

de concentración del factor de crecimiento hacia la región falta de oxígeno. Además, hay otras células que siguen a éstas, proliferan y van construyendo las paredes del capilar. Simplificando, las puntas avanzan sometidas a fricción, a una fuerza proporcional al gradiente del factor de crecimiento, y a una fuerza aleatoria que puede modelarse como un *ruido blanco*, y se sabe que pueden eventualmente dividirse en dos puntas y fusionarse con vasos sanguíneos que encuentran en su camino (*anastomosis*) —panel izquierdo en la figura adjunta.

Luis L. Bonilla, Manuel Carretero y Filippo Terragni de la UC3M, en colaboración con la Universidad de California en Santa Bárbara, acaban de resolver aproximadamente (DOI: 10.1038/srep31296) una **descripción** —que ellos mismos habían desarrollado antes en colaboración con la Universidad de Milán (DOI: 10.1103/PhysRevE.93.022413)— **para la densidad de las puntas activas de los capilares mediante una ecuación integro-diferencial**. Se sigue que **esta densidad avanza hacia el tumor como un solitón** similar al de las ondas en aguas superficiales y los tsunamis (panel derecho en la figura). El tratamiento numérico indica que el solitón es la solución estable al término de una etapa inicial de formación después de salir del vaso sanguíneo primario. Esta **identificación del solitón como motor de la angiogénesis** sugiere la posibilidad de describir ese complejo proceso mediante coordenadas colectivas, lo que en principio es muchísimo más sencillo, de modo que es **un importante primer paso para comprender y controlar la angiogénesis** inducida por tumores mediante modelos teóricos.

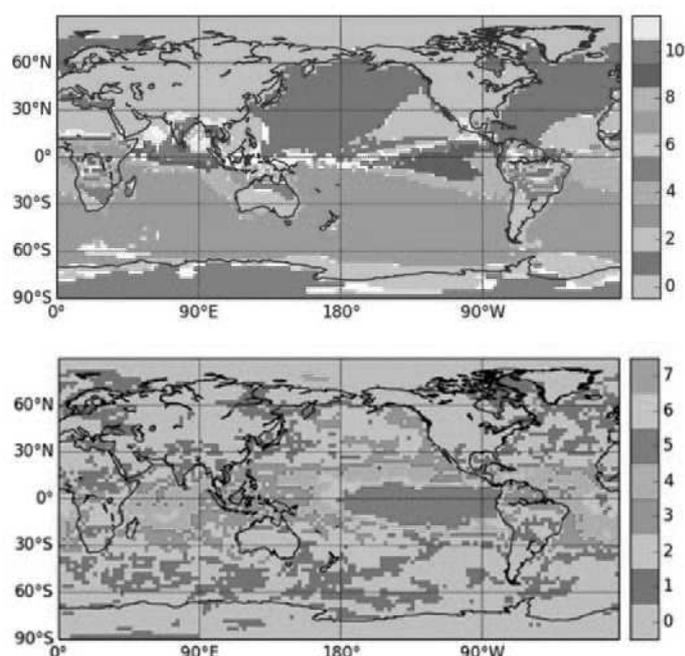
## IDENTIFICANDO SIMILITUDES CLIMÁTICAS

**M**uchos sistemas naturales pueden verse como conjuntos de unidades dinámicas que interactúan en red con estructura modular, donde se relacionan distintas comunidades de nodos muy interconectados. El **clima de nuestro planeta**, con su enorme variedad de subsistemas relacionados, es paradigma de sistema con esta estructura. El **proyecto europeo LINC** (climatelinc.eu)

coordina científicos de distintas áreas para desarrollar técnicas que permitan comprender los fenómenos climáticos desde este punto de vista. Giulio Tirabassi y Cristina Masoller de la UPC han propuesto en este marco dos nuevos métodos para identificar comunidades climáticas, y los han validado analizando conjuntos de datos reticulares que cubren toda la superficie de la Tierra (DOI: 10.1038/srep29804). Identificando desfases entre series temporales de distintos puntos, y mediante técnicas simbólicas de análisis de datos, los investigadores han descubierto **las comunidades regionales más significativas en los fenómenos climáticos a gran escala**.

El primer método permite **identificar regiones geográficas con ciclos estacionales sincrónicos**. La primera figura muestra con el mismo color las que tienen un ciclo de temperatura superficial del aire sincrónico; el desfase entre dos regiones se calcula restando los números asociados con cada color (en las zonas blancas no están bien definidos los desfases). Como se esperaba, hay un desfase de seis meses entre regiones continentales en distintos hemisferios (por ejemplo, la comunidad que contiene Argentina y Australia con la que contiene Canadá). También se observa que los océanos tienen un retraso mínimo de un mes respecto a las masas continentales, y aún mayor (dos o tres meses) en la región de El Niño, en el océano Pacífico oriental ecuatorial.

El segundo método propuesto **detecta comunidades con patrones de variabilidad climática similares**. Las redes climáticas se suelen construir analizando correlaciones, de modo que regiones vecinas estén muy fuertemente conectadas mientras que regiones distantes están débil o indirectamente conectadas. El método propuesto es novedoso pues se basa en **análisis estadístico simbólico de series temporales** (en lugar de analizar correlaciones)



y **permite identificar cuatro macrocomunidades con similares características climáticas**. Se muestran en la segunda figura: los continentes en los dos hemisferios están en la misma comunidad, otra comunidad está formada por la región de El Niño, mientras que los océanos se dividen en dos comunidades que representan regiones tropicales y extra-tropicales. Un análisis detallado de las propiedades estadísticas de las series temporales simbólicas en estas comunidades permite demostrar que comparten similares patrones de variabilidad climática.

Estas herramientas para identificar comunidades a partir de señales observadas pueden ser **útiles en el estudio de otros sistemas dinámicos complejos** como, por ejemplo, el cerebro.

## IMPORTA CÓMO ES LA SECUENCIA DE LAS INTERACCIONES

**E**s bien conocida hoy día la importancia que tiene el concepto de red para entender los cruciales efectos de las interacciones en sistemas biológicos, sociales y tecnológicos. En este contexto interesan las propiedades de la red y su influencia en procesos tales como sincronización y propagación y difusión de señales, rumores o epidemias, un aspecto que, a pesar de notables progresos en las últimas décadas,