

# THOMAS KUHN Y LA HELMINTOLOGÍA\*

MARTÍN ORENSANZ

Universidad Nacional de Mar del Plata - CONICET

martin7600@gmail.com

## Resumen

La filosofía de la ciencia de Kuhn se ha utilizado en distintas áreas de la biología, y aquí examinamos la posibilidad utilizar dicha filosofía en la helmintología. Ofrecemos dos posibles interpretaciones de la historia de esa disciplina. En la primera de ellas, utilizamos únicamente los conceptos de la primera etapa de la obra de Kuhn. En la segunda interpretación, hacemos uso de los conceptos de matriz disciplinaria y ejemplar. Según la primera interpretación, la etapa preparadigmática de la helmintología se inició entre los siglos XVI y XVII inclusive, y continuó hasta la segunda mitad del siglo XIX, época en donde la helmintología adquiere su primer paradigma. Desde el punto de vista de la segunda interpretación, la primera matriz disciplinaria de la zoología fue inaugurada por Aristóteles, quien también proporcionó el primer “ejemplar” para el estudio de los helmintos.

**PALABRAS CLAVE:** Thomas Kuhn; Helmintología; Paradigma; Ejemplar; Matriz disciplinaria.

## Abstract

Thomas Kuhn's philosophy of science has been used in several areas of biology, and here we examine the possibility of applying kuhnian philosophy to helminthology. We offer two possible interpretations of the history of that discipline. In our first interpretation, we only use the concepts Kuhn introduces in the first stage of his works. In the second interpretation, we use the concepts of disciplinary matrix and exemplar. According to the first interpretation, the pre-paradigmatic period of helminthology started between the 16<sup>th</sup> and 17<sup>th</sup> centuries, and continued up until the second half of the 19<sup>th</sup> century, when helminthology acquired its first paradigm. From the point of view of the second interpretation, the first disciplinary matrix for zoology was inaugurated by Aristotle, who also delivered the first exemplar for the study of helminths.

**KEY WORDS:** Thomas Kuhn; Helminthology; Paradigm; Exemplar; Disciplinary Matrix.

\* Este trabajo fue posible gracias al financiamiento de una Beca Interna Doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) otorgada al autor (período 2015-2019), y a un subsidio otorgado al Laboratorio de Zoonosis Parasitarias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, por parte de dicha Universidad (período 2014-2015). El código del subsidio de la UNMdP es EXA668/14; y el del CONICET es: PIP N° 0029.

El autor también agradece al Dr. Guillermo Denegri por sus comentarios, críticas y sugerencias a este trabajo.

## Introducción

Varios investigadores han examinado la posibilidad de interpretar las principales ramas de la biología utilizando la filosofía de la ciencia de Thomas Kuhn, incluyendo la biología molecular (Olby 1974, 1994; Strohman 1997), la ecología (Pickett, Parker y Fiedler 1992; Krebs 1995; Graham y Dayton 2002; Paine 2002), la teoría evolutiva (Ruse 1979, 1989, 2005), la genética (Weiss 1996), la microbiología (O'Malley y Boucher 2005) y la parasitología (Ewald 1995; Poulin 2000; Dreyer, Mattos, Figueredo-Silva y Norões 2009). También se ha examinado la posibilidad de recurrir a la filosofía de Kuhn para analizar la historia de la medicina veterinaria (Schwabe 1982) y la epidemiología (Bophal 1999). Nuestra intención aquí es examinar la posibilidad de utilizar los conceptos de Kuhn para interpretar la historia de la helmintología, la disciplina que estudia a los gusanos parásitos, también llamados "helminchos". Estos incluyen especies representativas de los phyla de los platelmintos, nematodos, acantocéfalos, anélidos y nematomorfos (Grove 1990). Algunos trabajos, como los de Ewald (1995), Poulin (2000), y Dreyer *et al.* (2009) han utilizado la filosofía de Kuhn para abordar el estudio de la helmintología, pero todos ellos han enfocado episodios puntuales del siglo XX. Ninguno de ellos ha intentado reconstruir toda la historia de la helmintología utilizando el esquema de etapa preparadigmática, ciencia normal, crisis, revolución científica y nueva etapa de ciencia normal.

Por otra parte, hay varios trabajos en torno a la historia de la parasitología en general, donde se incluye a la helmintología (Amici 2001, Cordero del Campillo 1989, Cox 2002, Enigk y Habil 1989, Grove 1990, Hoeppli 1956, Touratier 1989) pero ninguno de ellos ha intentado reconstruir esa historia empleando la filosofía de Thomas Kuhn. De manera que la interpretación kuhniana de la historia de la helmintología es un tema muy poco explorado. Aquí no nos detendremos en una especie particular de helminchos o en un grupo de ellos, sino que examinaremos los principales momentos históricos de la helmintología utilizando los criterios de Kuhn. Veremos, entonces, si en helmintología es factible hablar de paradigmas, matrices disciplinarias y revoluciones científicas, entre otros conceptos clave de la obra del filósofo en cuestión. Pero primero resumiremos algunos trabajos en donde se ha utilizado la filosofía de la ciencia de Kuhn en distintas ramas de la biología, y también mencionaremos algunos trabajos (Mayr 1994, Wilkins 1996) donde se sostiene que la filosofía de Kuhn es inaplicable a la biología.

## La filosofía de la ciencia de Kuhn utilizada en distintas ramas de la biología

Fue Kuhn mismo quien sugirió por primera vez que la historia de la biología se podría llegar a estudiar con los conceptos que introdujo en *The Structure of Scientific Revolutions*. Puntualmente, Kuhn sostuvo que la biología habría adquirido sus primeros paradigmas en una época reciente. Respecto de los desacuerdos que caracterizan a la etapa preparadigmática de las distintas ciencias, Kuhn dice:

Sugiero que desacuerdos fundamentales similares caracterizaron, por ejemplo, el estudio del movimiento antes de Aristóteles y de la estática antes de Arquímedes, el estudio del calor antes de Black, de la química antes de Boyle y Boerhaave, y de la geología histórica antes de Hutton. En algunas partes de la biología –el estudio de la herencia, por ejemplo– los primeros paradigmas universalmente recibidos son todavía más recientes; y sigue siendo una pregunta abierta qué partes de las ciencias sociales han adquirido paradigmas, si es que los han adquirido. (Kuhn 1970, p. 15, la traducción del inglés es nuestra.)

En cuanto al estudio de la herencia en las distintas partes de la biología, Kuhn probablemente se esté refiriendo tanto a Darwin como a Mendel, ambos del siglo XIX. Antes de Darwin, Lamarck había postulado que los caracteres adquiridos se heredan, mientras que Darwin sostuvo que más bien se heredan las “variaciones” con las que algunos individuos nacen. Mendel, por su parte e independientemente de Darwin, inició el estudio cuantitativo de la herencia mediante los famosos experimentos que realizó con guisantes, donde determinaba qué probabilidades había de que la siguiente generación heredase los “caracteres” de sus antecesores.

Siendo así, la etapa preparadigmática para la biología se extiende desde el siglo XIX hasta algún momento del pasado, que Kuhn no especifica. En el *Postscript* a la segunda edición (Kuhn 1970), Kuhn recurre a varios conceptos darwinianos para elucidar algunas características de su propio proyecto historiográfico y filosófico.

Olby (1974) en su libro *The Path to the Double Helix: The Discovery of DNA* aplicó la filosofía de la ciencia de Kuhn a la historia de la biología molecular y, más precisamente, al descubrimiento de la estructura de la molécula del ADN por parte de Crick y Watson. Dos décadas después, el libro tuvo una segunda edición (Olby 1994). Según

Olby (1974), hubo un cambio de paradigma en la biología molecular que, a grandes rasgos, se puede resumir de la siguiente manera: en la primera mitad del siglo XX, el paradigma de la biología molecular afirmaba que la información genética estaba contenida en las proteínas. A partir de los trabajos revolucionarios de Watson y Crick en la década de los años 50, se estableció un nuevo paradigma, según el cual la información genética está contenida en la molécula del ADN. Sin embargo, Olby también muestra que esos paradigmas no estuvieron exactamente separados como lo sugiere el concepto de “incommensurabilidad” del que habla Kuhn. Olby (1994), en el postfacio a la segunda edición de su libro, le dedica varios párrafos a la clarificación de esa idea.

Ruse (1979) utilizó la filosofía de la ciencia de Kuhn para escribir su libro *The Darwinian Revolution: Science Red in Tooth and Claw*. Como lo reconoció años después el mismo Ruse (2005), su libro de 1979 fue en gran parte un intento de ofrecer una interpretación de la obra de Darwin teniendo en cuenta el libro de Kuhn sobre la revolución copernicana (Kuhn 1957), de allí la similitud de ambos títulos. A pesar de la admiración que Ruse sentía por Kuhn, en varias ocasiones intentó mostrar que el caso de Darwin no se ajustaba perfectamente al esquema histórico que Kuhn había planteado en *The Structure of Scientific Revolutions* (Ruse 2005). Después de publicar su libro acerca de la revolución darwiniana, Ruse siguió explorando las relaciones entre la biología y la filosofía de Kuhn en otros trabajos; por ejemplo, en su colección de ensayos que lleva por título *The Darwinian Paradigm* (Ruse, 1989). Esa exploración dio como resultado una defensa de la filosofía de la ciencia de Kuhn en base a un estudio minucioso de la geología y de la biología. En el caso de la biología, Ruse (1989, pp. 94-95) sostiene que la teoría del equilibrio puntuado desarrollada por Gould y Eldredge en el siglo XX difiere en varios aspectos de la teoría darwiniana, dado que posiblemente representan dos paradigmas distintos. Sin embargo, Ruse indica que esa diferencia no cumple con todas las características que Kuhn le atribuye a la diferencia entre paradigmas. Dice al respecto: “Sugiero que estamos frente a una diferencia entre paradigmas en algunos de los sentidos que indica Kuhn, pero no en todos ellos” (Ruse 1989, p. 94, la traducción del inglés es nuestra). Para nuestra investigación, ese resultado es relevante porque nos muestra que incluso un gran admirador de Kuhn como Ruse, que utiliza los conceptos kuhnianos para examinar la biología y la geología, se ve en la necesidad de declarar que hay ciertos casos puntuales en la historia de la biología que no se ajustan perfectamente a los conceptos de Kuhn.

Schwabe, en su artículo *The Current Epidemiological Revolution in Veterinary Medicine Part I* (1982), aplicó la filosofía de Kuhn a la medicina veterinaria y presentó un desarrollo histórico de la disciplina, identificando la etapa preparadigmática y cinco períodos subsiguientes de ciencia normal (con sus correspondientes momentos de crisis y revolución científica). El período preparadigmático se inició en algún momento remoto de la historia antigua, y se caracterizó por distintas explicaciones sobrenaturales acerca del origen de las enfermedades. En algún momento antes del siglo I d. C., terminó el período anterior con el surgimiento del primer paradigma de la “ciencia del manejo de los animales”. Ese primer paradigma reemplazó las explicaciones sobrenaturales de las enfermedades por una explicación basada en características ambientales, como los “miasmas”. Entró en crisis en el siglo I d. C., cuando no logró explicar la causa de muerte de los caballos de uso militar, que no estaban en contacto con los “miasmas” y otros factores ambientales. Se produjo una revolución científica en ese siglo con la adopción de un nuevo paradigma, que indicaba que el origen de las enfermedades se debía a desequilibrios humorales. Este nuevo paradigma se mantuvo en vigencia hasta el siglo XVIII, cuando entró en crisis al no poder explicar la “peste bovina” (*Rinderpest*). En 1762 surge un nuevo paradigma, y el origen de las enfermedades ahora se atribuía a desequilibrios del medioambiente producidos por la acción humana. Entró en crisis a fines del siglo XIX cuando no pudo explicar el origen de las zoonosis y de varias epidemias. Fue reemplazado en 1884 por el paradigma de los agentes infecciosos, gracias a los trabajos de Koch y otros investigadores pioneros de la microbiología. Finalmente, Schwabe indica que ese paradigma entró en crisis en la década de 1960, y que a partir de allí, fue reemplazado por uno nuevo, que indica que las enfermedades se producen por múltiples factores relacionados entre sí.

Picket *et al.* (1992) relacionaron la filosofía de Kuhn con la ecología, analizando sus implicaciones para la biología de la conservación. Sostienen que el paradigma anterior hacía demasiado énfasis en la conservación de las especies, y que el nuevo indica que no son solo las especies las que se deben conservar, sino que es necesario pensar en la conservación de taxones más amplios, como los géneros y las familias.

Mayr (1994) sostuvo que la filosofía de la ciencia de Kuhn no tiene utilidad en ninguna rama de la biología. Examinó una serie de ellas, incluyendo la macrotaxonomía, la teoría evolutiva, la ornitología, la genética y la biología molecular. Mayr afirma que en todas estas ramas ciertamente hubo revoluciones científicas, pero las características de esas revoluciones no se ajustan a la descripción que Kuhn hace

de ellas. Si aceptamos los conceptos de Kuhn, dice Mayr, entonces se puede constatar que en la historia de la biología han existido distintos paradigmas al mismo tiempo. Un ejemplo de ello, sostiene Mayr, es el caso de la teoría evolutiva de Darwin. A pesar de que se trató de una obra revolucionaria, no generó un consenso unánime en la comunidad científica correspondiente. Desde su publicación hasta la primera mitad del siglo XX, el paradigma de la selección natural, en tanto mecanismo principal de la evolución, convivía al mismo tiempo con al menos otros tres paradigmas: el saltacionismo, la ortogénesis y el lamarckismo (Mayr 1994, p. 332).

Ewald (1995) recurrió a la filosofía de Kuhn para examinar un caso puntual en la historia de la parasitología. Señala que en esa disciplina existía, hasta hace poco, un paradigma según el cual los parásitos mejor adaptados son aquellos que no le causan un daño al hospedador o, a lo sumo, causan un daño insignificante. Inversamente, aquellos parásitos que causan un daño considerable están pobremente adaptados al hospedador. Estas dos afirmaciones, dice Ewald, le permitían al paradigma antiguo declarar que los parásitos pobremente adaptados son filogenéticamente más antiguos, mientras que los parásitos mejor adaptados han evolucionado más recientemente. Ewald muestra que a fines del siglo XX ese paradigma fue reemplazado por otro. Una de las objeciones fundamentales al paradigma antiguo es la siguiente: los parásitos que causan un gran daño a sus hospedadores no están pobremente adaptados, sino todo lo contrario. El daño, o virulencia que producen está relacionado con el incremento de su *fitness* y, por lo tanto, con una mayor probabilidad de transmitir sus genes a sus descendientes. Según el nuevo paradigma, la selección natural favorece, en muchos casos, a los parásitos más dañinos o virulentos.

Wilkins (1996) nota que los ejemplos históricos de Kuhn están tomados de la astronomía, la física y la química. Este autor entonces se pregunta si en la biología hay revoluciones científicas tal como las entiende Kuhn. Examina tres casos: la teoría evolutiva de Darwin, la genética de Mendel, y el descubrimiento de la estructura del ADN que hicieron Watson y Crick. Wilkins sostiene que ninguno de estos tres casos se ajusta perfectamente a los esquemas de Kuhn. En el caso de Darwin, no hubo un consenso inmediato entre la comunidad científica de su momento. Es más, a fines del siglo XIX, ocurrió lo que Julian Huxley denominó “el eclipse del darwinismo”, es decir, que el número de sus adeptos estaba disminuyendo. Fue solo a partir de la teoría sintética de la evolución, desarrollada en la primera mitad del siglo XX, que el darwinismo resurgió y obtuvo una gran aceptación en la comunidad

de los biólogos. Por otra parte, el caso de Mendel tampoco se ajusta plenamente a los criterios de Kuhn, porque según Wilkins no hubo una diferencia de edad significativa entre los adeptos a la genética mendeliana y sus detractores. No se trató del surgimiento de un nuevo paradigma que hubiese encontrado partidarios en las nuevas generaciones, y cuya resistencia habría provenido de una suerte de “guardia vieja” que se habría mantenido fiel a un paradigma anterior. Finalmente, Wilkins dice que el caso del descubrimiento de la estructura del ADN gracias a las investigaciones de Watson y Crick tampoco se ajusta al esquema de Kuhn, porque no hubo un paradigma anterior que hubiese entrado en crisis. Tampoco hubo una etapa preparadigmática dominada por debates entre distintas escuelas. Antes bien, dice Wilkins, había un vacío conceptual. El descubrimiento de la estructura del ADN directamente inauguró una nueva área de estudios.

Matzke y Matzke (1997), en respuesta a Wilkins (1996), estuvieron de acuerdo en que los tres casos presentados por este último no se ajustan plenamente a los criterios de Kuhn. Sin embargo, presentan otro caso que, según ellos, sí cumple con esos criterios. Se trata de la teoría quimiosmótica de Peter Mitchell, propuesta por primera vez en 1961. Inicialmente, la teoría encontró bastante resistencia, pero al cabo de más de una década, fue aceptada por la comunidad científica y Mitchell recibió el Premio Nobel en 1978 por su propuesta.

Strohman (1997) también estuvo de acuerdo con Wilkins (1996) en que los casos de Darwin, Mendel, y Watson y Crick no se ajustan del todo a los criterios de Kuhn. Pero agrega que a partir del trabajo de Watson y Crick, se constituyó un primer paradigma para la biología molecular. Puntualmente, dice que el paradigma se reduce a un determinismo genético, donde todas las características de un ser vivo son explicadas a partir de su genética y, en última instancia, a partir de su biología molecular. Este paradigma, dice Strohman, se enfrenta a algunas anomalías, porque no todos los aspectos de un ser vivo se pueden explicar exclusivamente en base a su genética o sus biomoléculas.

Poulin (2000) utilizó la filosofía de Kuhn para analizar un aspecto puntual en la parasitología, e indicó que es posible considerar como un paradigma la hipótesis de la manipulación del comportamiento del hospedador por parte de sus parásitos. Sin embargo, Poulin muestra que ese paradigma se ha debilitado en los últimos años. El motivo no es que no exista el fenómeno en cuestión, ciertamente existe. El paradigma se ha debilitado porque se han realizado investigaciones, que Poulin reseña, donde se muestra que sus efectos no están tan extendidos como previamente se suponía. Por ejemplo, en los acantocéfalos se

trata de una característica bien documentada, pero no tanto en otros parásitos. Por este motivo, Poulin sostiene que no está ocurriendo un cambio de paradigmas al estilo de Kuhn, en torno a los estudios del comportamiento alterado de los organismos infestados con parásitos, sino que se está refinando el actual cuerpo de conocimientos mediante la resolución de casos que en primera instancia podrían haber aparecido como anomalías.

Graham y Dayton (2002) afirmaron que la filosofía de la ciencia de Kuhn es útil para la ecología, ya que su énfasis en la historia de la ciencia incentivaría al ecólogo a interesarse por la historia de su propia disciplina. Sostienen que es necesario entender cómo se han desarrollado las principales ideas en la historia de la ecología, y que esto le puede brindar al ecólogo varias herramientas conceptuales para realizar mejores contribuciones a su disciplina.

Dreyer, Mattos, Figueredo-Silva y Norões (2009) recurrieron a los conceptos de Kuhn para estudiar un caso puntual dentro de la helmintología, el de la filariosis bancroftiana. Sostuvieron que hubo un paradigma anterior al respecto, según el cual el nematode parásito *Wuchereria bancrofti* causa obstrucciones linfáticas en su estado adulto, y esto produciría una respuesta inmunitaria de los individuos afectados, resultando en la elefantiasis. Este paradigma, dicen los autores, ha sido reemplazado por uno nuevo, según el cual *Wuchereria bancrofti* no necesariamente produce obstrucciones linfáticas, porque hay bacterias asociadas a ese padecimiento que parecen ser las responsables de su ocurrencia. Esto se podría contrarrestar mediante una higiene apropiada que eliminase las bacterias en cuestión, por ejemplo, a través del uso continuo de agua y jabón. Quizás pueda parecer exagerado recurrir a la filosofía de Kuhn para un caso tan puntual, pero es necesario recordar que los “ejemplares” [*exemplars*] o paradigmas en sentido estricto son altamente especializados, y a veces la comunidad científica que los comparte puede ser también muy especializada (Kuhn 1970).

A los trabajos anteriores se podrían agregar muchos otros, como por ejemplo el de Krebs (1995) y el de Paine (2002), ambos en torno a la ecología, el de Weiss (1996) acerca de la genética, el de Bophal (1999) sobre la epidemiología, y el de O'Malley y Boucher (2005) acerca de la microbiología. Nuestra intención aquí no es examinar exhaustivamente toda la literatura especializada en donde se ha utilizado la filosofía de la ciencia de Kuhn para cada rama de la biología. Un trabajo semejante excedería por completo el marco de este artículo. Solamente queremos ofrecer una muestra variada y representativa de cómo se ha utilizado

la filosofía de Kuhn en diversas ramas de la biología. Casi todos estos trabajos han modificado la propuesta kuhniana en alguna medida. Otros, como Mayr (1994) y Wilkins (1996) directamente rechazan la filosofía de Kuhn para la biología.

Los trabajos que han utilizado la filosofía de Kuhn para abordar la parasitología en general y la helmintología en particular, como los de Ewald (1995), Poulin (2000), y Dreyer *et al.* (2009), solo se han enfocado en algunos episodios puntuales en la historia de la helmintología, pero no han intentado ofrecer una reconstrucción completa de la historia de dicha disciplina utilizando los conceptos de Kuhn. A continuación presentaremos una posible reconstrucción de la historia de la helmintología recurriendo a los conceptos de la primera etapa intelectual de Kuhn, siguiendo el esquema que presenta en *The Structure of Scientific Revolutions*. Por lo tanto, cuando utilicemos el término “paradigma”, no haremos una distinción entre “matriz disciplinaria” y “ejemplar” [*exemplar*]. Más adelante, presentaremos una segunda interpretación de la historia de la helmintología donde haremos uso de esos conceptos que Kuhn introduce en su obra tardía, precisamente en el *Postscript* a la segunda edición del libro en cuestión (Kuhn 1970) y en su escrito “Second Thoughts on Paradigms” (Kuhn 1977, pp. 293-319).

### **La historia de la helmintología según la filosofía de la ciencia de Kuhn: una posible reconstrucción utilizando los conceptos de la primera edición de *The Structure of Scientific Revolutions***

En otro trabajo hemos examinado los principales acontecimientos en la historia de la helmintología desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia de Imre Lakatos (Orensanz y Denegri 2017). Aquí hemos vuelto a examinar los mismos acontecimientos, pero esta vez recurriendo a los conceptos que Kuhn (1962) introduce en la primera edición de *The Structure of Scientific Revolutions*. Hay dos motivos por los cuales hemos tenido en cuenta los mismos acontecimientos históricos en ambos trabajos.

En primer lugar, porque consideramos que la historia de la helmintología es una sola; es decir, que el material histórico con el que trabajan los historiadores y los filósofos de la ciencia es el mismo. Por ejemplo, el hecho de que Aristóteles haya escrito acerca de los helmintos es un acontecimiento histórico. Sin embargo, el modo en que se interpretan esos escritos varía según la propuesta epistemológica. Desde el punto de vista de la filosofía de Lakatos, Aristóteles habría

inaugurado un programa de investigación científica en zoología, mientras que desde el punto de vista de Kuhn, habría inaugurado un paradigma o una matriz disciplinaria para dicha rama de la biología.

En segundo lugar, hemos seleccionado los mismos acontecimientos debido a la conocida similitud que existe entre la propuesta de Lakatos y la de Kuhn. Ambos autores se han ocupado de los mismos acontecimientos en la historia de la ciencia. Por ejemplo, ambos analizan minuciosamente el pasaje de la astronomía ptolemaica a la copernicana, y ambos autores también analizan la historia de la física cuántica. Nos parece que para mantenernos en sintonía con esa similitud que existe entre sus obras, lo adecuado es utilizar los mismos acontecimientos de la historia de la helmintología para luego determinar, por comparación, qué similitudes y diferencias habría entre la interpretación lakatosiana y la kuhniana de dichos acontecimientos.

La primera etapa que tenemos que identificar es la que Kuhn denomina “preparadigmática” (Kuhn 1962). La etapa preparadigmática de cualquier ciencia siempre tiene un comienzo, porque las comunidades científicas no han existido desde siempre. Si bien Kuhn dice que la adquisición de un paradigma inicia un período de “ciencia normal”, esto no significa que dé inicio a una comunidad científica. En todo caso, da inicio al período de ciencia normal de una comunidad, pero no inaugura la comunidad en sí. Antes de la adquisición de su primer paradigma, existe una comunidad de investigadores que se dedican a estudiar un mismo fenómeno, pero lo interpretan de maneras distintas. Además, en la etapa preparadigmática existen distintas corrientes o escuelas, que pueden mantener distintas hipótesis y teorías sin que estas sean aceptadas de manera unánime por toda la comunidad. Cada corriente o escuela puede tener sus propios principios filosóficos, y gran parte del debate que estas distintas corrientes mantienen entre sí involucra una constante defensa de esos principios filosóficos.

En el caso de la helmintología, consideramos que la primera comunidad científica se forma en el transcurso que va desde el siglo XVI hasta el siglo XVII inclusive. No es que no existiera un conocimiento de los helmintos antes de esa fecha; ciertamente existía, ya que autores antiguos como Hipócrates, Aristóteles, Teofrasto, Plinio el Viejo y Galeno habían identificado varias especies de helmintos y habían hecho las primeras descripciones anatómicas de los mismos. Además, los habían clasificado en algunos pocos grupos. Pero el punto crucial es que el estudio de los helmintos, desde la Antigüedad grecorromana hasta la Modernidad temprana, no había sido llevado a cabo por una comunidad especializada de investigadores que se dedicara exclusivamente a ellos.

No había tal comunidad. Antes bien, el estudio de los helmintos se realizaba siempre en el contexto mayor de una investigación acerca de los animales en general. Como tal, solamente era una suerte de “pequeño capítulo” dentro de la zoología o de la “historia de los animales”.

En el siglo XVI, por primera vez, aparecen estudios dedicados íntegramente a los helmintos. Los primeros de ellos son los de Ippolito Brilli, escrito en 1540; y el de Girolamo Gabucino, de 1547 (Amici 2001, p. 8). Ambos fueron escritos en latín. El libro de Brilli se titula *Opusculum de verminibus in corpore humano genitis*, y es un tratado acerca de los helmintos que se encuentran en el intestino de los seres humanos. El libro de Gabucino se titula *De lumbricus alvum occupantibus, ac de ratione curandi eso, qui ab illis infestantur, commentarius*. Es “el primer tratado de parasitología” según Amici (2001, p. 8), y allí Gabucino describe varios tipos de helmintos que parasitan tanto a los seres humanos como a los animales domésticos.

Otros autores continuaron con la tradición aristotélica de incluir algunos comentarios acerca de los helmintos siempre en el contexto de una obra zoológica mayor, pero los textos de Brilli y de Gabucino marcan un modesto “antes y después”, ya que son los primeros tratados dedicados exclusivamente a los helmintos. A partir de ese momento, y paralelamente a los grandes trabajos sobre zoología que se siguieron redactando, comenzarán a aparecer cada vez más trabajos dedicados exclusivamente a los helmintos. En este sentido, en el siglo XVII se destacan las contribuciones de William Ramsay, Francesco Redi, Edward Tyson y Antonie van Leeuwenhoek.

Según Grove (1990), en el siglo XVII aparece por primera vez el término “helmintología”, en la obra de Sir William Ramsay titulada *Elminthologia* (Ramsay 1668). Ramsay utilizaba un inglés antiguo; hoy en día la disciplina en cuestión se llama *Helminthology* en inglés. Ese tratado de Ramsay está íntegramente dedicado a los helmintos, y en eso se diferencia de la *Historia de los Animales* de Aristóteles, por ejemplo, donde los helmintos solamente son una pequeña parte de una obra zoológica mayor.

Francesco Redi llevó a cabo unos experimentos que luego se hicieron célebres, demostrando por primera vez que las moscas y las larvas que se observan en la carne podrida no surgen por generación espontánea, sino que nacen a partir de huevos que fueron depositados en la carne por moscas progenitoras. Entre los experimentos que realizó, podemos mencionar el siguiente. Redi preparó varios recipientes, donde colocó trozos de carne en cada uno de ellos. Algunos de estos recipientes fueron completamente sellados, mientras que dejó abiertos a los otros.

Al cabo de unos días, observó que había larvas y moscas en la carne de los recipientes que fueron dejados abiertos. En cambio, en aquellos que se mantuvieron cerrados, no se observaron ni larvas ni moscas en la carne. Redi concluyó de ahí que las larvas y las moscas no surgen espontáneamente a partir de la carne podrida. Pero Redi no rechazó por completo la teoría de la generación espontánea. Sostuvo que en las agallas de las plantas surgen insectos de manera espontánea, gracias a una fuerza vital inherente a la propia planta. Estos insectos, según él, nacen dentro de la agalla, se desarrollan, y finalmente salen de ella. Por otra parte, también sostuvo que los gusanos parásitos, tales como las lombrices solitarias y las duelas, surgen de manera espontánea en el cuerpo del animal donde se las encuentran. Las lombrices solitarias, para Redi, surgen espontáneamente en el intestino (Redi 1688/1909)

Edward Tyson conoció la obra de Redi y escribió una serie de artículos sobre los helmintos. Diseccionó varios perros y extrajo de ellos algunas lombrices solitarias. Además, también diseccionó a varios nematodos parásitos y observó su anatomía interna con el microscopio. Pudo demostrar por primera vez que los nematodos tienen órganos sexuales. Siendo así, Tyson sostuvo que los nematodos no surgen por generación espontánea sino por reproducción sexual en el intestino del hospedador. Considerando lo anterior, Tyson rechazó por completo la teoría de la generación espontánea. En este sentido, fue un paso más allá de Redi, pero solo logró ofrecer una explicación satisfactoria para la generación de los nematodos. En cambio, no pudo llegar a una explicación del origen de las lombrices solitarias, pero de todas maneras, rechazó la idea de que surgen por generación espontánea (Tyson 1683).

Leeuwenhoek también rechazó la teoría de la generación espontánea y sostuvo que los helmintos ingresan al cuerpo del hospedador desde el medio externo. Leeuwenhoek era preformacionista, es decir, adhería a la teoría de que los seres vivos se desarrollan aumentando gradualmente de tamaño a partir de una versión idéntica pero en miniatura. Así se generaban los helmintos, supuestamente. Para contrastar este punto de vista, se dispuso a analizar una parcela donde pastaban algunas ovejas, donde Leeuwenhoek creía que había duelas (trematodos) en miniatura. Pero tras conseguir varias muestras de esa zona, y luego de haberlas examinado al microscopio, no encontró ninguna duela en miniatura. Sin embargo, y al igual que Tyson, siguió rechazando la teoría de la generación espontánea (Leeuwenhoek 1800).

En el período que va desde la publicación de los trabajos de Brilli y Gabuccino hasta los trabajos de Ramsay, Redi, Tyson y Leeuwenhoek, se conforma la primera comunidad de especialistas dedicados a estudiar

a los helmintos como un tema en sí mismo y no solamente como un “pequeño capítulo” dentro del contexto más amplio de una investigación acerca de los animales en general. Con la formación de esta comunidad se inicia el período preparadigmático de la helmintología. Ese período se extenderá hasta la segunda mitad del siglo XIX, momento en el que la helmintología adquiere su primer paradigma y, por lo tanto, entra por primera vez en un período de “ciencia normal”.

¿Por qué situamos el comienzo de la etapa preparadigmática en la Modernidad temprana y no antes? ¿Acaso la *Historia de los animales* de Aristóteles no puede haber sido el primer paradigma de la biología, o de la zoología? Con respecto a la primera pregunta, nos parece que situar el comienzo de la etapa preparadigmática entre los siglos XVI y XVII y el de la etapa de ciencia normal a fines del siglo XIX, está en consonancia con lo que dice Kuhn acerca de la biología. Como habíamos visto, Kuhn sostiene que la biología habría adquirido sus primeros paradigmas en épocas muy recientes. Siendo así, al considerar el caso de la helmintología, creemos que estamos en consonancia con Kuhn cuando situamos la adquisición de su primer paradigma en el siglo XIX.

Con respecto a la segunda pregunta que planteamos, ciertamente sería posible que Aristóteles hubiese iniciado el primer paradigma de la biología o de la zoología. Dentro de ese paradigma, habría habido un pequeño lugar reservado para los helmintos. Kuhn no parece haber considerado la posibilidad de que el primer paradigma biológico se haya iniciado en épocas antiguas. Pero lo cierto es que Kuhn no escribió demasiado acerca de la historia de la biología. Tan solo retomó algunos conceptos darwinianos en su segunda etapa, con el fin de extrapolarlos y utilizarlos en su filosofía de la ciencia. Pero, aun así, no se ocupó de determinar exhaustivamente la historia de la biología utilizando su esquema de etapa preparadigmática, ciencia normal, crisis, revolución científica y nueva etapa de ciencia normal.

Dicho esto, volvamos a nuestra reconstrucción de la historia de la helmintología con los conceptos de la filosofía de la ciencia de Kuhn. ¿Qué características tenía el período preparadigmático de la helmintología? ¿Cuántas escuelas o corrientes había dentro de la comunidad de helmintólogos, y qué teorías y principios filosóficos mantenían? Estas son algunas de las preguntas que se pueden formular respecto del período en cuestión.

Para empezar, entre las características del período preparadigmático que estamos analizando, podemos mencionar las siguientes. Los helmintos se describían de acuerdo a su morfología externa, se indicaba en qué lugar del cuerpo del hospedador se

encuentran (intestino, hígado u otros órganos) y se los clasificaba en algunas pocas clases o grupos. Estas tres actividades habían sido heredadas de la tradición aristotélica, ya que desde Aristóteles en adelante se las utilizó para estudiar a los helmintos. Además de estas, a partir del siglo XVII se incorporan nuevos métodos de estudio. En primer lugar, se comenzó a utilizar el microscopio para observar a los helmintos. Ramsay, Redi, Tyson y Leeuwenhoek, entre otros, hicieron uso de ese instrumento. En segundo lugar, comenzaron a hacerse una gran cantidad de dibujos anatómicos y de ilustraciones de los helmintos. Redi, por ejemplo, hizo cientos de estos dibujos en su libro *Osservazioni intorno agli animali viventi che si trovano negli animali viventi* (Redi 1684). En tercer lugar, se comenzó a diseccionar a los helmintos y a estudiar su morfología interna. Anteriormente, los autores de la tradición aristotélica se habían limitado a hacer descripciones de la morfología externa de los helmintos, pero en la Modernidad temprana se comenzó a estudiar su morfología interna, mediante la disección y la observación al microscopio. Por otra parte, las distintas corrientes o escuelas del período preparadigmático tenían, cada una, sus propias explicaciones acerca del origen de los helmintos y de su presencia en el cuerpo de los hospedadores. Veremos este punto en detalle más adelante. Por ahora, resta mencionar que en esa época no se hacían experimentos con los helmintos, salvo que consideremos a las disecciones como “experimentos”. Los experimentos en el sentido fuerte del término comenzaron a fines del siglo XVIII con Peter Christian Abildgaard, pero se volverían realmente cruciales para la helmintología recién en la segunda mitad del siglo XIX con Friedrich Küchenmeister (Grove 1990).

Se podría objetar lo anterior aduciendo los experimentos que Redi hizo con la carne podrida contenida en frascos cerrados. Redi ciertamente experimentó con las larvas de distintas especies de insectos, pero nunca experimentó con los helmintos que se encuentran en el cuerpo de los hospedadores. Los primeros experimentos helmintológicos consistían en administrar larvas de helmintos a distintos animales a través de su alimento. Luego se dejaba pasar un tiempo, se le daba muerte al animal, y se lo diseccionaba para ver si las larvas se habían convertido en helmintos adultos. Peter Christian Abildgaard fue el primer en hacer este tipo de experimentos a fines del siglo XVIII y para ello utilizó patos. El primer experimento con seres humanos, que fue muy controversial, lo realizó Friedrich Küchenmeister en la segunda mitad del siglo XIX.

Con respecto a la segunda pregunta que habíamos planteado, la comunidad preparadigmática que estudiaba a los helmintos se dividía en dos grandes corrientes o escuelas. Una de ellas sostenía que los

helminthos surgen por generación espontánea dentro del cuerpo de su hospedador. La otra, en cambio, negaba la doctrina de la generación espontánea, y afirmaba que los helminthos ingresan al hospedador desde el medio externo. Farley (1972) ha llamado al primer grupo “internalistas” y al segundo “externalistas”. Como lo ha señalado Farley (1972), el caso de los gusanos parásitos era en esa época una especie de “último reducto” para los defensores de la teoría de la generación espontánea. Los miembros de la comunidad científica correspondiente ya habían aceptado, de manera unánime, que los animales vertebrados y muchos de los invertebrados no surgen de manera espontánea. Pero todavía persistía una división entre quienes afirmaban que los gusanos parásitos tampoco surgen de esa manera y quienes sostenían que ciertamente se generan de manera espontánea en el intestino, el hígado u otra parte del cuerpo del animal hospedador.

Esta controversia se mantuvo hasta el siglo XIX, época donde sucedieron dos acontecimientos importantes que pusieron fin al debate. Por un lado, Pasteur realizó una serie de experimentos que refutaron la idea de que los microorganismos surgen de manera espontánea. Generalmente, se suele sostener que Pasteur fue quien asestó el golpe definitivo a esa teoría. Pero en realidad, para el caso de la helmintología, hubo otra contribución igualmente importante, proveniente de un helmintólogo llamado Friedrich Küchenmeister.

En el siglo XIX, todavía muchos helmintólogos creían que los gusanos parásitos surgen de manera espontánea en el animal hospedador donde se alojan. Además, se afirmaba que había una especie de gusano parásito denominado *Cisticercus cellulosae*. Küchenmeister tenía la sospecha de que no se trataba de una especie propia de gusano, sino que era la forma larval de la lombriz solitaria cuyo nombre científico es *Taenia solium*, que desde épocas remotas se sabía que infectaba a los seres humanos. Para poner a prueba esta sospecha, Küchenmeister obtuvo un permiso del gobierno para administrarle ejemplares de *C. cellulosae* a criminales condenados a muerte en la guillotina. Varios meses antes de que fueran ejecutados, Küchenmeister escondió los ejemplares en la comida de los presos. Tras su ejecución, diseccionó los cadáveres y encontró lombrices solitarias adultas en sus intestinos. De esta manera, corroboró la hipótesis de que las lombrices solitarias no surgen de manera espontánea en el intestino de su hospedador, sino que se desarrollan a partir de formas larvales que son ingeridas. Esas formas larvales se encuentran en la carne porcina, y así es como se infectan los seres humanos con ellas. Los experimentos de Küchenmeister desataron una ola de controversias en su época, no solo científicas sino también

éticas. Aun así, a partir de allí la comunidad de los helmintólogos abandonó de manera unánime la creencia en la generación espontánea de los gusanos parásitos.

El paradigma que la helmintología adquirió en la segunda mitad del siglo XIX continúa hasta el día de hoy. En ningún momento de ese tramo hubo un período de crisis al modo de Kuhn que hubiese hecho imposible la tarea de estudiar a los helmintos. Desde la segunda mitad del siglo XIX hasta nuestros días, la helmintología se ha desarrollado bajo una etapa de ciencia normal. El motivo por el cual la helmintología nunca atravesó una crisis kuhniana consiste en que en ningún momento se acumuló una gran cantidad de anomalías irresolubles desde el paradigma vigente. Siendo que la helmintología nunca atravesó una etapa de crisis kuhniana, tampoco atravesó las fases subsiguientes de revolución científica y etapa post-revolucionaria de nueva ciencia normal.

### **Una segunda interpretación de la helmintología utilizando los conceptos de matriz disciplinaria y ejemplar**

Examinemos ahora la posibilidad de interpretar la historia de la helmintología considerando las precisiones que Kuhn (1970) introduce en el Postfacio a la segunda edición de *The Structure of Scientific Revolutions* y en otros textos, como “Second Thoughts on Paradigms” (Kuhn 1977, pp. 293-319). Kuhn sostuvo que el término “paradigma” en sentido amplio debía ahora entenderse como sinónimo de “matriz disciplinaria”, que tiene al menos cuatro componentes fundamentales: las generalizaciones simbólicas, los modelos, los valores y los ejemplares (estos últimos son “paradigmas en sentido estricto”). Los ejemplares son el componente más importante de la matriz disciplinaria (Kuhn 1970).

Desde esta segunda interpretación, ya no situamos el inicio de la etapa preparadigmática entre los siglos XVI y XVII, sino mucho antes. Se puede seguir sosteniendo que la comunidad de helmintólogos surgió entre esos siglos, pero el estudio de los helmintos había comenzado en el marco de una matriz disciplinaria que presumiblemente habría iniciado Aristóteles. Cuando anteriormente analizamos la historia de la helmintología con los conceptos de la primera edición de *The Structure of Scientific Revolutions* (Kuhn 1962), dijimos que no había un paradigma para el estudio de los helmintos antes de la Modernidad temprana, sino que en todo caso, ese estudio formaba parte de una investigación zoológica más amplia. En ese sentido, Aristóteles podría haber iniciado el primer paradigma de la zoología o incluso de la biología, pero no habría proporcionado un paradigma particular y especial dedicado

exclusivamente al estudio de los helmintos. Ahora, teniendo en cuenta los conceptos de “matriz disciplinaria” y “ejemplar” [*exemplar*], Aristóteles sí habría podido proveer un paradigma especial y particular para el caso de los helmintos. No en el sentido de una matriz disciplinaria para la comunidad de los helmintólogos (porque no había tal comunidad), pero sí en el sentido de un “ejemplar” que indicaba, fundamentalmente, que se originan por generación espontánea.

Kuhn indica que una matriz disciplinaria puede tener un conjunto de paradigmas, en el sentido de “ejemplares”, y no necesariamente uno solo (Kuhn 1970). Siendo así, la matriz disciplinaria que Aristóteles inaugura para el estudio de los seres vivos habría tenido un conjunto de ejemplares que proveían problemas y soluciones concretas, tales como la clasificación de los animales, la descripción de su anatomía, la caracterización de sus hábitos alimenticios y el estudio de su generación, entre otros. Los mismos paradigmas se podían utilizar para estudiar cualquier especie de animal, incluyendo a los helmintos. Por ejemplo, el paradigma de la descripción anatómica, referido al caso de los seres humanos, caballos, leones, serpientes o peces, permitía establecer cuántas patas tiene cada uno, de allí que Aristóteles habla de animales bípedos, cuadrúpedos y ápodos. También permitía indicar cómo es la superficie del cuerpo de cada animal: si está cubierto de pelos, de escamas o plumas, por ejemplo. Refiriendo los distintos paradigmas o ejemplares al caso de los helmintos, era posible indicar, por ejemplo, cuantos tipos o especies de ellos hay. Con el paradigma de la descripción anatómica, era posible indicar que algunos helmintos son planos y largos, mientras que otros son redondos y cortos (Aristóteles 1992).

Pero además de estos “ejemplares” que podían utilizarse para cualquier tipo de animal, también había un “ejemplar” especial dedicado a los helmintos y otros gusanos: el paradigma de la generación espontánea. Este paradigma indicaba que todos los gusanos, fueran parásitos o no, se originan o bien a partir de la materia putrefacta, o bien a partir del barro, o bien a partir de la madera, etc. Es decir que, en cada caso, no surgen a partir de la reproducción sexual de dos animales progenitores, sino que surgen de manera asexual a partir de una sustancia inanimada, ya sea de índole inorgánica como el barro o de índole orgánica como la carne podrida. Algunos de estos gusanos, por ejemplo los de la carne podrida, se transforman luego en insectos, como las moscas.

Para Aristóteles, los helmintos propiamente dichos, es decir los gusanos parásitos, no parecían formar un grupo demasiado lejano de los otros tipos de gusanos, como las lombrices de tierra o las larvas de mosca en la carne podrida. A grandes rasgos, su anatomía externa parecía ser

más o menos la misma para todos los casos: se trata de animales ápodos, sin ojos ni boca, de cuerpo blando y sin esqueleto. Faltarían muchos siglos para que se reconociera la enorme diferencia genética entre todos estos tipos de “gusanos”. Todavía en el siglo XVIII, Linneo los seguía agrupando a todos bajo una única clase, la “clase Vermes”.

La matriz disciplinaria inaugurada por Aristóteles para el estudio de los animales continuó hasta los siglos XVI y XVII. Hasta esa fecha, los autores como Plinio el Viejo compusieron sus propias obras en torno al estudio de los seres vivos, pero siempre según los esquemas de Aristóteles. En la Modernidad temprana se forman comunidades más especializadas. Una de ellas es la comunidad de los helmintólogos. Siendo así, la obra de Francesco Redi habría hecho entrar en crisis a uno de los “ejemplares” de la matriz disciplinaria aristotélica. Habría hecho entrar en crisis al paradigma o “ejemplar” de la generación espontánea de los gusanos, pero habría dejado prácticamente intactos a los demás “ejemplares” de esa matriz. Por ejemplo, Redi siguió describiendo a los gusanos y a los insectos a la manera aristotélica, es decir, mediante el paradigma de la descripción anatómica. Es lícito pensar entonces que continuó utilizando ciertos paradigmas o “ejemplares” aristotélicos y que solamente habría puesto en crisis a uno de ellos. Si entendemos la expresión “cambio de paradigma” como sinónima de “cambio de matriz disciplinaria”, entonces no hubo un reemplazo completo de la matriz disciplinaria aristotélica por una nueva matriz rediana. Pero sí entró en crisis la explicación del origen de los gusanos que se observan en la carne podrida. Sin embargo, la cuestión es todavía más compleja, ya que Redi siguió afirmando, al igual que Aristóteles, que los gusanos parásitos como las lombrices solitarias surgen por generación espontánea. Redi, por lo tanto, introdujo una división entre dos grupos de gusanos: aquellos que surgen por reproducción sexual de los insectos (como los gusanos de la carne podrida), y aquellos que surgen por generación espontánea (como los helmintos intestinales).

Cuando reconstruimos la historia de la parasitología utilizando los conceptos de la primera época de Kuhn, dijimos que el período que va desde la Modernidad temprana al siglo XIX correspondía a la etapa preparadigmática de la helmintología. Pero ahora, con los conceptos de su segunda etapa, estamos interpretando al mismo tramo histórico como un período de crisis kuhniana. Desde ese punto de vista, Küchenmeister no le habría proporcionado al estudio de los helmintos su primer paradigma, en el sentido de que no le habría provisto ni su primera matriz disciplinaria ni su primer “ejemplar”. La primera matriz disciplinaria para el estudio de los animales en general la habría brindado Aristóteles,

quien también habría brindado el primer “ejemplar” para el estudio de los helmintos. Cuando se constituye la comunidad de los helmintólogos en la Modernidad temprana, el “ejemplar” en cuestión entra en crisis, pero no es abandonado. Se da un “debate de paradigmas” pero no en el sentido de un “debate entre matrices disciplinarias”, sino un “debate entre ejemplares”. Desde esa época hasta el siglo XIX, los dos candidatos a paradigma eran el “internalista” (el “ejemplar” o paradigma viejo) y el “externalista” (el “ejemplar” o paradigma nuevo). Küchenmeister, en el siglo XIX, habría ofrecido los motivos más contundentes para que uno de esos candidatos a paradigma finalmente fuese aceptado: brindó los motivos para que fuese aceptado el paradigma externalista.

Pero a diferencia de nuestra primera interpretación de la historia de la helmintología, ahora no se trata de la adopción de un primer paradigma tras un período preparadigmático, sino que se trata del triunfo de un “candidato a paradigma” (Kuhn 1970) tras un período de crisis. Según esta segunda interpretación, el estudio de los helmintos habría tenido no una, sino al menos dos etapas de ciencia normal. Entre estos dos períodos de ciencia normal, hubo casi trescientos años de crisis y debate de paradigmas, hasta que finalmente se impuso el más nuevo de ellos.

## Conclusión

Dado que Kuhn introdujo los conceptos de “matriz disciplinaria” y “ejemplar” para precisar mejor el sentido de su filosofía de la ciencia, nos parece que lo más apropiado sería utilizar la segunda interpretación que propusimos para reconstruir la historia de la helmintología y no la primera. Aun así, eso requiere modificar algunas de las ideas de Kuhn. En particular, la idea de que la biología adquirió sus primeros paradigmas en una época reciente (el siglo XIX) no parece tener en cuenta la posibilidad de que Aristóteles haya iniciado la primera matriz disciplinaria para el estudio de los animales en general. Dentro de esa matriz disciplinaria, Aristóteles también habría provisto un “ejemplar” dedicado exclusivamente a los gusanos parásitos y no parásitos, que indicaba que surgen por generación espontánea.

Ese “ejemplar” habría entrado en crisis en el siglo XVII, pero la mayor parte de la matriz disciplinaria aristotélica habría seguido prácticamente intacta, aunque se le fueron incorporando “ejemplares” nuevos. Por otra parte, las dos reconstrucciones que hemos ofrecido de la historia de la helmintología son extremadamente esquemáticas y simplistas. Una reconstrucción más compleja y completa debería indicar cuáles son las generalizaciones simbólicas, los modelos y los valores que

la matriz disciplinaria actual contiene, y en qué momentos específicos los adquirió. No hemos podido abordar esta cuestión por motivos de espacio, pero formaría un tema de investigación para trabajos futuros. Aun así, algo podemos adelantar aquí con respecto a las generalizaciones simbólicas.

Una de las primeras fórmulas matemáticas para estudiar a los helmintos, particularmente a los nematodos, fue propuesta por Cobb (1890) a fines del siglo XIX. En esa época, también se utilizó la matemática para estudiar a las epidemias en general (Begon, Harper y Townsend 1995). En ecología, una de las primeras generalizaciones simbólicas fue la ecuación de Lokta-Volterra para la dinámica de las poblaciones predador-presa (Begon *et al.* 1995) y luego de cierto tiempo se la utilizó como base para estudiar la dinámica de poblaciones parásito-hospedador. Crofton (1971) propuso uno de los primeros modelos matemáticos para estudiar las poblaciones de parásitos y en la década de 1980 surgieron nuevos modelos matemáticos para el estudio de la ecología de los parásitos. De manera que desde el siglo XIX hasta nuestros días, en la parasitología en general y en la helmintología en particular, se han propuesto distintas fórmulas matemáticas que cumplen con los criterios que Kuhn establece para las generalizaciones simbólicas (Kuhn 1970).

La cuestión de las generalizaciones simbólicas y de los modelos en helmintología, junto con el estudio de los valores, formará el tema de un trabajo futuro que continúe explorando la posible utilización de la filosofía de la ciencia de Kuhn en esta disciplina. Creemos que este tipo de trabajos contribuye a examinar tanto las posibilidades como los límites que la filosofía de Kuhn presenta con respecto a la biología, ya que, como lo ha indicado Mayr (1994), la filosofía de la ciencia de Kuhn debe ser puesta a prueba mediante el análisis de sus posibles relaciones con múltiples disciplinas científicas.

## **Bibliografía**

- Amici, R. R. (2001), "The History of Italian Parasitology", *Veterinary Parasitology*, 98 (1), pp. 3-30.
- Aristóteles (1992), *Investigación sobre los animales*, Madrid, Gredos.
- Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1995), *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*, Barcelona, Omega.
- Bhopal, R. (1999), "Paradigms in Epidemiology Textbooks: In the Footsteps of Thomas Kuhn", *American Journal of Public Health*, 89 (8), pp. 1162-1165.
- Cobb, N. A. (1890), *A Nematode Formula*, Sydney, Government Printer.

- Cordero del Campillo, M. (1989), "The History of Veterinary Parasitology in Spain", *Veterinary Parasitology*, 33 (1), pp. 93-116.
- Cox, F. E. (2002), "History of Human Parasitology", *Clinical Microbiology Reviews*, 15 (4), pp. 595-612.
- Crofton, H. D. (1971), "A Model of Host-Parasite Relationships", *Parasitology*, 63 (3), pp. 343-364.
- Dreyer, G., Mattos, D., Figueredo-Silva, J. y Norões, J. (2009), "Mudanças de paradigmas na filariose bancroftiana", *Revista da Associação Médica Brasileira*, 55 (3), pp. 355-362.
- Enigk, K. y Habil, H. C. (1989), "History of Veterinary Parasitology in Germany and Scandinavia", *Veterinary Parasitology*, 33 (1), pp. 65-91.
- Ewald, P. W. (1995), "The Evolution of Virulence: A Unifying Link between Parasitology and Ecology", *The Journal of Parasitology*, 81 (5), pp. 659-669.
- Farley, J. (1972), "The Spontaneous Generation Controversy (1700-1860): The Origin of Parasitic Worms", *Journal of the History of Biology*, 5 (1), pp. 95-125.
- Graham, M. H. y Dayton, P. K. (2002), "On the Evolution of Ecological Ideas: Paradigms and Scientific Progress", *Ecology*, 83 (6), pp. 1481-1489.
- Grove, D. I. (1990), *A History of Human Helminthology*, Wallingford, C. A. B. International.
- Hoeppli, R. (1956), "The Knowledge of Parasites and Parasitic Infections from Ancient Times to the 17<sup>th</sup> Century", *Experimental Parasitology*, 5 (4), pp. 398-419.
- Krebs, C. J. (1995), "Two Paradigms of Population Regulation", *Wildlife Research*, 22 (1), pp. 1-10.
- Kuhn, T. S. (1957), *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Massachusetts, Harvard University Press.
- Kuhn, T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 1<sup>a</sup> ed.
- Kuhn, T. S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 2<sup>a</sup> ed. ampliada.
- Kuhn, T. S. (1977), *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago, University of Chicago Press.
- Leeuwenhoek, A. (1800), *The Select Works of Anthony van Leeuwenhoek: Containing his Microscopical Discoveries in many of the Works of Nature*, vol. 1, Londres, G. Sydney.
- Matzke, M. A. y Matzke, A. J. (1997), "Kuhnian Revolutions in Biology:

- Peter Mitchell and the Chemiosmotic Theory”, *BioEssays*, 19 (1), pp. 92-93.
- Mayr, E. (1994), “The Advance of Science and Scientific Revolutions”, *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 30 (4), pp. 328-334.
- Olby, R. (1974), *The Path to the Double Helix: The Discovery of DNA*, Londres, Macmillan.
- Olby, R. (1994), *The Path to the Double Helix: The Discovery of DNA*, Nueva York, Dover, 2<sup>a</sup> ed. ampliada.
- O'Malley, M. A. y Boucher, Y. (2005), “Paradigm Change in Evolutionary Microbiology”, *Studies in History and Philosophy of Science: Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36 (1), pp. 183-208.
- Orensanz, M. y Denegri, G. (2017), “La helmintología según la filosofía de la ciencia de Imre Lakatos”, *Salud Colectiva*, 13 (1), pp. 139-148.
- Paine, R. T. (2002), “Advances in Ecological Understanding: By Kuhnian Revolution or Conceptual Evolution?”, *Ecology*, 83 (6), pp. 1553-1559.
- Pickett, S. T., Parker, V. T. y Fiedler, P. L. (1992), “The New Paradigm in Ecology: Implications for Conservation Biology above the Species Level” en Fiedler, P. L. y Jain, S. K. (eds.), *Conservation Biology: The Theory and Practice of Nature Conservation Preservation and Management*, Boston, Springer, pp. 65-88.
- Poulin, R. (2000), “Manipulation of Host Behaviour by Parasites: A Weakening Paradigm?”, *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 267 (1445), pp. 787-792.
- Ramsay, W. (1668), *Elminthologia, or Some Physical Considerations of the Matter, Origination, and Several Species of Wormes Macerating and Direfully Cruciating every part of the Bodies of Mankind*, Londres, John Streater.
- Redi, F. (1684), *Osservazioni intorno agli animali viventi che si trovano negli animali viventi*, Florencia, Piero Matini, all'insegna del Lion d'oro.
- Redi, F. (1688/1909), *Experiments on the Generation of Insects*, Chicago, Open Court.
- Ruse, M. (1979), *The Darwinian Revolution: Science Red in Tooth and Claw*, Chicago, University of Chicago Press.
- Ruse, M. (1989), *The Darwinian Paradigm: Essays on its History, Philosophy, and Religious Implications*, Londres, Routledge.
- Ruse, M. (2005), “The Darwinian Revolution, as seen in 1979 and as seen Twenty-Five Years Later in 2004”, *Journal of the History of*

- Biology*, 38 (1), pp. 3-17.
- Schwabe, C. (1982), "The Current Epidemiological Revolution in Veterinary Medicine: Part I", *Preventive Veterinary Medicine*, 1 (1), pp. 5-15.
- Strohman, R. C. (1997), "The Coming Kuhnian Revolution in Biology", *Nature Biotechnology*, 15 (3), pp. 194-200.
- Touratier, L. (1989), "History of Veterinary Parasitology in France", *Veterinary Parasitology*, 33 (1), pp. 45-63.
- Tyson, E. (1683), "Lumbricus Latus, or a Discourse Read before the Royal Society of the Joynted Worm", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 13, pp. 113-144.
- Weiss, K. M. (1996), "Is There a Paradigm Shift in Genetics? Lessons from the Study of Human Diseases", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 5 (1), pp. 259-265.
- Wilkins, A. S. (1996), "Are There 'Kuhnian' Revolutions in Biology?", *BioEssays*, 18 (9), pp. 695-696.

*Recibido el 18 de abril de 2016; aceptado el 24 de noviembre de 2016.*