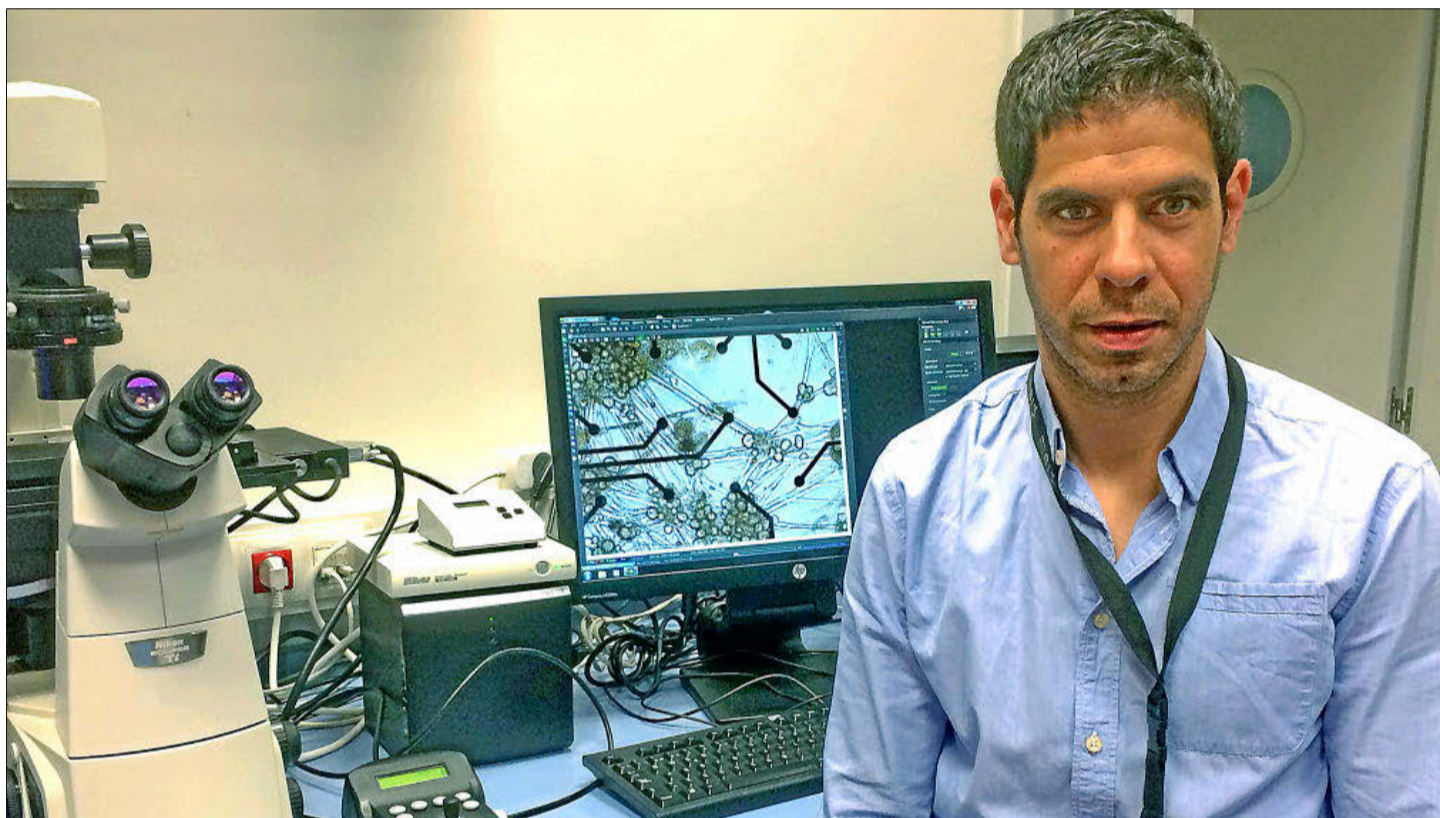


>Salud/ Investigación

Superficie para implantes óseos que favorece la regeneración

PÁGINA 3



Javier Martín Buldú, investigador del Centro de Tecnologías Biomédicas (CTB) de Madrid. CTB

>ENTREVISTA

El cerebro, una red social

> **Javier Martín Buldú** es doctor en Física Aplicada, investigador del Centro de Tecnologías Biomédicas (CTB) de Madrid y profesor titular de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC). **Elena Soto**

Diferentes regiones cerebrales se conectan formando una gran 'red social' en la que sus componentes interactúan y se organizan de una forma similar a como lo hacen los usuarios de *Facebook* o *Twitter*. En la novena edición del ciclo de conferencias *Explorando las fronteras entre saberes*, organizado por el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (IFISC, UIB-CSIC) en colaboración con La Caixa, el investigador Martín Buldú explicará cómo se pueden aplicar diferentes metodologías provenientes de la Ciencia de las Redes para estudiar uno de los sistemas complejos por excelencia. Su charla, *El cerebro es una red social*, tendrá lugar mañana, 11 de mayo, a las 19 horas, en

CaixaForum, Palma.

Pregunta.— El título de su conferencia es El cerebro es una red social ¿podría explicarlo brevemente?

Respuesta.— Está enmarcada en un ciclo general sobre la inteligencia y yo ofrezco una visión complementaria desde la perspectiva de la ciencia de redes. La investigación que realizamos en nuestro laboratorio intenta comprender cómo está organizado el cerebro, entendiendo que es una red —un conjunto de puntos que está haciendo cosas—, en este caso regiones cerebrales que se comunican entre ellas. Nosotros reconstruimos la estructura de esas conexiones de actividad, de cómo se están hablando unas zonas del cerebro con

otras y, si uno se para a pensarlo, es algo parecido a lo que ocurre en una red social como *Facebook*, por ejemplo, en la que hay usuarios, que serían los nodos, comunicándose entre ellos de diferentes maneras, como pueden ser los mensajes u otras interacciones (conexiones). La estructura de cómo está organizada esa red permite analizarla porque presenta una serie de propiedades estructurales que pueden identificarse. Curiosamente *Facebook* o *Twitter* se organizan de manera similar a las redes cerebrales y ambas comparten unas cinco propiedades básicas que, también, son comunes a otros sistemas.

R.— ¿Podría decirnos alguna de las propiedades que comparten?

R.— Por citar alguna, hablaría de la denominada 'pequeño mundo' (*small world*) que dice que estamos separados por seis grados, tan sólo seis pasos nos separan de cualquier persona del planeta. En *Facebook*, por ejemplo, hay unos 1.600 millones de usuarios y la compañía ha publicado recientemente un estudio en el que afirma que el número de pasos medios para establecer contacto con cualquier persona de cualquier parte del mundo es de poco más de 3,5.

Básicamente, lo que dice esta propiedad es que el número de pasos se escala con el logaritmo del número de nodos y en el cerebro sucede algo similar; se estima que hay unos 100.000 millones de neuronas y, a pesar de esta gran canti-

dad, el número de pasos para ir de una neurona que se comunica con otra muy alejada es muy bajo. Esta propiedad de 'pequeño mundo', que se ha detectado en cualquier tipo de red cerebral, facilita mucho la comunicación. Es decir, si identificas 500 regiones corticales que son relevantes en la actividad funcional, el número de pasos para ir de una región cortical a otra no es del orden de 100 o 50 sino muchísimo menos, en tres o cuatro ya llegarías al otro punto de la red.

Otra propiedad importante es que todas las redes reales son muy heterogéneas, porque el número de conexiones de cada nodo —ya sean usuarios en *Facebook* o regiones corticales en el cerebro— es muy dispar. **SIGUE EN PÁGINA 2**

-VIENE DE PORTADA

Hay una cantidad muy alta de regiones corticales, por ejemplo, que tienen muy pocas conexiones, pero existe un número pequeño que presenta muchísimas y ocurre lo mismo en las redes sociales en las que hay personas muy relevantes. A estos nodos superconectados, ya sea a nivel social o cerebral, se les denomina *hubs* y son fundamentales en todos los procesos.

Cuando se analiza una red aparecen regiones muy conectadas, esenciales, porque son los cuellos de botella por donde pasa la información. Hay que tenerlas en cuenta porque si se produjera un fallo en alguna de ellas es más probable que caiga toda la red. Curiosamente, esta heterogeneidad le confiere a la red mucha robustez y, en el caso concreto del cerebro, si se comenzaran a producir fallos de manera aleatoria sería difícil que alcanzaran alguna de estas zonas de nodos tan conectados, porque hay muy pocas. Pero si, debido a una lesión o enfermedad neurovegetativa, alguna de estas se viera afectada el impacto sería grande.

P.- ¿Cómo puede ayudar la Teoría de las Redes Complejas (TRC) a entender mejor el funcionamiento del cerebro?

R.- El cerebro es un sistema complejo, probablemente el que más, y esta teoría estudia cómo la estructura de sus conexiones puede influir en los procesos que ocurren en él.

Para entender cualquier sistema complejo no sirve analizar sus partes por separado, hay que estudiar el sistema global porque sus propiedades solamente se pueden explicar desde esta perspectiva. Una neurona pulsa, pero cuando realizo una tarea motora o recuerdo algo hay cientos de miles de neuronas actuando a la vez, es una tarea emergente que no se puede entender con la actividad de una única neurona.

En el caso del cerebro, analizamos como está organizada la red y detectamos módulos, regiones más densamente conectadas entre ellas y, además, vemos los caminos que las conectan con otras, lo que puede



El investigador Javier Martín Buldú en el laboratorio del Centro de Tecnología Biomédica. CTB

ayudarnos a explicar qué pasaría si se produce una lesión en una parte y a qué otras puede afectar. También estudiamos cómo la red se organiza en el tiempo, ya que va cambiando y adaptándose con la edad o los hábitos cognitivos y este aspecto tiene mucho interés en el estudio de enfermedades neurodegenerativas.

P.- ¿Cómo puede aplicarse la investigación a este tipo de trastornos?

R.- En el centro trabajamos con personas con deterioro cognitivo leve (DCL) –que en ciertos casos es un paso previo al alzhéimer–, analizando cómo es su red funcional. Se llevó a cabo un estudio con pacientes aquejados de DCL y un grupo de sujetos sanos para comparar los resultados y observamos diferencias. Hemos visto que a la hora de realizar una tarea de memoria la red de los primeros se organiza de

manera distinta a la del grupo control. Por ejemplo, comienzan a incrementar las conexiones funcionales a larga distancia, es como si

«Esta teoría permite analizar casi cualquier tipo de sistema que se pueda proyectar en una red»

las regiones corticales no encontrarán con quien conectarse. Estas técnicas son muy útiles para entender las enfermedades neurodegenerativas, aunque no explicarlas, porque vemos los cambios que se están produciendo, las consecuencias del trastorno, pero no podemos explicar de dónde provienen.

P.- ¿Cómo se llevan a cabo los estudios?

R.- En el centro disponemos de uno de los pocos aparatos de magnetoencefalografía que hay en España y, básicamente, lo que hace es medir con una alta resolución temporal el campo magnético generado por millones de neuronas situadas en la zona cortical –la más externa– del cerebro. A los usuarios se les practican unos registros en estado de reposo y, también, mientras llevan a cabo tareas de memoria para ver la actividad del cerebro.

P.- Sociales, cerebrales o de dispersión de enfermedades ¿qué tipo de redes se pueden estudiar?

R.- Desde las sociales, cerebrales o de proteínas a las ecológicas, pasando por las genéticas o las eléctricas, esta teoría permite analizar casi cualquier tipo de sistema que se pueda proyectar en una red y se aplica a

una gran cantidad de campos porque es una teoría muy transversal. Además, es interdisciplinar y reúne gente procedente de la ingeniería, la física, las matemáticas, la biología o la medicina, entre otras áreas. Y aunque se llame Teoría de Redes Complejas es una metodología muy aplicada que analiza casos reales.

El estudio de propagación de enfermedades, por ejemplo, es un campo en el que se lleva trabajando algún tiempo, sobre todo en EEUU; existen modelos matemáticos diferentes sobre cómo se propaga una enfermedad en una red social real, que permiten crear una estructura de red y simular qué es lo que está pasando. Hay páginas de grupos de investigación en las que se puede ver la predicción de propagación de determinadas enfermedades, como la gripe.

P.- ¿Cuál es el origen de la Teoría de Redes Complejas?

R.- Actualmente, se le suele denominar Ciencia de las Redes y se basa en cuatro pilares fundamentales; el primero es la Teoría de Grafos que comenzó con Euler; el segundo, la física estadística para extraer las propiedades globales de una red a nivel macroscópico; el tercero, la dinámica no lineal para analizar los procesos dinámicos que ocurren en la red y, finalmente, el *big data*, porque se trabaja con una cantidad ingente de datos.

La semilla la plantó en 1736 el matemático Euler con su solución al famoso problema de los puentes de Königsberg que no solo resolvió sino que, al transformar la ciudad y sus puentes en una red, creó lo que se conoce hoy en día como la Teoría de Grafos. Ya en el siglo XX, otros muchos, sobre todo matemáticos, como Erdős, y también sociólogos a partir de los años 70 han trabajado en el tema de redes. Pero la clave y lo que inició este campo de investigación fueron dos artículos de finales de los 90, uno de Strogatz sobre las redes de ‘pequeño mundo’ y otro de Barabási sobre las redes libres de escala; a partir de estas dos publicaciones la cantidad de trabajos analizando casos reales ha crecido exponencialmente.

>PROYECTOS CON FUTURO

Dos premios internacionales para la colaboración científica LIGO

Por **E. S.**

Los investigadores de la colaboración científica internacional LIGO, entre ellos los investigadores del Grupo de Relatividad y Gravitación de la Universidad de las Illes Balears, han sido premiados recientemente con dos destacados galardones internacionales, el premio Gruber de cosmología y el premio especial Breakthrough de física fundamental, por haber llevado a cabo la primera detección directa

de las ondas gravitacionales.

El premio Gruber de cosmología lo otorga la Fundación Gruber, de la Universidad de Yale (EUA), y está dotado con quinientos mil dólares y el premio especial Breakthrough de física fundamental lo otorga la Fundación Milner y está dotado con tres millones de euros, a repartir entre los fundadores de LIGO, Ronald W. P. Drever, Kip S. Thorne y Rainer Weiss, y los



La investigadora Alicia Sintés presentando el descubrimiento en la UIB. UIB

1.012 investigadores que firman el artículo del descubrimiento.

La UIB participa en la colaboración científica LIGO (LSC) desde 2002, si bien la doctora Alicia Sintés, profesora del Departamento de Física de la UIB y miembro del grupo de Relatividad y Gravitación (GRG), fue una de las investigadoras que intervino en la puesta en marcha de este grupo de científicos en 1997. Ella, juntamente con el doctor Sascha Husa, también profesor de la UIB y miembro del GRG, forman parte del Consejo de LIGO.

En la actualidad, el grupo de Relatividad y Gravitación de la UIB es el único de España que participa en LIGO.