

GUSANOS PARÁSITOS de fauna silvestre Algunas formas de estudio

Rogelio **Aguilar Aguilar**

La ecología estudia a los seres vivos y a sus interacciones con otros seres vivos y con el medio ambiente. Esta disciplina se desarrolla en los niveles de organización organismo (o la especie a la que pertenece), población y comunidad,^{1,2} existiendo actualmente numerosos estudios que denotan la importancia, en cada uno de estos niveles, de factores como la competencia, la herbivoría, la depredación y las relaciones simbióticas como el parasitismo.

Algunas de las características ecológicas que presentan los organismos de vida libre son también aplicables a los parásitos. Sin embargo, la mayor parte de los textos en ecología animal excluyen discusiones sobre este tipo de organismos.² Esto puede obedecer a varias causas, que van desde las particularidades que a los parásitos les han permitido prosperar como grupo, hasta la misma definición de parásito y vida parasitaria. Se define como parásito al organismo que obtiene sus nutrientes de uno o muy pocos huéspedes individuales, normalmente causándole daño, pero sin provocar su muerte de manera inmediata.¹ Alternativamente, otros autores prefirieron sustituir los términos de obtención de nutrientes por aquellos que involucran dependencia metabólica, o bien, enfatizar el hecho de que los parásitos se pueden distinguir por su hábitat.³ Sin embargo, el principal problema para definir adecuadamente a los parásitos

es que éstos no constituyen un grupo monofilético, por lo que la búsqueda de las características que definen al grupo no proporciona resultados consistentes.

Por otra parte, se ha señalado que las principales diferencias entre la ecología de los organismos de vida libre y la de los parásitos son: 1) el hábitat de los parásitos son organismos vivos, capaces de mostrar crecimiento, movimiento, evolución e incluso una potencial respuesta hacia el parásito;¹ 2) las poblaciones de organismos de vida libre incrementan su número debido a los nacimientos e inmigraciones, en tanto que la mayor parte de los metazoarios endoparásitos adultos incrementan sus poblaciones (infrapoblaciones, ver más adelante) únicamente por inmigración,⁴ ya que la eclosión de los huevos por lo general ocurre en el medio ambiente externo o en un huésped intermediario; 3) la dificultad de efectuar el estudio de dos organismos (huésped y parásito) al mismo tiempo y en tres niveles jerárquicos de trabajo;⁵ y 4) la complejidad de los ciclos de vida y los múltiples grados de interacción entre los parásitos y sus huéspedes.²

Por lo anterior, resulta conveniente presentar las diferentes etapas por las que se atraviesa al realizar un estudio enfocado en las comunidades de parásitos de fauna silvestre.

ECOLOGÍA DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE Y ECOLOGÍA DE PARÁSITOS

Los estudios ecológicos se llevan a cabo de manera más o menos similar entre los biólogos dedicados al estudio de las plantas y los que trabajan con animales de vida libre. En ocasiones, los enfoques que se desarrollan en estos estudios son similares al trasladarlos al estudio de los helmintos parásitos; sin embargo, ha sido necesario acuñar una serie de términos complementarios aplicables a las características de la vida parasitaria, y que en general no se utilizan en los estudios con especies de vida libre. Debido a que algunos autores⁶ consideran que la relación huésped-parásito está ubicada en un nivel intermedio entre población y comunidad, ambos niveles jerárquicos serán discutidos en conjunto; en cada caso se mencionarán algu-

nos de los conceptos y términos que se han postulado para interpretar las relaciones ecológicas de los helmintos parásitos.

NIVEL JERÁRQUICO ESPECIE

En este nivel es posible determinar algunas características para todos los seres vivos como su nicho, medio ambiente, hábitat y sitio. En general, el nicho de un organismo es la suma total de sus requerimientos en términos de alimento, oxígeno, y demás factores, incluyendo la competencia con otras especies, en tanto que el hábitat es el lugar donde estos requerimientos se encuentran. El medio ambiente está formado por el conjunto de condiciones que rodean y afectan a los seres vivos, mientras que el sitio es el lugar preciso donde un organismo se encuentra. En el caso de los parásitos, las condiciones del nicho y medio ambiente varían debido a que se considera que sus requerimientos se pueden extender a dos "medios ambientes", uno constituido por el huésped en sí mismo, y otro formado por el medio ambiente externo al huésped, donde éste se desarrolla.² A diferencia del resto de los organismos, es poco frecuente encontrar relaciones de competencia, depredación o parasitismo (en este caso llamado hiperparasitismo). Los términos hábitat y sitio se definen igual que en organismos de vida libre, si bien siempre se refieren al medio ambiente proporcionado por el huésped.

NIVELES JERÁRQUICOS POBLACIÓN Y COMUNIDAD

Una población se puede definir como un grupo de individuos de una especie con interacciones tanto genéticas como ecológicas, que habita bajo las mismas condiciones físicas y cuya evolución está afectada por sus características o atributos.⁷ Por tanto, la población es afectada por sus tasas de natalidad y mortalidad, densidad, capacidad de dispersión, crecimiento y estructura de edades, entre otros factores. Se considera como comunidad a cualquier ensamblaje de poblaciones de seres vivos en un área o hábitat.⁸ En el estudio de los parásitos, una sola especie puede encontrarse en un huésped individual, en una población de huéspedes e incluso en múltiples poblaciones de huéspedes infectados por alguno de los estados de desarrollo del parásito. Debido a esto, se ha enfatizado en la necesidad de



© Enrique Soto. De la serie *Máquinas*, 2008.

considerar una jerarquización en el estudio de los niveles de población y comunidad de organismos parásitos, por lo cual fue propuesto el término *infrapoblación* para definir a todos los miembros de una especie de parásito en un huésped individual, mientras que una *infracomunidad* incluye a todas las *infrapoblaciones* del huésped. En el siguiente nivel jerárquico, una *metapoblación* representa todas las *infrapoblaciones* en una especie de huésped dentro de un ecosistema, en tanto que el componente de comunidad se refiere a todas las *infracomunidades* dentro de una población dada del huésped. El último par jerárquico incluye a la *suprapoblación*, que se refiere a la totalidad de individuos de una población de parásitos determinada, en cualquier fase de su ciclo de vida (las que pueden involucrar diferentes huéspedes e incluso fases de vida libre), dentro de un ecosistema. El otro componente del par jerárquico es la *comunidad compuesta*, definida como todas las comunidades de parásitos dentro de un ecosistema. Por lo general, los estudios sobre ecología de parásitos incluyen el análisis en los dos primeros pares jerárquicos, en tanto que la *suprapoblación* y la *comunidad compuesta*, debido a su complejidad implícita, son poco abordadas.

ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES DE HELMINTOS PARÁSITOS

El estudio de las comunidades de helmintos parásitos inicia con la toma de los datos. Los gusanos parásitos se recolectan mediante un examen helmintológico de los huéspedes, en ese momento son diferenciados taxonómicamente, contados y fijados. Posteriormente son procesados para confirmar su posición taxonómica. Con esto se obtiene la primera serie de datos con la que inicia la descripción de cada ensamblaje, estos datos son la riqueza de especies y el número de individuos por especies de helminto, y permite establecer cuáles y cuántos helmintos conforman una *infracomunidad* dada, e idealmente, también permite conocer cómo está conformado el componente de comunidad, si bien esto depende directamente del tamaño y representatividad de la muestra de huéspedes.

Una vez concluida la fase de colecta y determinación taxonómica, se procede a caracterizar las infecciones determinando el número de gusanos por especie, la prevalencia (porcentaje de huéspedes infectados por una especie particular de parásito), la abundancia (promedio de parásitos de una especie particular por cada huésped de la muestra), la intensidad promedio (promedio de parásitos de una especie particular por huésped de la muestra infectado por esa especie) y el número mínimo y máximo de parásitos recuperados. Las comunidades de helmintos parásitos pueden ser estudiadas analizando por separado cada uno de sus atributos en cada uno de los niveles jerárquicos correspondientes. Una vez integrada, esta información proporciona indicios sobre el comportamiento de cada comunidad. Los atributos que comúnmente son considerados en el análisis de las comunidades helmintológicas son: la composición taxonómica de las especies, la riqueza específica, la distribución de abundancias (que involucra diversidad y dominancia), y la similitud.

COMPOSICIÓN DE ESPECIES

El listado taxonómico permite conocer los distintos taxones de helmintos que forman cada ensamblaje

y determinar el papel que cada taxón desempeña en la comunidad. De esta manera, los parasitólogos han adoptado conceptos que facilitan la formación de grupos de acuerdo a un criterio determinado. Algunos de estos conceptos, como el de especies generalistas y especialistas, pueden ser compartidos con la ecología de organismos de vida libre. Una especie de parásito generalista será aquella en la que sus individuos utilicen durante la misma fase de su ciclo de vida, huéspedes de taxones poco relacionados entre sí y que incluso se ubiquen en distintas categorías taxonómicas (de la misma forma, un herbívoro generalista consumirá distintas plantas, de taxones poco relacionados entre sí). Una especie de parásito especialista será la que involucre, para cada etapa de su ciclo de vida, huéspedes ubicados en una sola categoría taxonómica, comúnmente inferior a orden. Cuanto más inferior sea la categoría taxonómica en que se ubiquen los huéspedes, mayor será el grado de especialidad del parásito (por ejemplo, el nemátodo *Ascaris lumbricoides*, exclusivo del taxón *Homo sapiens*). Se considera que organismos ubicados en la categoría taxonómica de familia están lo suficientemente relacionados entre sí como para considerar especialista a un parásito que utilice a varias especies y géneros dentro de ésta (por ejemplo el tremátodo *Crassicutis cichlasomae* o el monogéneo *Sciadichleithrum bravohollisae*, parásitos en estado adulto del intestino y las branquias, respectivamente, de las mojarras de agua dulce de la familia Cichlidae). Categorías taxonómicas superiores conjuntan a organismos cada vez menos relacionados, por lo que hablar de especificidad en los parásitos es relativo, sin embargo, algunos trabajos han considerado dicha especificidad a nivel de orden.

En la composición de las especies de una comunidad de helmintos parásitos es frecuente encontrar al mismo tiempo individuos de la misma especie en los tres niveles jerárquicos (infracomunidad, componente de comunidad y comunidad compuesta), de tal forma que ha sido útil clasificar a los helmintos parásitos de acuerdo a cómo utilizan en su ciclo de vida al huésped en donde se les encuentra. De esta manera, una especie de parásito que emplea a un pez u otro orga-

nismo acuático como huésped intermediario y que alcanza la madurez sexual en otro huésped no acuático (por ejemplo, reptiles, aves o mamíferos) es considerada alogénica, en tanto que si una especie desarrolla todo su ciclo de vida dentro de un ecosistema acuático es llamada autogénica.⁹

RIQUEZA ESPECÍFICA

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad; se refiere al número de especies presentes en la comunidad sin tomar en cuenta su abundancia. A nivel de infracomunidad, que en un estudio helmintológico resulta completamente censada, el valor de riqueza específica es un total absoluto. En cambio, a nivel de componente de comunidad, la riqueza de especies es un valor relativo, resultado del acumulado de especies presentes en una serie de infracomunidades. El cálculo de la riqueza a nivel de componente de comunidad es similar a los estudios en organismos de vida libre, donde generalmente se determina la riqueza para un área determinada, tomada como representativa. Dado que en esta manera de determinar la riqueza suele existir un cierto grado de incertidumbre sobre la representatividad del muestreo, se han diseñado estrategias para estimar qué tan lejana ésta se encuentra respecto del dato de riqueza observada. Una de estas estrategias es la construcción de gráficas de acumulación de especies, en las que se relaciona el incremento de especies con el aumento en el número de estaciones de muestreo (en nuestro caso, número de huéspedes examinados), de esta manera, los puntos de la gráfica forman una curva que crece relativamente rápido y que conforme aumentan las estaciones de muestreo, detiene su crecimiento hasta formar una asíntota, la cual representa una aproximación a la riqueza máxima de la comunidad. Adicionalmente, se pueden utilizar los mismos datos para sobreponer en la gráfica resultante una función de acumulación de especies, que genera una curva ajustada e indica en uno de sus parámetros la riqueza máxima esperada. Existen distintas funciones de acumulación de las cuales el modelo de Clench¹⁰ es el que, por sus supuestos, es recomendado para predecir la riqueza en un componente de comunidad. Por otra parte, existen estimadores de riqueza que predicen un número de especies para la comunidad a partir de la riqueza observada y de la



© Enrique Soto. De la serie *Máquinas*, 2008.

abundancia de algunas especies, generalmente las que sólo se registran ocasionalmente. En diversos trabajos se ha discutido la utilidad de diversos estimadores en parasitología, siendo recomendada la utilización del llamado *Bootstrap*¹¹ (una descripción detallada de los estimadores e índices mencionados en este trabajo se encuentra en *Métodos para mediar la biodiversidad*, de Moreno CE).¹²

DISTRIBUCIÓN DE ABUNDANCIAS

En el análisis de la distribución de abundancias se determina la importancia que cada especie tiene en la estructura de la comunidad y se identifica la presencia de especies dominantes en la misma. Como primer paso se calcula la proporción (P_i) que cada especie representa respecto al total de gusanos recolectados. Posteriormente se efectúa el cálculo de la diversidad de la comunidad, que determina qué tan homogéneo es el ensamblaje en términos de número de individuos de cada especie presente en éste. Para determinar el valor de la diversidad en una infracomunidad se utiliza el índice de Brillouin, que está diseñado para determinar la diversidad en una comunidad totalmente censada.¹² En el nivel de componente de comunidad el cálculo también es similar al que se desarrolla en algunos estudios en

organismos de vida libre, utilizando índices como el de Simpson o su recíproco para determinar qué tan diversa es la comunidad en la muestra representativa.

Cuando el valor de la diversidad es bajo se habla de una comunidad dominada. La categoría de dominante puede ser dada a una sola especie o bien al conjunto que presenta los más altos valores de prevalencia y abundancia en la comunidad. Se ha tratado de identificar cuáles son las especies dominantes en las comunidades de parásitos por medio de índices de dominancia o de criterios como el de especies principales y satélite,¹³ empleados en comunidades de vida libre, pero que no proporcionan resultados claros al aplicarlos en las comunidades de parásitos. Por esta razón, se propuso aplicar el término de especie común a aquella que en la comunidad presenta una prevalencia mayor a 10% y una abundancia de por lo menos un parásito por huésped, considerando “rara” a cualquier especie que no cumpliera con lo anterior;¹⁴ esta distinción se hizo principalmente con el fin de eliminar de los análisis a las especies “accidentales”, y aunque los propios autores reconocen que es una decisión arbitraria, el concepto sigue siendo utilizado en el estudio de las comunidades de parásitos.

Con el fin de eliminar esta subjetividad relativa, en nuestro grupo de trabajo hemos aplicado los supuestos derivados del análisis de asociación de esquinas de Olmstead-Tukey, en donde los valores de prevalencia se grafican en relación con los de la abundancia de cada especie en la comunidad.¹⁵ Cada punto es ubicado en uno de los cuatro cuadrantes formados por la superposición de los valores de tendencia central (promedio o mediana) de cada parámetro. De esta manera, en uno de los cuadrantes se agrupan las especies que presentan valores altos de prevalencia y abundancia en el ensamblaje, pudiéndose considerar dominantes; en el cuadrante opuesto se encuentran las especies con baja prevalencia y abundancia, consideradas especies raras; en tanto que en los cuadrantes restantes se consideran situaciones intermedias que reciben explicaciones particulares.

Los métodos descritos son utilizados para la evaluación de la diversidad alfa, que se refiere a la diversidad dentro de las comunidades. Estos métodos son divididos en conjuntos llamados de riqueza específica y de estructura y en los párrafos anteriores nos hemos referido a por lo menos un método de cada conjunto.

SIMILITUD

La medida de similitud es una forma de evaluar la diversidad beta, que es la que determina el grado de reemplazamiento de las especies entre hábitats. En el caso

de las comunidades de vida libre, la diversidad beta se tiene que calcular entre hábitats. En las comunidades de parásitos esta diversidad también se calcula entre hábitats, pero en el caso de las infracomunidades, cada huésped analizado corresponde a un hábitat, por lo que no hay una estricta separación geográfica entre éstos. Al igual que en los casos anteriores, el nivel de componente de comunidad es el más cercano a las comunidades de vida libre, siendo necesaria la separación geográfica para la comparación entre los valores de similitud de cada componente. Estrictamente, el valor de similitud es considerado como inverso de la diversidad beta, que busca determinar el recambio entre las comunidades, por lo que las similitudes altas reflejarán una baja diversidad regional. El cálculo de la similitud puede ser cualitativo (donde sólo se toma en cuenta el recambio de las especies) por medio de índices como el de Jaccard o Sorensen, o cuantitativo (donde además del recambio de las especies se considera la abundancia de éstas en cada comunidad), por medio de índices como el de Sorensen cuantitativo o el de Morisita-Horn.¹²

ESTUDIOS SOBRE COMUNIDADES DE PARÁSITOS EN MÉXICO

La gran mayoría de los estudios sobre comunidades de parásitos se han efectuado en peces, siendo menor el número de estudios efectuados en las restantes clases de vertebrados; estos trabajos se han desarrollado principalmente en regiones templadas como Europa, Estados Unidos o Canadá. De estos estudios se han postulado generalizaciones que después han sido extrapoladas a otras regiones del planeta. Sin embargo, la complejidad de nuestro territorio permite suponer que la estructura de las comunidades parasitarias responde a condiciones que en la mayor parte de los casos no son similares a las de las regiones previamente mencionadas. Actualmente existen relativamente pocos trabajos que traten de determinar cómo se estructura una comunidad de parásitos en México. Prácticamente, la totalidad de estos trabajos se han realizado en peces, principalmente en la región templada del Centro-Norte del país. En comparación, los estudios efectuados en la parte tropical de México son escasos y la



© Enrique Soto. De la serie *Máquinas*, 2008.

mayor parte ha utilizado a los parásitos de peces de la familia Cichlidae como modelo, describiendo la estructura de la comunidad y las posibles interacciones entre las especies que la conforman. A partir de estos estudios se han propuesto las primeras generalizaciones sobre la estructura de las comunidades helmintológicas en los peces de México, las cuales sugieren que en los peces de la región templada, las comunidades de parásitos son pobres en especies, con un alto porcentaje de especies alogénicas generalistas, baja diversidad y una similitud relativamente alta. En tanto que en el México tropical la riqueza es mayor, presentándose una proporción mayor de especies autógenas especialistas, una diversidad ligeramente mayor que en la región templada y una similitud menor entre comunidades.¹⁵

CONCLUSIÓN

En cuestiones de biodiversidad, los estudios sobre comunidades realizados sobre una base sólida permiten hacer aportes e inferencias para la interpretación adecuada de las diversidades alfa (diversidad dentro de las comunidades, es decir, cuáles especies componen a la comunidad y en qué abundancia se encuentra cada una) y beta (diversidad y reemplazamiento de especies entre comunidades), fundamentales para la toma de decisiones sobre diversos aspectos de la megabiota de nuestro país. La escasez de estudios de las comunidades de parásitos en regiones tropicales hace necesaria la labor en esta región para confirmar, o en su caso establecer nuevos patrones de estructuración de las comunidades. En este trabajo se describieron brevemente algunos de los métodos más usados en el estudio de las comunidades de parásitos. No se pretende indicar que son los únicos o los más adecuados, ni sugerir que existe una ley general aplicable a los sistemas huésped-parásito,¹⁶ pero pueden servir como una sencilla guía para determinar cómo se está estructurando una comunidad. El estudio de las comunidades de parásitos con sus particularidades puede parecer inapropiado o complicado al ser comparado con los estudios en organismos de vida libre, sin embargo, la búsqueda y establecimiento, a través de los parásitos, de generalizaciones y predicciones acerca de múltiples características de los seres vivos en general, demuestra que,

en esencia, ambas maneras de hacer ecología buscan explicar, a través de sus métodos, el comportamiento general de la biota.

A G R A D E C I M I E N T O

El autor agradece el apoyo de una beca postdoctoral otorgada por la Dirección General de Apoyo al Personal Académico (DGAPA) de la UNAM.

R E F E R E N C I A S

- ¹ Begon M, Harper JL y Townsend CR. *Ecology: individuals, populations and communities*, Blackwell Scientific Publications, Oxford (1986).
- ² William H y Jones A. *Parasitic worms of fish*, Taylor & Francis, Londres (1994).
- ³ Brooks DR y McLennan DA. *Parascript: parasites and the language of evolution*, Smithsonian Institution Press, Washington (1993).
- ⁴ Esch GW y Fernández J. *A functional biology of parasitism: ecological and evolutionary implications*, Chapman & Hall, Londres (1993).
- ⁵ Holmes JC y Price PW. "Communities of parasites" en Kikkawa J y Anderson DJ (eds.), *Community ecology: pattern and process*, Blackwell Scientific Publications, Melbourne (1986).
- ⁶ Odum EP. *Ecología*, CECSA, México (1978).
- ⁷ François-Lacouture G. *Relación entre los seres vivos y su ambiente*, Trillas, México (1983).
- ⁸ Krebs CJ. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*, Harper & Row Publications, Nueva York (1985).
- ⁹ Esch GW, Kennedy CR, Bush AO y Aho JM. Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization. *Parasitology* 96 (1988) 519-532.
- ¹⁰ Clench H. How to make regional lists of butterflies: some thoughts. *Journal of Lepidopterist's Society* 33 (1979) 216-231.
- ¹¹ Poulin R. Comparison of the three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology* 84 (1998) 485-490.
- ¹² Moreno CE. *Métodos para medir la biodiversidad*, Manuales & Tesis SEA, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza (2001).
- ¹³ Hanski I. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos* 38 (1982) 210-221.
- ¹⁴ Bush AO, Aho JM y Kennedy CR. Ecological versus phylogenetic determinants of helminth parasite community richness. *Evolutionary Ecology* 4 (1990) 1-20.
- ¹⁵ Aguilar-Aguilar R. *Comparación de la helmintofauna de peces de un sistema del altiplano mexicano (Cuenca del Lerma-Santiago) con la de regiones neotropicales (Cuenca del Papaloapan)*, tesis doctoral, Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM (2005).
- ¹⁶ Poulin R. Are there general laws in parasite ecology? *Parasitology* 134 (2007) 763-776.

Rogelio Aguilar Aguilar, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNAM. email: raguilar@ibiologia.unam.mx