



Un mundo de PARÁSITOS

Miguel Rubio Godoy

Son peligrosos y nuestros vecinos más íntimos... Pero también en gran medida han forjado la vida como la conocemos.

IMAGINEN UN MUNDO en el que un grupo de seres conduce ciegamente a ciertos animales a su propio exterminio; en el que son los maestros absolutos del escondite, pues utilizan el mismo cuerpo del organismo infectado como refugio. Imaginen un planeta en el que la mayoría de las especies que lo habitan subsisten a expensas de otras, y donde la vida misma ha sido poderosamente influida por ellos... ¡Bienvenidos a la Tierra!

Suena un tanto curioso y muy preocupante, pero esa es la verdad: estos seres son los parásitos, algunos de los organismos más exitosos y abundantes en nuestro planeta. Además son unos bichos fascinantes...

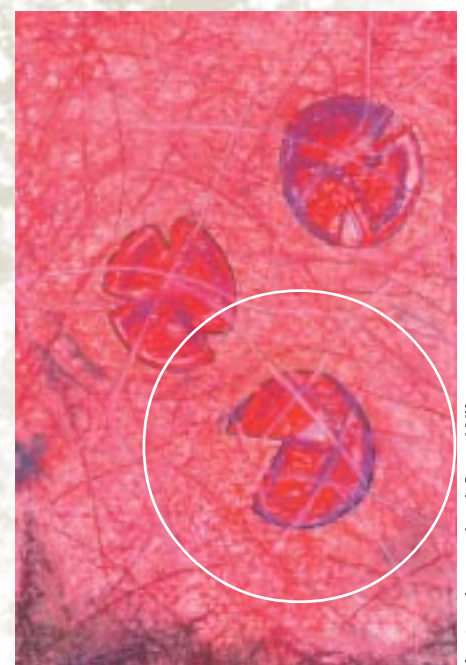
Podemos definir un parásito como una especie que vive a costa de otra. En el amplio sentido de la palabra, todos los agentes infecciosos podrían considerarse

como tales, pues dependen del organismo que los alberga para conseguir sus nutrientes elementales. Sin embargo, por convención se define a las infecciones parasitarias como las causadas por organismos eucariontes (con núcleo celular), principalmente protozoarios y helmintos (gusanos). A diferencia de otras asociaciones biológicas como la simbiosis o el comensalismo, donde los organismos involucrados si no se benefician por lo menos no sufren, los parásitos sí dañan a sus víctimas. Lo hacen pues no sólo obtienen alimento de quienes infectan —llamados hospederos— sino que los utilizan como sitio para vivir, crecer y reproducirse: los hospederos son el hábitat natural de los parásitos.

Vivir en los trópicos

Al igual que en el mundo hay infinidad de hábitats, la gran variedad de seres vivos que conocemos como biodiversidad representa un enorme territorio potencial para los parásitos; y éstos son, de hecho, la forma de vida más abundante en el planeta. Se estima que cada especie de ser vivo tiene cuando menos un parásito asociado. La magnitud del fenómeno se puede ejemplificar con los peces, que son el linaje vertebrado más diverso: cada una de las 25,000 especies conocidas tiene un tipo de parásito específico. Más todavía, la mayoría de los vertebrados —incluyen-

do al ser humano— pueden ser colonizados por varios. Tan solo la cantidad de gusanos que infectan al ser humano es escalofriante: ¡se conocen 342 especies distintas! Se estima que la mitad de la población mundial alberga algún tipo de gusano, mientras que *Plasmodium*, el protozoario causante de la malaria, está presente en 200 a 300 millones de personas, haciendo de esta grave enfermedad uno de los principales problemas de salud a nivel mundial.



Ilustraciones: Luci Cruz Wilson

Las infecciones parasitarias son particularmente abundantes en países tropicales y subtropicales. Por una parte, es ahí donde las condiciones ambientales son más propicias para la supervivencia y la transmisión de los parásitos. Por la otra, es en la región caliente del planeta donde se localiza la mayor parte de las naciones subdesarrolladas que por desgracia no tienen acceso a condiciones sanitarias y médicas suficientes.

Variados como son, algunos parásitos habitan en el exterior de sus víctimas (ectoparásitos), mientras que otros lo hacen en el interior (endoparásitos). Algunos viven todo el tiempo en un sólo sitio; otros migran en el interior del organismo infectado; un tercer tipo infecta dos o más animales a lo largo de su ciclo de vida. En todos los casos el paso del parásito de un organismo a otro, llamado transmisión, es un momento crucial para su supervivencia; obviamente, en cuanto aumenta la complejidad del ciclo de vida se incrementa también el riesgo. Como ejemplo de un parásito que únicamente infecta a un hospedero tomemos el caso de los gusanos que colonizan las branquias de los peces: los gusanos adultos liberan huevecillos, éstos se incuban en el lecho del río o lago y cuando eclosionan, las larvas cierran el ciclo al infectar nuevos peces.

Contra los seres humanos

Al ser humano lo parasita, entre otras muchas especies, un gusano conocido como solitaria, la *Taenia solium*, que se ancla a la pared del intestino mediante afilados ganchos y causa inflamación de la misma. También lo hace otro gusano, la *Fasciola hepatica* que, como su nombre lo indica, se aloja en el hígado y libera infinidad de huevecillos en las venas, las cuales terminan por taponarse. Un ejemplo más es el protozoario causante de la enfermedad de Chagas, *Trypanosoma cruzi*, el cual se alberga en los músculos cardiacos, debilitándolos hasta que el hospedero muere con el corazón literalmente reventado.

El asunto de cómo controlar a estos parásitos se complica pues su vida adulta se desarrolla en el ser humano, pero durante su ciclo de vida las tres especies infectan otros animales. Es decir, que el humano es el hospedero definitivo del parásito, pero este último necesita de otros

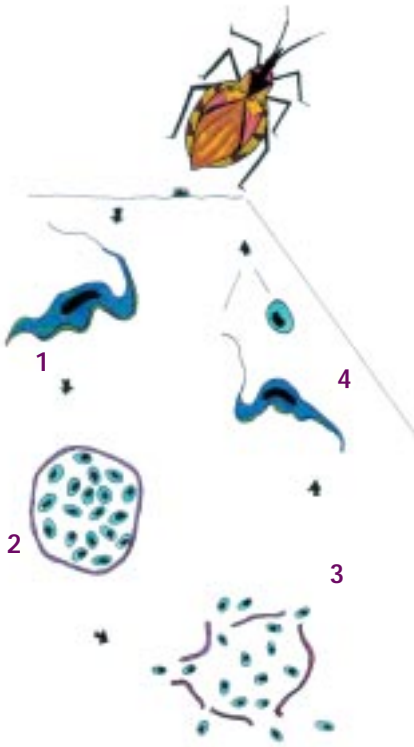


hospederos. Los dos gusanos, *Taenia* y *Fasciola*, producen huevecillos que llegan al medio ambiente. Una vez ahí, liberan larvas que infectan otro organismo, conocido como hospedero intermediario, pues únicamente alberga una etapa larvaria (intermedia) del parásito. En el caso de la *Taenia* el hospedero intermediario es el cerdo, que se infecta al comerse a los huevecillos; éstos liberan larvas que se alojan en los tejidos del cerdo y forman los así llamados cisticercos. El ciclo de

vida de la solitaria se cierra cuando una persona consume carne de cerdo con cisticercos, los que al entrar a su hospedero definitivo se desarrollan en gusanos adultos.

El segundo gusano presenta un ciclo similar. Cuando llegan al medio ambiente, los huevecillos de *Fasciola* liberan larvas infectivas que penetran a un caracol. Las larvas continúan su desarrollo dentro del molusco y después salen de él para fijarse a una superficie lisa, generalmente

Ciclo de vida de *Trypanosoma cruzi*, causante de la enfermedad de Chagas en el humano



1. La chinche besucona del género *Triatoma* es el vector del *Trypanosoma cruzi*; al succionar la sangre de un ser humano o un mamífero (conejo, armadillo o perro), defeca y en las heces va el parásito en su forma de tripomastigote, y el hospedero al rascarse lo introduce en la herida.
2. El tripanomastigote circula en la sangre y penetra en algunos tejidos donde se reproduce y toma la forma de amastigote.
3. La célula muere y libera los amastigotes que circulan por el torrente sanguíneo y toman de nuevo la forma de tripomastigote; y otros en su forma de amastigotes invaden otras células.
4. El vector o chinche besucona vuelve a alimentarse de sangre y en ella pueden ir los parásitos en cualquiera de sus formas. Dentro del vector estas se reproducen asexualmente y los tripomastigotes viajan al recto donde son desechados junto con las heces.

El *Trypanosoma cruzi* pasa por varias fases en su vida, en las que cambia de forma. Aquí se representan las dos principales: tripomastigote y amastigote

una hoja, aunque también pueden convertirse en quistes muy resistentes. El hospedero definitivo, ya sea ganado o el ser humano, se infecta al ingerir las larvas o los quistes.

El ciclo de vida de los protozoarios es un poco más complejo, pues a menudo requieren de un animal que los transporte de un hospedero a otro, como sucede con el *Trypanosoma cruzi*. Los parásitos adultos producen larvas infectivas que nadan en la sangre del ser humano, que es el hospedero definitivo, y son ingeridas por una chinche al momento de picar a la persona infectada. Dentro del insecto, los parásitos continúan su desarrollo y gracias a ello son capaces de infectar otro organismo, pues lo penetran cuando éste es picado por la chinche; en estos casos se dice que el insecto es el vector del parásito, pues lo lleva de un hospedero a otro. La forma en que el *Trypanosoma cruzi* se introduce en el hospedero es muy curiosa; primero este parásito es excretado en las heces de la chinche y cuando ésta pica a su víctima le

produce una lesión en la piel que da comezón, la víctima se rasca y entonces las heces, que llevan al parásito, entran al torrente sanguíneo.

Si la chinche portadora de tripanosomas pica a otro ser humano, se cierra el ciclo de vida. Pero de vez en cuando también pica a otros animales, como perros, gatos y roedores; estos animales aparentemente no se enferman, pero sirven de “depósito” o reservorio de parásitos. La existencia de reservorios de parásitos dificulta su control, pues incluso cuando se ha logrado curar a todos los pacientes humanos en cierta región, los vectores pueden iniciar de nuevo una infección al transmitir parásitos de los reservorios a los hospederos definitivos.

Tácticas de invasión

Durante la transmisión parasitaria, la larva debe retornar a un hospedero definitivo para completar su desarrollo. En el caso de los protozoarios el asunto es relativamente sencillo, pues las larvas úni-

camente tienen que aguardar a que el insecto vector pique a su próxima víctima. Para los gusanos el asunto es un tanto más enredado, pues generalmente es necesario que otro hospedero intermediario o el definitivo se coman al que porta la etapa larvaria. Pues bien, uno de los fenómenos más asombrosos de la biología ocurre cuando un hospedero intermediario es infectado por un parásito; ¡el segundo “convence” al primero de que se deje comer! Claro que ésta es una gran simplificación del asunto, lo cierto es que de algún modo el parásito modifica la conducta del hospedero intermediario y lo conduce a situaciones que favorecen que sea comido. Por ejemplo, algunos parásitos logran que los peces infectados nadan muy despacio cerca de la superficie, que las hormigas portadoras suban al extremo de las hojas del pasto o que los ratones les pierdan el miedo a los gatos; todos estos comportamientos anormales conducen a que el hospedero definitivo eventualmente se coma al intermediario y con ello se cierre el ciclo infeccioso.

Pero antes de manipular la conducta de un organismo infectado, los parásitos primero tienen que ser capaces de sobrevivir en él. Y esto no es trivial si consideramos que todos los seres vivos cuentan con sistemas defensivos sumamente eficaces, desde las sencillas bacterias hasta los vertebrados superiores y su complejo sistema inmune. Para eludir a los sistemas defensivos, los parásitos cuentan con diferentes estrategias. La primera consiste en evitar ser detectados por los mecanismos de vigilancia del hospedero. Para ello, pueden imitar (bioquímicamente) al hospedero y pasar desapercibidos. Si esto falla, simple y sencillamente se pueden robar las moléculas que identifican a las células y tejidos del animal infectado como propios y así se “disfrazan” como si fueran parte del mismo. En otros casos no evitan ser reconocidos por las células del sistema inmune, pero constantemente cambian de apariencia de tal modo que cuando se monta una respuesta enérgica contra —digamos— un parásito de aspecto X, éste ya cambió su conformación a Y que no es afectada por el ataque inmune.

Y vaya que los parásitos cuentan con un amplio “guardarropa”: por ejemplo, los tripanosomas tienen más de 1000 genes distintos con los que modificar su “vestimenta”. Estas estrategias evitan la confrontación con los sistemas defensivos; pero los parásitos no se la pasan escapándose, sino que también modifican la respuesta del hospedero. En primera instancia, pueden modular la inmunidad de tal modo que o bien no sea dañina por leve, o porque el tipo de defensa iniciada de plano no sea efectiva contra ellos. Me explico. El sistema inmune de los mamíferos puede atacar a sus agresores principalmente por medio de células (glóbulos blancos especializados) o mediante anticuerpos que circulan en el torrente sanguíneo. Pues bien, de algún modo que distamos mucho de comprender cabalmente, los parásitos que serían destruidos por las células consiguen que la respuesta inmune sea sobre todo mediada por anticuerpos y viceversa. Así, los cisticercos inducen la producción de anticuerpos pero éstos aparentemente no los dañan; pero si se estimula artificialmente al hospedero intermedio para que sus células inmunes ataquen al parásito, éste es destruido rápidamente. Las artimañas parasitarias van más allá, pues no únicamente son capaces de desviar respuestas inmunes específicas, también pueden suprimirlas. La cuestión en verdad es asombrosa, pues los parásitos no “apagan” al sistema defensivo en general, sino que primordialmente desactivan a los componentes que serían dañinos para ellos. Si nosotros supiéramos cómo lograr esto, ya no tendríamos problemas para trasplantar órganos...

Lo que nos han enseñado

Lo cierto es que gran parte de nuestro conocimiento sobre el sistema inmune de los vertebrados superiores viene del estudio de los parásitos. Este sistema se basa en una variedad de células (casi todas parecidas a los glóbulos blancos) que patrullan el organismo y una serie de productos que secretan tanto para comunicarse entre sí como para atacar a los invasores; dada la diversidad de tipos celulares y de

señales involucrados en las respuestas inmunes el circuito de interacciones resultante es apabullante. Pues bien, los parásitos que son capaces de “apagar” ciertos “interruptores” en este circuito han sido de gran utilidad para estudiar qué pasa – ¡o deja de pasar! – cuando esto ocurre; al igual que mediante el estudio de los mutantes se determina para qué sirve un gene, del análisis de las manipulaciones que los parásitos hacen al sistema inmune se ha descubierto la función de varios de sus componentes. Los parásitos llevan a cabo sus manipulaciones a través de distintas sustancias químicas que interfieren con las respuestas inmunes normales: por ejemplo, lo pueden hacer al destruir los anticuerpos; imitando señales químicas del hospedero; suprimiendo o sobreestimando respuestas particulares; bloqueando los receptores que les permiten a las células comunicarse con su entorno y otras células; induciendo cambios hormonales del hospedero, etc. Los mecanismos de supervivencia de los parásitos son impresionantes y muy variados, quizá por ello una buena proporción de la investigación biomédica en todo el mundo está dedicada a la parasitología.

No es fortuito el hecho de que los parásitos manipulen los sistemas defensivos de los hospederos: son una forma de vida muy antigua y el filo implacable de la evolución los ha perfeccionado a lo largo de milenios. Además, consideremos que suprimir la inmunidad del hospedero es un asunto delicado; hacerlo indiscriminadamente es probable que resultara en la muerte del hospedero, lo que dejaría al parásito sin hogar y sin oportunidad de crecer y reproducirse, que es el fin último de todo ser vivo. Quizá en este momento sea preciso recordar que el hábitat de los parásitos —el hospedero— está vivo y es capaz de responder a ellos. A corto plazo, los organismos infectados ensayan distintas armas de su arsenal defensivo. A la larga, también los hospederos están sujetos a la selección natural y las generaciones sucesivas evolucionan nuevas estrategias para incorporarlas a la lucha contra los parásitos... quienes desde luego a su vez desarrollan contraestrategias. Esto ha conducido a una verdadera —y antiquísima— “carrera armamentista”; el parasitismo es una de las más poderosas fuerzas evolutivas.

Además, y por sorprendente que pueda parecer, se piensa que el combate a los parásitos es una de las razones que justifican el sexo. Desde un punto de vista biológico, el sexo consiste en la mezcla y recombinación de la información genética de dos organismos. Así, la reproducción sexual resulta en descendientes que son genéticamente diferentes de sus padres. A la larga es ventajoso que una especie sea variada, pues la diversidad favorece que algunos individuos se adapten mejor que otros al siempre cambiante entorno y logren sobrevivir. Lo mismo se aplica a la



interacción con los parásitos, pues la diversidad genética genera un hábitat inconstante que colonizar, ¡con suerte uno que no se pueda invadir!

Como hemos visto, todo indica que los parásitos, nuestros más íntimos vecinos, en gran medida han forjado la vida como la conocemos. Su estudio nos ha brindado mucha información acerca de nuestro sistema inmune, de la evolución de la vida en el planeta, de la profusa existencia del sexo... espero que esto los haya convencido de mi peregrina idea de que son; fascinantes! 🐛

Miguel Rubio obtuvo la licenciatura en investigación biomédica básica en la UNAM y actualmente realiza estudios de posgrado en la Universidad de Bristol, Gran Bretaña.