

Más es diferente

¿Qué tienen en común una pila de arena, el clima, los ecosistemas, el lenguaje o la economía? Aunque sin duda se trata de sistemas muy distintos, todos ellos comparten una importante propiedad: pueden describirse a partir de un gran número de constituyentes básicos que interaccionan entre sí mediante reglas sencillas. A su vez, esas interacciones dan lugar a fenómenos nuevos, o «emergentes», los cuales generan un todo que es mucho más que la simple suma de sus partes.

Tales fenómenos son los que intenta describir la ciencia de los sistemas complejos. Una ciencia que en las últimas décadas ha cobrado cuerpo propio y ha comenzado a revelar toda una serie de leyes, muchas de ellas sorprendentemente universales, en sistemas tan dispares como las células, el cerebro, la tecnología o la sociedad. El presente monográfico ofrece un recorrido por sus principios fundacionales (págs. 6-49) y por algunas de sus aplicaciones más representativas (págs. 52-94).

En 1972, en un famoso artículo cuyo título hemos tomado prestado para esta presentación, el premio nóbel Philip W. Anderson argumentó a favor del carácter fundamental de las leyes emergentes. En él Anderson no ponía en duda el postulado reduccionista que durante siglos había dominado la ciencia; esto es, el hecho de que todos los procesos físicos se hallen controlados en última instancia por el mismo conjunto de leyes elementales. Sin embargo, sí enfatizó que ello no implicaba la hipótesis construccionista: la posibilidad de derivar el mundo a partir de dichas leyes. Que todo pueda reducirse a la física de partículas no implica que, una vez conocidas sus reglas, seamos capaces de reconstruir el universo.

Así pues, la química no sería simplemente física aplicada, la biología no sería química aplicada y la neurología no sería biología aplicada. En cada nivel de organización surgen fenómenos completamente nuevos y leyes que no guardan ninguna relación obvia con las que rigen el nivel anterior. Anderson defendió que esas leyes emergentes revestían un carácter tan fundamental como las primeras, hasta el

punto de que su entendimiento exigía el mismo grado de inspiración y creatividad por parte de los investigadores. Un gran número de constituyentes en interacción no solo da lugar a un sistema mayor, sino a uno fundamentalmente distinto. Más es diferente.

En los últimos años, ese punto de vista ha engendrado una nueva ciencia y una nueva manera de entender el método científico (pág. 47). Un indicio de que el todo es algo más que la suma de las partes apareció en el último tercio del siglo xx de la mano de la teoría del caos, el hecho aparentemente paradójico de que leyes deterministas puedan dar lugar a fenómenos intrínsecamente imposibles de predecir (pág. 6). Poco después, el hallazgo de que numerosos sistemas naturales parecen organizarse espontáneamente en un estado que opera al borde del desorden (pág. 18) y el nacimiento de la

moderna teoría de redes (págs. 26 y 44) acabarían asentando el estudio de los sistemas complejos. Sistemas que, pese a todas sus diferencias, han demostrado obedecer una insólita cantidad de leyes comunes (pág. 36).

Tales leyes se han aplicado para describir fenómenos tan variados como las selvas tropicales, las mutaciones víricas, los hormigueros y la evolución biológica (pág. 52). Han servido para abordar con nuevas herramientas la estabilidad de los ecosistemas (pág. 60) o la dinámica del cerebro (pág. 70). Y han permitido investigar con métodos físicos y matemáticos ámbitos hasta hace poco vedados al análisis cuantitativo, como el lenguaje humano (pág. 78) o la propia deriva de la sociedad (pág. 88). Desde el metabolismo celular hasta la evolución de la tecnología, la nueva ciencia de la complejidad ha venido para quedarse. —La redacción

CONJUNTO DE MANDELBROT:
Las estructuras fractales subyacen a la dinámica de numerosos sistemas complejos.



SUSCRÍBETE A LA REVISTA TEMAS

Ventajas para los suscriptores:

- **Envío** puntual a domicilio
- **Ahorro** sobre el precio de portada
~~27,60 €~~ 22 € por un año (4 ejemplares)
- **Acceso gratuito** a la edición digital de los números incluidos en la suscripción

Selecciones temáticas
de nuestros
mejores artículos



www.investigacionyciencia.es/suscripciones
Teléfono +34 934 143 344

Los monográficos de
**INVESTIGACIÓN Y
CIENCIA**





Complejidad y caos

1 Presentación
Más es diferente
 La redacción

ENTENDER LA COMPLEJIDAD

- 6 Caos**
 James P. Crutchfield, J. Doyne Farmer,
 Norman H. Packard y Robert S. Shaw
- 18 Criticalidad autoorganizada**
 Per Bak y Kan Chen
- 26 Redes sin escala**
 Albert-László Barabási y Eric Bonabeau
- 36 Leyes universales**
 Terence Tao
- 44 La ciencia de redes cumple 20 años**
 Alessandro Vespignani
- 47 ¿Cómo deberían ser las teorías de los sistemas complejos?**
 Sophia Kivelson y Steven A. Kivelson

FENÓMENOS EMERGENTES

- 52 Complejidad en la frontera del caos**
 Ricard V. Solé, Jordi Bascompte,
 Jordi Delgado, Bartolo Luque
 y Susanna C. Manrubia
- 60 Redes mutualistas de especies**
 Jordi Bascompte y Pedro Jordano
- 70 Cuando las neuronas sincronizan sus relojes**
 Raúl Vicente y Claudio R. Mirasso
- 78 Lenguaje, redes y evolución**
 Ricard V. Solé, Bernat Corominas Murtra
 y Jordi Fortuny
- 88 Complejidad, tecnología y sociedad**
 Carlos Gershenson



EN PORTADA

Durante siglos, el paradigma dominante en la ciencia ha sido reduccionista. En los últimos años, sin embargo, varios avances han puesto de manifiesto la importancia de entender los fenómenos emergentes. Del efecto mariposa a la autoorganización y la teoría de redes, la nueva ciencia de la complejidad ha aportado un fructífero prisma para entender fenómenos tan dispares como el clima, la evolución biológica o Internet. Ilustración: Getty Images/agsandrew/iStock