

sensibilidad a las condiciones iniciales y a los pequeños cambios, el hecho de que pequeños cambios infinitesimales en las condiciones iniciales lleven a distintos sucesos, se da en la naturaleza bajo circunstancias gobernadas por ecuaciones relativamente sencillas (como hemos visto con las de la gravedad) aunque, eso sí, siempre no lineales. Parece que el caos tuviese algo que ver con la incertidumbre cuántica, pero esto no es así; de hecho, en el mundo cuántico de las órbitas electrónicas, curiosamente, no existe caos debido al acoplamiento que existe entre ellas, pero sí se puede observar caos en las órbitas indecisas de los electrones alrededor del núcleo y las propias líneas de un fuerte campo magnético. Así pues, en el invisible mundo cuántico, el caos también se da, pero no por las conocidas cuestiones de la incertidumbre tipo **Heisenberg**, que no tienen, en principio, que ver con el caos.

Una de las primeras ecuaciones que manifestaron comportamientos caóticos explícitos fueron las de **Robert May** (los primeros estudios sobre el caos y su manifestación en meteorología se debieron a **Edward Lorenz** en 1960, cuando descubrió su dependencia sensible de las condiciones iniciales y, más tarde, los famosos atractores de Lorenz). La ecuación de May es sencilla (la parábola logística de May):

$$\begin{aligned} \text{Población\_del\_año\_siguiente} &= R \times \\ \text{población\_de\_este\_año} \times \\ (1 - \text{población\_de\_este\_año}) \end{aligned}$$

La población se mide entre 0 y 1 (cero indicaría nadie y uno la máxima posible) y R sería la tasa de crecimiento. Un valor de la tasa de crecimiento R por encima de tres daba curiosamente dos posibles poblaciones alternantes cada año (periodo dos). Algo más de tasa de crecimiento llevaría a nuevas divisiones y estados posibles, y, pasado

un cierto valor, se hace imposible predecir nada.

También las curvas denominadas fractales (como las de **Mandelbrot**) que aparecen con frecuencia en la naturaleza, son caóticas en su comportamiento.

### *¿Es la evolución de la vida predecible o caótica?*

Para el Nobel ruso **Ilya Prigogine**, los sistemas **reversibles** como los que gobiernan el movimiento (no caótico) de un péndulo simple, por ejemplo, no establecen ningún tipo de evolución temporal. Para Prigogine, son los procesos irreversibles los que dan lugar al concepto que nuestra conciencia tiene de **tiempo**. Son los sistemas alejados de la reversibilidad los que modifican la **entropía** y los que imprimen una irreversible e indeleble traza temporal a la materia. Para él, la vida es el tiempo que se inscribe en la materia, así como lo es el arte, que deja su legado representado o esculpido, como reflejo de experiencias y emociones

Así pues, el caos que es algo inherente a los procesos complejos provoca **irreversibilidad** y, por ende, creación de una historia.

En el visionario libro «¿Qué es la vida?», el premio Nobel **Schrödinger** se hacía la pregunta sobre qué fenómeno irreversible impedía que la vida se degradase de aquellos cristales poliméricos de ADN. Para Prigogine es el funcionamiento de éstos lo que crea la estructura, siendo así la forma en que la no linealidad, el caos y la autonomía del tiempo dan lugar a la multiplicidad de las estructuras, algo difícilmente posible en el mundo no viviente.

Por lo tanto, la vida es, al parecer, la excepción, no la regla; el comportamiento impredecible, lo antideterminista. Y son su historia y los pequeños cambios en las condiciones iniciales los que van definiendo su trayectoria, los que la hacen libre de leyes que no sean otras que las de sí misma, leyes que evolucionan a través de su propio cambio en el tiempo y de las cuales sólo podemos conocer su rastro.

---

## BREVE HISTORIA DE LA ECOLOGÍA (I): VICISITUDES Y PRETENSIONES DE UNA NUEVA CIENCIA

---

*José M<sup>a</sup> Blanco Martín*

*Profesor titular de Ecología. Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga*

---

### **Preámbulo**

Se inicia una serie de artículos que presentarán un breve repaso de la historia de la Ecología y de sus peculiaridades como ciencia, en forma de un comentario personal sobre un recorrido histórico no muy largo. Sin duda me dejaré muchos cabos sueltos, pero los que consigo atar dejarán al lector<sup>1</sup> una idea más o menos clara, espero que amena, de mi forma de entenderla. Y además, supongo, constituirá una buena pista para saber a qué se enfrenta el alumno de Ciencias Ambientales o Biología que aún no ha llegado a

toparse con ella.

### **Vicisitudes (una visión histórica)**

**Los precursores.** La dificultad para vislumbrar el inicio de la ecología como ciencia aparece frecuentemente en estos preámbulos, aunque tampoco sea mucho más fácil identificar el origen de otras ciencias consideradas más ancianas (como la física, madre de todas las ciencias). Algunos exploradores de la historia de la ecología apuntan en sus libros indicios del conocimiento ecológico ya en las tribus paleolíticas<sup>2</sup>, conocimiento necesario —según

estos autores— para ganarse la vida recolectando plantas y cazando animales, pero me parece que es una exageración, ya que también tiraban piedras con fenomenal tino y no sabían nada de balística. Hasta el desarrollo de la cultura griega, la humanidad no tuvo el tiempo suficiente para cuajar el conocimiento popular en filosofía y sustentar lo que más adelante se podrán considerar ciencias. Muchos pensadores griegos, como Teofrasto en su tratado botánico, disertaron sobre la historia natural, pero ninguno de ellos llegó tan lejos como Aristóteles en la observación e interpretación de la naturaleza. En su obra *La historia de los animales*<sup>3</sup> examina las estrategias de vida de muchos animales, domésticos y salvajes, incluyendo sus preferencias climáticas y geográficas. Más adelante, Plinio el Viejo aprovecha los lazos comerciales con los que Roma extiende el mundo conocido y colecciona piedras, plantas y animales con los cuales incluso realiza experimentaciones metódicas o casuales. Las explicaciones que daban estos pensadores se apoyaban en la providencia y el finalismo, de tal forma que nunca se desprenden de la magia y el mito que embarga el pensamiento filosófico hasta pasada la mitad del siglo XIX. A pesar del notable paso que dieron en la organización del conocimiento de la naturaleza, no se pueden considerar como precursores de la ecología, aunque sí de la historia natural.

**El nacimiento de una nueva ciencia.** Los conceptos que se pueden considerar ecológicos no aparecen en la ciencia hasta bien entrado el siglo XIX, coincidiendo con el apogeo de los grandes viajes exploratorios<sup>4</sup>. Aún en el XVIII, Linneo habla sobre el «equilibrio de la naturaleza»; en el XIX, Humboldt empieza a hablar de una «geografía de plantas» para resaltar la importancia del medio físico en la distribución de los vegetales, tendencia que continuaría Grisenbach, discípulo suyo, para formalizar en 1838 las bases de la fitogeografía. Fueron, sin duda, grandes avances en el estudio de la historia natural, sobre todo en la sistematización y clasificación de los organismos, pero hasta que no surgieron las teorías de Darwin y Wallace sobre la selección natural, no se abonó el conocimiento científico para sustentar la nueva ciencia. A los pocos años de formularse la teoría de la evolución, Haeckel inventa un nombre para una nueva ciencia que acota de la siguiente forma en 1868: «...el cuerpo de conocimiento que concierne a la economía de la naturaleza, la investigación de todas las relaciones del animal, tanto con su ambiente orgánico como inorgánico; que incluye, sobre todo, sus relaciones de amistad y enemistad con aquellos animales y plantas con los cuales entra directa o indirectamente en contacto. Resumiendo, la Ecología es el estudio de todas aquellas interacciones complejas a las que Darwin se refiere como condiciones de lucha por la existencia»<sup>5</sup>.

Éste se considera el inicio de la ecología por la mayor parte de los científicos. Sin duda extensa, Haeckel no podría haber resumido mucho más su definición de ecología, más parecida al enfoque actual de la ecología que al rumbo que siguió esta ciencia a partir de aquel momento. La faceta ecológica de la teoría de la selección natural fue mucho

menos explorada que la vertiente genética en estos inicios formales de la ecología.

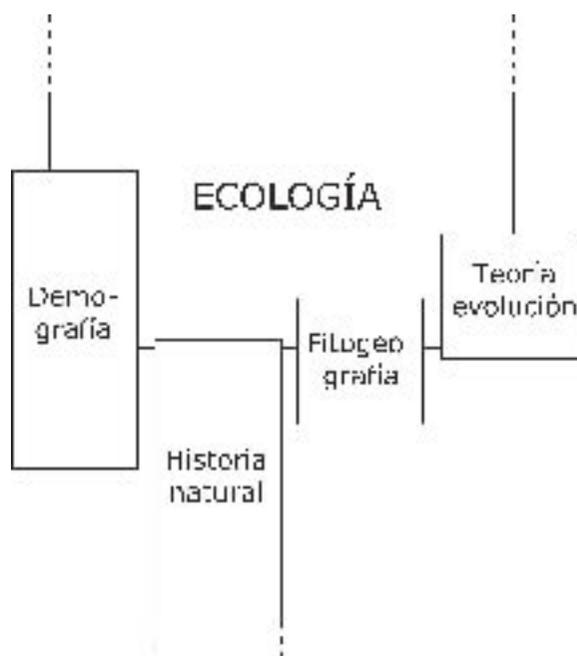


Figura 1. Las raíces más gruesas de la Ecología.

**Una ciencia permeable.** Se pueden encontrar más raíces de la ecología en disciplinas como la demografía, una ciencia que nace en 1660, cuando Graunt deduce la tasa de crecimiento de la población londinense a partir de los censos de natalidad y mortalidad que se realizaban para detectar indicios de la peste<sup>6</sup>. Pronto se descubrió el crecimiento geométrico y se especuló sobre la limitación que los recursos podrían suponer. Malthus, Verhulst, Pearl e, incluso el propio Euler antes que ellos, estudiaron las aparentes leyes del crecimiento de las poblaciones humanas. El aporte de la demografía a la ecología favorece el desarrollo del estudio de la dinámica de poblaciones desde finales del siglo XIX aunque su contribución conceptual inicial sea muy escasa<sup>7</sup>, tal como demuestra su andadura por separado hasta bien entrado el siglo XX. La agronomía, muy desarrollada ya en el nacimiento de la ecología, aporta elementos clave como la denominada ley del mínimo de Liebig, la experiencia de la lucha biológica contra plagas, fundamental para el estudio de las relaciones entre el depredador y su presa, o los estudios sobre la producción vegetal y animal, encaminados a aumentar el rendimiento de cultivos y granjas. La medicina, por otra parte, indaga en el estudio de las epidemias y ofrece a la ecología un caudal de conocimientos muy valiosos sobre la biología de la transmisión, las estrategias de los vectores e, incluso, la formulación matemática de modelos que intentan explicar el comportamiento de la epidemia<sup>8</sup>.

**El peso de la historia natural y sus mitos.** A pesar de estos prometedores envites, la ecología cruza al siglo XX con las miras puestas en las comunidades de organismos. El avance de la fitogeografía requiere el desarrollo de métodos para

su análisis, faceta en la que destacó Clements que, poco más tarde, se haría famoso por su concepción organicista de la comunidad vegetal. El desarrollo teleológico de la comunidad de plantas, de modo casi ontogénico a través de varias etapas hasta llegar a la madurez o clímax es, sin duda, una versión más moderna del finalismo metafórico que ya iniciaron los griegos con sus mitos. Frente a este planteamiento, que se dio en llamar «holista»<sup>9</sup>, aparecen propuestas «reduccionistas»<sup>10</sup> como la de Gleason, que defiende la formación circunstancial de la comunidad por especies que, individualmente, encuentran el marco geográfico-climático adecuado. Mientras que Clements avanzaba hacia la mitificación de las comunidades, el enfoque de Gleason desencadenó el desarrollo del concepto de nicho, que Elton formalizaría pocos años después viniendo de la rama animal de la ecología, relativamente atrasada con respecto a la vegetal.

(continuará...)

### Notas:

- <sup>1</sup> O'lectora'. En las páginas que siguen omitiré hacer estado de determinación de género, tal como permite la Real Academia Española, y hablaré de alumnos, profesores y personas de una forma genérica neutra.
- <sup>2</sup> BEGON, M., J.L. HARPER Y C.R. TOWNSEND. 1988. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Omega. Barcelona
- <sup>3</sup> Citado por DELÉAGE, J.P. 1993. *Historia de la ecología. Una ciencia del hombre y la naturaleza*. Icaria. Barcelona
- <sup>4</sup> Es curioso cómo los historiadores de la ciencia anglosajones se saltan lo que ellos denominan «oscura y plana» Edad Media, caracterizada por

una ciencia retrógrada llena de simbolismo y obnubilada por una tenaza eclesiástico-feudal y que, sin embargo, constituyó una era fundamental para el desarrollo de la mecánica y la arquitectura. Estos elementos forjarían la cuna de pensadores como Copérnico, que impulsarán el desarrollo de la nueva ciencia. En la península ibérica, el trabajo filosófico de la cultura árabe de esa época ha sobrevivido a duras penas y, sin duda, se han perdido obras importantes sobre la historia natural, como la enciclopedia botánica del malagueño Ibn al-Baytar (S.XIII), realizadas por pensadores que ya utilizaban el sistema digital de numeración mientras los ancestros de los que ahora indagamos en la historia de la ecología aún no podían realizar operaciones aritméticas. Hay un sesgo evidente hacia la cultura anglosajona en la literatura científica actual que, sin duda, se ha transferido al interés de los historiadores de la ciencia.

- <sup>5</sup> Citada por ACOT, P. 1990. *Historia de la Ecología*. Taurus. Madrid.
- <sup>6</sup> Citado por HUTCHINSON, G.E. 1981. *Introducción a la ecología de poblaciones*. Blume. Barcelona.
- <sup>7</sup> Con la excepción de ser la disciplina que antes aportó una ley a la nueva ciencia, aunque esto lo explicaré con más detalle más adelante.
- <sup>8</sup> Ross, en 1890, ya formula un sistema de ecuaciones simultáneas para explicar el desarrollo de la malaria. Este sistema de ecuaciones fue inspirador para Alfred Lotka, que lo descubrió mientras fue invitado por Raymond Pearl a visitar su laboratorio en 1921, según MCINTOSH, R. en *The background of ecology* (1985. Cambridge University Press. Cambridge).
- <sup>9</sup> Más adelante volveré sobre este enfoque de múltiples bordes, mitológicos, organicistas y sistémicos, algunos ya romos, pero otros afilados y capaces de seguir abriendo brecha en la vanguardia de la ecología.
- <sup>10</sup> O «mecanicistas», adjetivo que procede del mundo de la física, de la época dorada de la mecánica newtoniana, capaz de explicar cualquier proceso universal mediante el conocimiento de unas pocas leyes y la posición y velocidad de todos los componentes del sistema.

## LA 'RIBOINTERFERENCIA' ESPEJA EL CAMINO HACIA EL NOBEL

M. Gonzalo Claros

*Profesor titular del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de Málaga*

El pasado 2 de octubre, se anunció la concesión del premio Nobel de Fisiología y Medicina 2006 a Andrew Z. Fire y Craig C. Mello por sus descubrimientos sobre la interferencia por RNA y el silenciamiento génico por RNA bicatenarios. Aunque en 1990, Napoli, Lemieux y Jorgensen descubrieron en las petunias el fenómeno que denominaron cosupresión, que consiste en la silenciamiento de genes por secuencias homólogas, la clave para descubrir las bases de este proceso la publicaron en 1998 Andrew Fire y Craig Mello en la revista Nature: observaron que el fenómeno no sólo ocurre en las plantas, sino que la inyección de ARN de cadena doble en *C. elegans* desencadena una maquinaria bioquímica que conduce a una silenciamiento de genes específica de la secuencia. Este hallazgo es de trascendental consecuencia puesto que se describe por primera vez que un RNA es capaz de bloquear la síntesis de las proteínas o degradar los mRNA complementarios a estos RNA bicatenarios [de ahí el nombre de interferencia por ARN o ribointerferencia (RNA interference)]. Al poco

tiempo, descubrieron que la ribointerferencia era un mecanismo evolutivamente bien conservado desde los eucariotas más sencillos hasta los animales y plantas superiores, y que en algunos de ellos es heredable. Además, también han comprobado que no sólo vale para regular la traducción, sino también para regular la transcripción, mantener el estado de metilación de la cromatina, controlar los transposones y defenderse de las infecciones víricas. Por si fuera poco, el descubrimiento de este mecanismo ha aportado a la ciencia una nueva técnica para estudiar el funcionamiento de los genes y puede conducir a nuevos tratamientos en un futuro cercano.

Andrew Z. Fire nació en 1959 en Estados Unidos y comenzó su vida científica con el premio Nobel Philip Sharp. Realizó su estancia postdoctoral en Gran Bretaña en el laboratorio de otro premio Nobel, Sidney Brenner, donde comenzó sus investigaciones con el gusano *C. elegans*. Desde 2003 tiene su laboratorio en la Facultad de Medicina de la Universidad de Stanford (EE. UU.). Craig