Luis Gonzaga, 9: San Ignacio, 11: Poza Larga, 12: Corralitos, 13: Los Pinos.

Tabla 5. Correlaciones entre el número de especies de helmintos por oasis y sus características. Valores significativos son indicados en negrita.

Variables	r_s	significancia
Especies de helmintos vs Especies de hospederos	0,735	$P = < 0,05$
Especies de helmintos vs Familias de peces	0,744	$P = < 0,05$
Especies de helmintos vs Especies de peces en la familia más abundante	0,529	NS
Especies de helmintos vs Área (Km)	0,354	NS
Especies de helmintos vs Distancia al mar	0,189	NS
Especies de helmintos vs Altitud (msnm)	-0,388	NS
Especies de helmintos vs Presencia de aves	0,282	NS
Especies de helmintos vs Distancia al oasis más cercano	-0,582	$P = < 0,05$
Especies de helmintos vs Salinidad (ppm)	-0,380	NS
Especies de helmintos vs pH	0,001	NS
Especies de helmintos vs Latitud N	0,159	NS
Especies de helmintos vs Longitud O	0,126	NS

DISCUSIÓN

Los estudios sobre comunidades de helmintos parásitos en peces de agua dulce han demostrado que éstas son más ricas en los trópicos que en latitudes templadas (Kennedy 1990, Kennedy 1995, Salgado-Maldonado & Kennedy 1997). La helmintofauna de nueve especies de peces en los oasis de BCS, está compuesta por 24 especies. De las cuales, 23 ya han sido registradas en las cuencas del sureste mexicano, excepto *Pomphorhynchus* sp. que es marino. Esta similitud se debe a que las especies de hospederos examinadas en los oasis se distribuyen en el sureste mexicano y de las cuales se conoce su helmintofauna.

Las comunidades de helmintos de peces en los oasis son comunidades aisladas, pobres, con baja riqueza de especies, prevalencia y abundancia. Estas comunidades no están saturadas, por lo que la competencia interespecífica es baja o inexistente, dando lugar a nichos disponibles. Estos procesos se encuentran asociados a la baja riqueza de hospederos intermediarios y definitivos, al tamaño y aislamiento de los oasis, a la edad

geológica y aislamiento de la península, determinantes importantes de la riqueza de especies de helmintos.

La riqueza de especies de helmintos de peces en los oasis de BCS es similar a la registrada en otras cuencas hidrológicas de México como el río Balsas (Salgado-Maldonado *et al.* 2001) y el río Ayuquila (Salgado-Maldonado *et al.* 2004). Aunque esta riqueza es muy similar, la estructura de las comunidades varía. Los trematodos y monogéneos estructuran las comunidades de helmintos de peces dulceacuícolas de BCS, mientras que comunidades de helmintos del sureste mexicano se encuentran estructuradas por nemátodos y trematodos (Salgado-Maldonado 2006).

El alto número de larvas de helmintos (10 especies de digéneos, tres metacéstodos y tres nemátodos) en comparación con el bajo número de adultos (cinco monogéneos, dos acantocéfalos y un céstodo) sugiere una relación entre las poblaciones de peces y el transporte de los helmintos por especies piscívoras en los oasis. Por lo general, la posición de estas especies de peces en la cadena trófica les permite consumir

hospederos intermediarios de helmintos o servir como hospederos paraténicos o de transporte, para helmintos que maduran en aves.

Los oasis de la península forman parte de la ruta migratoria de aves neárticas (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997), en donde se alimentan de peces, favoreciendo la infección con formas larvianas de helmintos. Por tanto, aunque el desarrollo de las comunidades parásitas en peces de los oasis se encuentre restringido debido al aislamiento por barreras ecológicas, éstas pueden ser superadas por las especies parásitas alogénicas al alcanzar la madurez sexual en aves o mamíferos y ser transferidos fácilmente de una localidad a otra por sus hospederos definitivos. Propiciando una colonización oportunista de hábitat disponibles por especies de helmintos generalistas con un amplio rango de distribución. Este patrón ha sido registrado en las comunidades de helmintos de peces dulceacuícolas del neotrópico mexicano (Salgado-Maldonado 2006).

Este conjunto de especies de helmintos con amplia distribución conformado por metacercarias, metacéstodos y larvas de nemátodos han sido registradas en varias cuencas del país (Salgado-Maldonado 2006, Martínez-Aquino & Aguilar-Aguilar 2008, Pérez-Ponce de León *et al.* 2010). Al ser especies alogénicas (maduran en aves y su dispersión se ve facilitada por el movimiento de estos hospederos) explica la amplitud de su distribución. Las especies alogénicas generalistas de amplia distribución enriquecen entonces estas comunidades pasando a formar un componente nutrido e importante.

Uno de los patrones asociados a la baja diversidad de especies de helmintos en los peces de agua dulce de BCS se debe a que los oasis se encuentran aislados dificultando la dispersión de los hospederos (peces), haciendo más difícil el establecimiento de los helmintos en los oasis. Los resultados de este trabajo

sugieren que la helmintofauna parásita de estos peces se ha desarrollado alopátricamente en la zona. El aislamiento de cuerpos de agua, como los oasis, provee condiciones bióticas y abióticas peculiares que favorecen los procesos de especiación. El pez *F. lima* es una especie endémica como resultado de los procesos de vicarianza causada principalmente por la fragmentación de los cuerpos de agua (Miller 1986), estableciéndose en los oasis actuales junto con sus poblaciones de helmintos. Aunque Hobæk *et al.* (2002) mencionan que esta fragmentación causa una baja diversidad de especies, consideramos que los oasis donde se distribuye *F. lima* funcionan como importantes centros de diversidad biológica regional ($S=8$), vulnerables a especies invasoras como los poecilidos y las tilapias.

Guégan & Kennedy (1993) mencionan que las especies de peces nativos presentan comunidades de helmintos predecibles por ser más ricas en composición de especies en comparación con las especies de peces introducidas. El nativo *E. picta* registró una mayor riqueza de helmintos en comparación con cuatro especies introducidas (*C. carpio*, *G. affinis*, *T. cf. zilli* y *X. helleri*) confirmando la predicción antes mencionada. Sin embargo, el exótico *P. reticulata* mostró una riqueza ($S=8$) muy por encima de las especies nativas (*E. picta* y *D. latifrons*). Esto puede ser atribuido a la alta presencia de especies de helmintos generalistas, al amplio rango de distribución de la especie hospedera (cinco oasis) y al número de ejemplares examinados (230 ind.). Mientras que *E. picta* y *D. latifrons* sólo se colectaron en dos oasis con 25 y 30 ejemplares, respectivamente. Al parecer, la helmintofauna de BCS se ha desarrollado principalmente por las migraciones de los hospederos en ambientes libres de competencia, diversificándose oportunamente para ocupar los nichos disponibles.

Los datos muestran la presencia de especies de

helmintos introducidas antropogénicamente junto con especies alóctonas de peces. Los monogéneos de la tilapia *C. sclerosus* y de la carpa *D. anchoratus* y *D. extensus*, constituyen un peligro potencial de transfaunación para los peces de los oasis.

Es notable la baja presencia del céstodo introducido *B. acheilognathi* que es considerada como la especie de helminto parásito de peces de agua dulce más exitoso en el mundo. Comparativamente, en el Lerma-Santiago éste parásito afecta al mayor número de especies de peces (Salgado-Maldonado *et al.* 2001, Salgado-Maldonado & Pineda-López 2002), mientras que en BCS solo se registró en el oasis de Miraflores (MIR) en *G. affinis*. La baja riqueza ictiológica del oasis Miraflores, reduce las facilidades de distribución del céstodo entre los oasis.

Otra especie introducida es *C. formosanus* que puede llegar a afectar a las poblaciones de *F. lima* (endémico) y cuyos efectos en las poblaciones de peces de aguas continentales de México es de pronóstico grave (Scholz & Salgado-Maldonado 2000). Su dispersión entre los peces dulceacuícolas de México se ha favorecido por el establecimiento de su primer hospedero intermediario, el caracol *Melanoides tuberculata* Müller, 1774, presente en los oasis de BCS. Esta especie de helminto debe tomarse en cuenta para las políticas de conservación y repoblación de las especies de peces de agua dulce del país.

En el presente estudio, la máxima riqueza de especies de helmintos se obtuvo al combinar el total de datos registrados en todas las especies de hospederos, permitiendo el registro de un mayor número de especies por oasis y consecuentemente a nivel regional.

La heterogeneidad del hábitat y la considerable movilidad de los hospederos dificultan la cuantificación de especies (Remsen 1994), por lo que un muestreo extensivo e intensivo se

requiere para registrar la mayor cantidad de especies posible (Brose & Martínez 2004). Los oasis de BCS al ser ecosistemas “simples” es relativamente fácil hacer un buen estudio de su helmintofauna, pero al parecer el número de muestras obtenidas no fue el suficiente.

El desigual esfuerzo de muestreo permite sugerir que existen sesgos graves en el inventario. Aún cuando se puede argumentar que los muestreos realizados fueron insuficientes para registrar la mayoría de las especies que ocurren regularmente en los oasis, las curvas de acumulación de especies y los estimadores no paramétricos de riqueza indican que la riqueza es susceptible de incrementar, como consecuencia de la presencia de especies transitorias y/o especies que no se detectaron con los métodos utilizados.

En este contexto, las curvas acumulativas de especies derivadas de nuestros datos se ajustaron al modelo de Clench y alcanzaron la asíntota, por lo tanto, las especies de helmintos registradas para cada componente de comunidad es fiable. No obstante, algunos estimadores (Clench y Chao2) indican que faltan de una a dos especies por colectar en cada componente de comunidad. Utilizando los criterios de sesgo y precisión, los estimadores Chao2 y Clench presentan el mejor rendimiento general, siendo el estimador Chao2 el más recomendable para comunidades de parásitos (Walther & Morand 1998).

Determinar la exacta riqueza de especies puede incrementar la habilidad para responder preguntas de carácter ecológico y servir de guía en la toma de decisiones para la conservación (May 1988, Walther & Martin 2001). Su determinación requerirá de la estandarización de métodos que consideren el tamaño mínimo de muestras y esfuerzo de muestreo. La estimación de la riqueza de especies por medio de métodos cuantitativos deberá ser exacta para que estos puedan

aplicarse como herramientas de estimación rápida no solo en comunidades de helmintos parásitos de peces sino también en comunidades con alta riqueza de especies (Walther & Martin 2001).

Este estudio ha demostrado la complejidad que se presenta al momento de analizar las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en los oasis de BCS. Las diferencias en la composición y distribución de helmintos en los peces, son aparentemente respuestas a las diferencias ecológicas y no tanto a la filogenia de los hospederos. Las comunidades pobres de helmintos en los peces dulceacuícolas de BCS reflejan la baja diversidad de especies en el ecosistema (oasis). La estructura de una comunidad parásita es el resultado de múltiples causas. No obstante, existen factores como la filogenia del hospedero, su ecología, la co-evolución hospedero-parásito, entre otros, que están estrechamente relacionadas con la riqueza y estructura de las comunidades parásitas y que deberán ser motivo de análisis de futuros estudios.

En conclusión, una de las dificultades para el uso de la información obtenida de estudios basados en helmintos parásitos es la falta de información acerca de la composición y distribución de las especies en una determinada región geográfica de interés. El caso de los oasis de BCS no es la excepción, ya que no se cuenta con un trabajo previo que permita hacer comparaciones. Las comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce en los oasis de BCS están estructuradas por tremátodos y monogéneos mientras que acantocéfalos, céstodos y nemátodos son poco abundantes. Son comunidades pobres, aislacionistas, generalistas-alógénicas y se encuentran fuertemente dominadas por una especie de helminto, sin embargo, esta no se encuentra dominando en más de una comunidad. La baja riqueza de especies de helmintos se asocia a la

baja riqueza de hospederos, al tamaño de los oasis, a la edad geológica y aislamiento de la península, determinantes importantes de la riqueza de especies de helmintos. Esto sugiere que procesos diferentes actúan sobre las comunidades de helmintos en las áreas neártica y neotropical de México.

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como a la beca no. 202555 otorgada por CONACyT. A la M. en C. Guillermina Cabañas Carranza por su ayuda en el trabajo de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriaga, L.; Díaz, S.; Domínguez, R. & León, J.L. 1997. *Composición florística y vegetación*. En: Arriaga, L. & R. Rodríguez-Estrella. (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publicación No. 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S, México, pp. 69-106.
- Brose, U. & Martinez, N.D. 2004. Estimating the richness of species with variable mobility. *Oikos*, 105: 292-300.
- Brose, U.; Martinez, N.D. & Williams, R.J. 2003. Estimating species richness: sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns. *Ecology*, 84: 2364-2377.
- Bush, A.O.; Lafferty, K.D.; Lotz, J.M. & Shostak, A.W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *Journal of Parasitology*, 83: 575-583.
- Camarena-Rosales, F. 1999. *Relaciones filogeográficas entre especies y subespecies de Fundulus (Pisces:*

- Fundulidae*) de la península de Baja California, México. Tesis de doctorado, UABC. México, 89 pp.
- Chiarucci, A.; Enright, N.J.; Perry, G.L.; Miller, W.B.P. & Lamont, B.B. 2003. Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and Distribution*, 9: 283-295.
- Colwell, R.K. & Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 345: 101-118.
- Colwell, R.K. 2000. *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples* (Software and User's Guide), Versión 6.0. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> leído en enero de 2013.
- Dove, A.D.M. & Cribb, T.J. 2006. Species accumulation curves and their applications in parasite ecology. *Trends in Parasitology*, 22: 568-574.
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.
- Grismer, L.L. & McGuire, J.A. 1993. The oases of central Baja California, México. Part I. A preliminary account of the relictual mesophilic herpetofauna and the status of the oases. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 92: 2-24.
- Guégan, J.F. & Kennedy, C.R. 1993. Maximum local helminth parasite community richness in British freshwater fish: A test of the colonization time hypothesis. *Parasitology*, 106: 91-100.
- Guzmán-Poo, J. 2004. *Aves del estero de San José, San José del Cabo, B. C. S. Reunión de Análisis de los Oasis de Baja California Sur, Importancia y Conservación*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Universidad Autónoma de Baja California Sur, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Hobæk, A.; Manca, M. & Andersen, T. 2002. Factors influencing species richness in lacustrine zooplankton. *Acta Oecologica*, 23: 155-163.
- Holmes, J.C. & Price, P.W. 1986. *Communities of parasites*. En: Kikkawa, J. & Anderson, D.J. (Eds.). *Community Ecology: Patterns and Processes*. Blackwell Scientific Publications, Melbourne. pp. 187-213.
- Howell, S.N.G. & Webb, S. 1995. *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press. Oxford, Inglaterra. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> leído en enero de 2013.
- Kennedy, C.R. 1990. *Helminth communities in fresh water fish: structure communities or stochastic assemblages?* En: Esch G.W.; Bush, A.O. & Aho, J.M. (Eds.). *Parasite communities: Patterns and Processes*. Chapman and Hall, London. U. K. pp. 131-156.
- Kennedy, C.R. 1995. Richness and diversity of macroparasite communities in tropical eels *Anguilla reinhardtii* in Queensland, Australia. *Parasitology*, 110: 233-245.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing Company, Oxford, U. K. 256 pp.
- Martínez-Aquino, A. & Aguilar-Aguilar, R. 2008. Helminth parasites of the pupfish *Cyprinodon meeki* (Pisces: Cyprinodontiformes), an endemic freshwater fish from North-Central Mexico. *Helminthologia*, 45: 48-51.
- May, R.M. 1988. How many species on earth? *Science*, 241: 1441-1449.
- Maya, Y.; Coria, R. & Domínguez, R. 1997. *Caracterización de los oasis*. En: Arriaga, L. & Rodríguez-Estrella, R. (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja*

- California. Publ. 13, CIBNOR, S. C. La Paz, B. C. S., México. Pp. 5-25.
- Méndez, O.; Salgado-Maldonado, G.; Caspeta-Mandujano, J.M.; & Cabañas-Carranza, G. 2010. Helminth parasites of some freshwater fishes from Baja California Sur, Mexico. *Zootaxa*, 2327: 44-50.
- Miller, R.R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México, 30: 121-153.
- Moreno, C.E. & Halffter, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149-158.
- Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76: 207-252.
- Padilla, G.; Pedrín, S. & Troyo-Diéguez, E. 1991. *Geología*. En: Ortega, A. & Arriaga, L. (comps.). *La reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas de B.C.S., La Paz, México, 417 pp.
- Pérez-Ponce de León, G.; Rosas-Valdez, R.; Aguilar-Aguilar, R.; Mendoza-Garfias, B.; Mendoza-Palmero, C.; García-Prieto, L.; Rojas-Sánchez, A.; Briosio-Aguilar, R.; Pérez-Rodríguez, R. & Domínguez-Domínguez, O. 2010. Helminth parasites of freshwater fishes, Nazas River basin, northern Mexico. *Checklist*, 6: 26-35.
- Remsen, J.V. 1994. Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. *The Auk*, 111: 225-227.
- Rodríguez-Estrella, R.; Rubio, L. & Pineda, E. 1997. *Los oasis como parches atractivos para las aves residentes e invernantes*. En: Arriaga, L. & Rodríguez-Estrella, R. (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C. La Paz, B. C. S., México. pp. 157-195.
- Ruiz-Campos, G.; Castro-Aguirre, J.L.; Contreras-Balderas, S.; Lozano-Vilano, M.L.; González-Acosta, A.F. & Sánchez-González, S. 2002. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12: 143-155.
- Salgado-Maldonado, G. & Kennedy, C.R. 1997. Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology*, 114: 581-590.
- Salgado-Maldonado, G. & Pineda-López, R. 2002. *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934. *Biological Invasions*, 5: 261-268.
- Salgado-Maldonado, G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa*, 1324: 1-357.
- Salgado-Maldonado, G.; Cabañas-Carranza, G.; Soto-Galera, E.; Caspeta-Mandujano, J.M.; Moreno-Navarrete, R.G.; Sánchez-Nava, P. & Aguilar-Aguilar, R. 2001. A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago river basin, Mexico. *Comparative Parasitology*, 68: 204-218.
- Salgado-Maldonado, G.; Mercado-Silva, N.; Cabañas-Carranza, G.; Caspeta-Mandujano, J.M.; Aguilar-Aguilar, R. & Íñiguez-Dávalos, L.I. 2004. Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila river, Sierra de Manatlan Biosphere Reserve, westcentral Mexico. *Comparative Parasitology*, 71: 67-72.
- Santamaría, L. & Klaassen, M. 2002. Waterbird-mediated dispersal of aquatic organisms: An introduction. *Acta Oecologica*, 23: 115-119.
- Scholz, T. & Salgado-Maldonado, G. 2000. The introduction and dispersion of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: a review. *American Midland Naturalist*, 143: 185-200.

- Semenas, L. 1999. *Estructura comunitaria de parásitos en Galaxias maculatus (Pisces, Galaxiidae) y Percichthys trucha (Pisces: Percichthyidae) del lago Escondido (Río Negro, Argentina)*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 263 pp.
- Shreve, F. & Wiggins, I. 1964. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. Volume 1. Stanford University Press, Stanford, California, 840 pp.
- Simpson, G.G. 1964. Species densities of North American recent mammals. *Systematic Zoology*, 13:57-73.
- Walther, B.A. & Martin, J.L. 2001. Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort? *Ibis*, 143: 413-419.
- Walther, B.A. & Moore, J.L. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28: 815-829.
- Walther, B.A. & Morand, S. 1998. Comparative performance of richness estimation methods. *Parasitology*, 116: 395-405.
- Zelmer, D.A. & Esch, G.W. 1999. Robust estimation of parasite component community richness. *Journal of Parasitology*, 85: 592-594.

Received September , 2013.
Accepted October 31, 2013.