

Aplicaciones de la geometría fractal: del cambio climático al cáncer



Más allá de descubrir una nueva [dimensión geométrica](#) de gran belleza en las formas y [los procesos de la naturaleza](#), Benoit Mandelbrot [sabía que los fractales serían de gran utilidad para muchos campos de la ciencia](#). Si se identifica una estructura esencial en la naturaleza y se aplican los principios de la geometría fractal para descomponerla, **se pueden hacer predicciones sobre cómo se comportará dicha estructura en el futuro** gracias a que los fractales cumplen con el principio matemático de autosimilitud (se replican de forma idéntica infinitas veces, a distinta escala).

Partiendo de esta reflexión se puede entender que hoy en día se estudie cómo pueden ayudar los fractales a prevenir, desde [la evolución del cambio climático](#) o el desarrollo de un [cáncer](#), hasta [los ciclos de los procesos geológicos de la Falla de San Andrés](#). La denominada [“huella digital de Dios”](#) **permite explicar procesos muy complejos a través de fórmulas matemáticas aparentemente sencillas** ($Z = Z^2 + C$).

UN CÓDIGO OCULTO EN LOS PROCESOS BIOLÓGICOS

Si las interacciones entre los átomos [se producen en función del principio de autosimilitud](#) de la geometría fractal, es posible **explicar con estas bases matemáticas muchos fenómenos complejos de la naturaleza**. En términos matemáticos, los fractales no pueden predecir cómo serán los grandes eventos en [sistemas caóticos](#), pero sí pueden [decirnos que, de facto, van a ocurrir](#).

La salud del cuerpo humano: cáncer, cardiología y fisionomía pulmonar

Aunque durante siglos se había pensado que el corazón humano late de forma regular y lineal, finalmente se ha demostrado que existe [un patrón fractal determinado para los latidos de un corazón sano](#). Investigadores de la *Harvard Medical School* han demostrado que **las alteraciones en la escala fractal pueden ser la base de alteraciones fisiopatológicas**, incluido [el síndrome de muerte súbita cardíaca](#).




Imagen: Los pulmones comparten el mismo patrón de ramificación que los árboles porque ambas estructuras han evolucionado para cumplir una función similar: la respiración. / Fuente: **CCO Public Domain**.

Los fractales también explicarían cómo los pulmones (un órgano con una forma que responde a estos mismos patrones) [se ventilan de manera homogénea en un proceso que optimiza el gasto energético siguiendo un patrón fractal determinado](#). ¿Es entonces la geometría fractal una especie de principio de diseño biológico que nos programa para funcionar de la manera más eficaz posible? De ser así, una de sus aplicaciones más prometedoras es **detectar cuándo va a fallar esa programación óptima, convirtiéndose en una potente herramienta de diagnóstico**, mucho más que cualquier máquina y, además, de aplicación universal. Así, en el tratamiento del [cáncer](#), por ejemplo, **la geometría fractal es útil para [desvelar la arquitectura patológica de los tumores](#) y sus mecanismos de crecimiento**.

Ecología, naturaleza y medioambiente

Fuera de nuestro cuerpo, pero dentro de la biología del planeta Tierra, también se encuentran patrones fractales en fenómenos naturales tan dispares como [los terremotos](#), la [fragmentación de los minerales](#), la [trayectoria de los ríos](#) o la coordinación [del vuelo de las bandadas de pájaros](#). Además, **los fractales sirven en ecología para cuantificar la cantidad de CO2 que los bosques pueden llegar a procesar**, o incluso, estudiar [cómo se extiende un fuego en un incendio forestal](#).

LA TIERRA, EL UNIVERSO Y LOS FENÓMENOS FÍSICOS

El propio Mandelbrot estudió en profundidad [la orografía y la forma de los continentes en el Planeta Tierra](#), llegando a la conclusión de que el grado de irregularidad de las costas y los relieves verticales o la distribución de las islas y su conjunto con el continente, **todo sugiere que la superficie de la Tierra es estadísticamente autosimilar**.




Imagen: si dividimos un rayo en trozos, sin saber a qué escala está, podemos observar que cada parte tiene la misma apariencia que el rayo completo. / Fuente: **Max LaRoche en Unsplash**

Si nuestro planeta responde entonces a los principios del “diseño fractal”, es lógico entender que también lo hace el universo del que forma parte. Así, **las matemáticas fractales se aplican al estudio de diferentes fenómenos físicos como la curvatura del espacio-tiempo**, por ejemplo, [algo que la geometría euclidiana no podía describir](#), tal y como alegaba el propio Albert Einstein en [su batalla personal con las matemáticas](#).

En [Astrofísica](#), los fractales se utilizan para [analizar la formación de las estrellas](#), ya que las nubes de partículas (igual que las de lluvia) se forman siguiendo el principio de autosimilitud, con patrones irregulares pero recurrentes. Es entendible entonces que el desarrollo de tecnologías que dependen de fenómenos físicos, como las telecomunicaciones, también hagan uso de los fractales para optimizar su rendimiento, como en el caso de [las antenas que utilizan esta base matemática para alcanzar un rango más amplio de frecuencias](#), muy comunes en dispositivos inalámbricos.

Además de los fenómenos que el hombre ha encontrado hechos en la biología y el planeta Tierra, las matemáticas fractales pueden aplicarse también en procesos contruidos por el hombre, como [las finanzas](#), el comportamiento del [mercado de valores](#) o [la composición musical](#). ¿Dónde está el límite de esta infinita fuente de sabiduría?