

(aunque sean fracciones de segundo) al movimiento.

Lo verdaderamente sorprendente en los experimentos de Rizzolatti fue el hallazgo (aquí es donde intervino la «suerte») de que estas neuronas de la corteza premotora también se activaban cuando el mono observaba a otro mono (o a uno de los experimentadores) realizando la misma acción, aunque el mono que estaba siendo registrado no presentara ningún movimiento. La activación de estas neuronas «especulares» también era específica de la tarea que se estaba observando.

El descubrimiento de las neuronas especulares en la corteza premotora sugiere que la simple observación de un determinado movimiento en otro individuo es suficiente para provocar la simulación mental del movimiento observado, mediante la codificación de la información visual en términos de activación de estas neuronas motoras. Tal activación produciría la ejecución física subsiguiente de dicho movimiento en el observador (imitación). Así pues, la imitación puede considerarse una tendencia automática de la respuesta, aunque ésta se encuentre normalmente inhibida.

Una de las principales implicaciones que podrían tener estas neuronas especulares o sistemas especulares es en el aprendizaje por imitación. La imitación es un fenómeno que puede ser observado no sólo en el hombre y en los primates, sino también en otros mamíferos, y podría constituir una base importante para el aprendizaje durante las primeras etapas del desarrollo postnatal.

Las neuronas especulares se han descubierto en monos, pero se está seguro de que se encuentran también en humanos, aunque las evidencias en este caso son indirectas. Uno de los ejemplos más claros proviene de un estudio realizado en pacientes que habían sufrido un infarto cerebral que afectó a uno de sus hemisferios cerebrales y que, como consecuencia del mismo, tenían parálisis de un lado del cuerpo (el lado contrario con respecto al hemisferio afectado). La mayoría de estos individuos eran conscientes de su parálisis; sin embargo, un porcentaje pequeño de los pacientes la negaba rotundamente, aunque su estado mental era por lo demás completamente normal. Estos pacientes presentaban un extraño trastorno denominado anosognosia o síndrome de la negación, que consiste en

la incapacidad de reconocer una enfermedad o defecto propio. Lo más sorprendente, sin embargo, fue el hecho de que algunos de estos pacientes anosognosicos no solamente negaban su propia parálisis, sino también la parálisis de otros pacientes, aunque ésta fuera claramente visible tanto para ellos como para los demás.

Actualmente, gracias al desarrollo de las técnicas de obtención de imágenes del cerebro en vivo, como la PET (tomografía por emisión de positrones) o la fMRI (resonancia magnética funcional), que permiten ver variaciones de la actividad neuronal en regiones discretas del cerebro, se ha puesto de manifiesto la existencia de sistemas de neuronas especulares o redes neuronales «compartidas» en humanos. Además, existen pruebas de redes neuronales «afectivas» que podrían estar en la base de nuestra capacidad para la empatía. Así, se ha observado que los patrones de activación de ciertas áreas del cerebro son similares cuando los sujetos sienten sus propias emociones y cuando observan estas mismas emociones en otros. En otras palabras, la observación del estado emocional de otra persona activa las redes neuronales implicadas en el procesamiento de ese estado en uno mismo. Algunos investigadores sugieren que estos circuitos neuronales «compartidos» podrían formarse mediante un mecanismo de aprendizaje asociativo, es decir, por asociaciones entre neuronas que se activan simultáneamente. Según estos autores, cada vez que un perceptor (como la visión de un rostro triste o enfadado), o una señal simbólica (como la palabra 'dolor'), sea acompañado por una cierta activación emocional, visceral o sensorial, se formará una asociación (conexión) entre esa señal y la representación neuronal de la sensación interna. Más tarde, la mera presentación de esas señales puede desencadenar la representación emocional, visceral o sensorial asociada con ella.

La existencia de las neuronas o sistemas especulares podría explicar no solamente nuestra «facilidad» para el aprendizaje de los movimientos o la tendencia natural a la imitación de los gestos u otros movimientos, sino también la capacidad de hacer propia la manera en que siente otra persona y de compartir sus sentimientos (empatía), lo cual nos puede llevar a una mejor comprensión de su comportamiento o de su forma de tomar decisiones.

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

José M^a Blanco Martín

Profesor Titular del Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga.

El nicho ecológico y el primer enfoque ataxonómico

Elton define el nicho ecológico como «lo que realmente hace el animal, y no sólo sus apariencias»¹ en un claro enfrentamiento a la concepción estática enquistada desde la fitogeografía. En realidad, Elton no define el nicho como

concepto final, sino como una de las cuatro premisas que le llevan a elaborar su teoría sobre la pirámide de números, acerca de la estructura de las comunidades, cuya importancia no sería apreciada hasta casi veinte años después, cuando el concepto de ecosistema nazca en la mente racional de Tansley, y Lindeman intente publicar

su brillante artículo sobre el flujo de energía en distintos niveles tróficos dentro del ecosistema.

Además de la formulación dinámica de nicho, Elton tiene que inventar el concepto de cadena o ciclo alimentario y considerar la posición de cada especie en la cadena, además de tener en cuenta la discontinuidad en el tamaño de los organismos implicados en la cadena trófica, por cuestiones puramente mecánicas (el depredador ha de tener un tamaño acorde con su presa). Con estas cuatro premisas, Elton elabora su teoría sobre la pirámide de cantidades animales, que relaciona la abundancia de las especies en función de su tamaño corporal. Inicialmente atribuye la forma de estas distribuciones a la mayor tasa de reproducción de los animales pequeños y avanza algo sobre la progresiva escasez de recursos a lo largo de la cadena trófica, pero esta idea no se formalizaría hasta bastante más tarde.

La fragua de la teoría ecológica

Gause llegó al concepto de nicho desde el lado matemático de la ecología en 1935 y lo revistió de propiedades teóricas potencialmente muy valiosas². Utilizando las premisas de competencia entre especies —que estuvieron prácticamente abandonadas desde que Darwin las formuló— llevó a cabo una serie de experimentos de laboratorio para probar algunos resultados teóricos sobre dinámica de poblaciones, principalmente entre especies competidoras. Su principio de exclusión competitiva dejaba meridianamente clara la singularidad del nicho: si dos especies ocupan el mismo nicho, es imposible que coexistan.

La teoría sobre la que se sustentaban los experimentos de Gause procedía de los trabajos de Lotka. Este científico austriaco realizó un verdadero esfuerzo para fundar las bases físicas de la biología en su libro *Elementos de biología física*, pero no tuvo la repercusión esperada entre los físicos —y menos entre los biólogos— de su época y sólo escasos retazos de su obra fueron apreciados por algunos ecólogos como Gause. Los modelos de depredador y presa, y de competencia entre poblaciones, son sólo una mínima parte de toda la teoría que elaboró Lotka, modelos a los que también llegó el matemático italiano Volterra tras considerar que las poblaciones deberían interactuar igual que las moléculas en una reacción cuya velocidad dependiese de la frecuencia de encuentros³.

Ecosistemas

Los insistentes embates que recibe la ecología desde las facciones teóricas desencadenan la necesidad de acotar conceptualmente los objetos que manejaban los ecólogos. Tansley decide en 1935 acabar con el finalismo heredado desde los orígenes de la ecología y aplicar asépticamente el método científico a esta ciencia ya cuajada. Ello requería la definición precisa y aislada del sistema al que aplicar el método⁴. Para Tansley, el objeto de aplicación del método científico en ecología es «...la totalidad del sistema, que incluye no sólo el complejo de los organismos, sino también todo el complejo de factores físicos [...].

Los sistemas así formados son las unidades básicas de la naturaleza [...]. Estos *ecosistemas*, como podemos llamarlos, muestran una enorme diversidad de tipos y tamaños⁵. También deja claro —y con ello acuchilla de muerte a las entelequias organicistas— que el ecosistema es un objeto del pensamiento, no de la naturaleza, cuya función es permitir el estudio de ésta de acuerdo con el rigor científico. Apoyándose en esta lúcida definición, extrae tres conclusiones de las que brotarán las tres ramas modernas de la ecología: a) considera que la progresión del estado del ecosistema a través de un equilibrio dinámico es un caso particular de la dinámica de sistemas físicos y, por tanto, se rige por las mismas leyes termodinámicas; b) este proceso dinámico, que sólo tiene sentido a largo plazo, está afectado por la evolución de sus partes, sometidas a la teoría de selección natural; y c) la actividad humana es un factor biótico —factor ecológico— más y, por ello, se deben tener en cuenta las intervenciones humanas en la naturaleza.

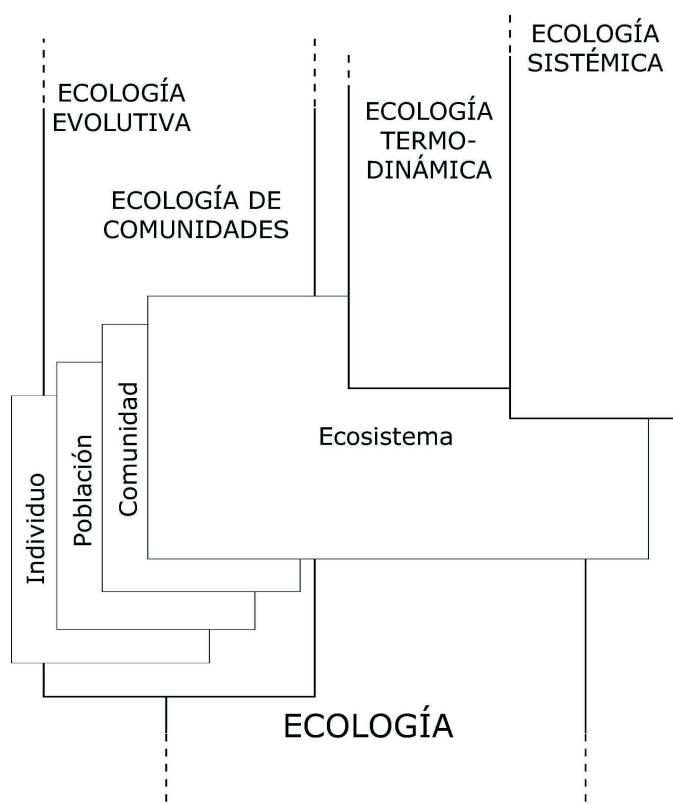


Figura 1. Las ramas más gruesas de la ecología

La ecología energética

La audacia de Tansley se propaga rápidamente durante finales de los treinta y es adoptada por jóvenes científicos⁶ que ven en el enfoque energético la más prometedora vía de avance en ecología. Lindeman es uno de ellos y transforma el barroco lenguaje naturalista en un lenguaje reducido a términos energéticos, susceptibles de ser tratados en la teoría termodinámica. La obra de Lindeman es sorprendentemente actual: utiliza un enfoque moderno,

con compartimentos, niveles tróficos, eficiencias y balances de procesos, y sus conclusiones lo son aún más. Encuentra pruebas experimentales de que el cociente respiratorio (energía respirada/energía dedicada al crecimiento) aumenta al ascender por las cadenas tróficas, y de que la eficiencia ecológica (el cociente entre la producción de un nivel trófico y el inmediato inferior) aumenta en cada peldaño trófico, aunque su exiguo valor medio limita el número de niveles hasta los que puede ascender la energía. Las implicaciones de estos resultados salpicaron a toda la ecología, proporcionando un nuevo marco teórico independiente del poblacional, y permitieron aplicar nuevas explicaciones a fenómenos como la sucesión —del trabajo de Lindeman ya se puede deducir que el cociente producción/biomasa disminuye a lo largo de la misma.

En el camino de esta rama de la ecología hacia el hiperreducciónismo cibernetico de la dinámica de sistemas, Odum⁷ le propina el impulso definitivo en 1950. Formaliza conceptualmente las ideas de Lindeman y las arropa en el seno de los principios de la termodinámica: el equilibrio térmico, la conservación de la energía y la irreversibilidad de los procesos que alteran la entropía de los sistemas abiertos⁸. Propone audaces ideas acerca de la evolución de los ecosistemas, la sociedad humana y la naturaleza interdisciplinar de la ecología. Odum explica, por ejemplo, el aumento de especies y de la diversidad durante la sucesión ateniéndose al proceso de selección natural de ecosistemas que tiendan a aumentar la potencia utilizada, disminuyendo más rápidamente la energía libre en el sistema (incluidas las sociedades humanas). También señala que, entre dos sistemas conectados, la energía fluye hacia el más organizado y cómo este último puede alcanzar un nivel de organización muy elevado manteniendo al primero en un estado inmaduro⁹.

(continuará)

Notas

¹ En su libro *Animal ecology*, publicado en Londres en 1927. (Citado por DELÉAGE, op.cit.)

² Esta trabajo abriría el camino a Hutchinson para formalizar, más de veinte años después, el nicho ecológico como una fracción del hipervolumen cartesiano formado por los factores ecológicos determinantes de la distribución de cada especie.

³ Esta teoría sobre la cinética química fue iniciada por Trauta (1916) y Lewis (1918) y desarrollada por varios científicos en la década de los 20. Aunque ya se conocía desde 1867 su versión empírica o «ley de acción de masas», formulada por los noruegos Guldberg y Waage, Volterra tuvo el mérito de traspasar a la ecología una teoría físico-química recién propuesta en una ciencia por aquél entonces mucho más importante. De hecho, toda la familia de modelos clásicos en dinámica de poblaciones (incluidos el logístico y los de competencia) se pueden deducir de la ley de acción de masas al considerar el recurso como variable.

⁴ Más adelante se habla con más detalle sobre el método científico.

⁵ Citado por DELÉAGE (op. cit.).

⁶ Sepueden considerar como la segunda generación de ecólogos. Raymond Lindeman elabora toda su teoría con sólo veinticinco años, inspirado en su maestro y amigo George Evelyn Hutchinson. Fatídicamente, muere antes de ver publicado su artículo, una de las piedras angulares de la ecología moderna (*The trophic-dynamic aspect of ecology*, Ecology 23, 1942).

⁷ Howard, el menor de los dos hermanos, que ni siquiera era ecólogo de formación —sino químico nuclear— y sin duda fue atraído por los enigmáticos sistemas que manejaba su hermano Eugene.

⁸ Además, adapta la simbología de los circuitos eléctricos al flujo de energía dentro de los ecosistemas, lo que facilita el desarrollo y la comprensión de los modelos conceptuales.

⁹ Es la alegoría de sistemas como ciudad/plantación, ballenas/plancton o primer/tercer mundo. De minúsculo interés real, incita una atractiva disquisición filosófica.