

Puntos de interés

Descripción breve y sencilla de iniciativas docentes en nuestros colegios e institutos que han de ser resaltadas, de investigaciones relevantes de autores españoles o de extranjeros en instituciones españolas, y de otros hechos interesantes sobre ciencia y enseñanza, políticas educativa y científica y sus actores¹



Ilustración por gentileza de Alberto García Gómez (albertogg.com).

UNA IMAGEN DEL CENTRO GALÁCTICO LIBRE DEL VELO INTERESTELAR

El centro de la Vía Láctea alberga un **agujero negro supermasivo con una masa igual a unos cuatro millones de soles**. Aunque el tamaño de su horizonte de sucesos es de unos 14 diámetros solares, la gran distancia al centro galáctico (unos 26.000 años-luz) hace que su tamaño aparente en el cielo sea extraordinariamente pequeño (aproximadamente, 50 millonésimas de segundo de arco, el equivalente a una pelota de tenis vista desde la Luna).

El proyecto «Event Horizon Telescope», en continuo desarrollo desde hace más de una década, tiene como objetivo fundamental **obtener imágenes resueltas de las inmediaciones de los horizontes de sucesos en los agujeros negros supermasivos** más cercanos a la Tierra. Este instrumento está formado por **varios radiotelescopios distribuidos a lo largo de la superficie te-**

rrrestre que, al estar sincronizados con relojes atómicos, permiten reconstruir el frente de ondas de la emisión que llega del agujero negro; una emisión que, a longitudes de onda milimétricas, procede seguramente de la parte más interna del disco de acrecimiento. Una vez reconstruido el frente de ondas (y como si de datos holográficos se tratase), puede reconstruirse una imagen de los alrededores del agujero negro, con una resolución limitada, en principio, únicamente por la difracción. Dos de estos radiotelescopios son

españoles: el radiotelescopio de 40 m del Observatorio de Yebes (Guadalajara) perteneciente al Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el radiotelescopio de 30 m del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (Granada), del que el IGN es copropietario.

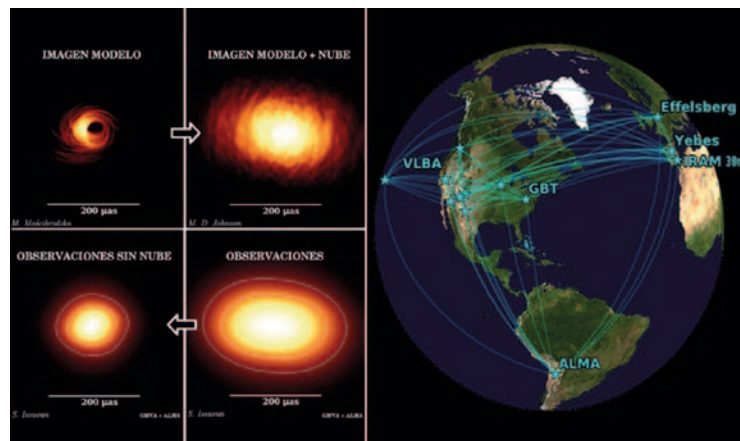
No obstante, a los complicados obstáculos tecnológicos que hay que sortear para obtener las resoluciones requeridas, hay que sumar un efecto natural que emborrona cualquier imagen que se pretenda obtener del Centro Galáctico, cualquiera que sea la resolución nativa del instrumento usado. Este efecto es el denominado “centelleo interestelar”, que **produce defor-**

se han usado **técnicas interferométricas y métodos avanzados de Fourier** para (de forma cualitativamente similar a las técnicas de óptica adaptativa usa-

das en los telescopios ópticos), **reconstruir una imagen del Centro Galáctico libre de los efectos de centelleo interestelar** y, por lo tanto, con una resolución efectiva limitada por la difracción. Como señalan Pablo de Vicente e Iván Martí Vidal, coautores del trabajo y astrónomos del Observatorio de Yebes, “esta técnica, que pronto se emplea-

rá en observaciones interferométricas a frecuencias aún más altas, deberá permitir, en un futuro cercano, obtener la primera imagen de la ‘sombra’ del agujero negro que habita en el centro de nuestra galaxia”.

Es evidente que no estaban equivocados, pues unas semanas después de publicarse estos resultados, el EHT reveló la imagen del agujero negro supermasivo de otra galaxia (M87), para la que los efectos de centelleo interestelar son, afortunadamente, despreciables. Aún tendremos que esperar un tiempo para poder ver una imagen similar de nuestro Centro Galáctico (SgrA*). De momento, los miembros del EHT continúan trabajando arduamente para conseguirla.



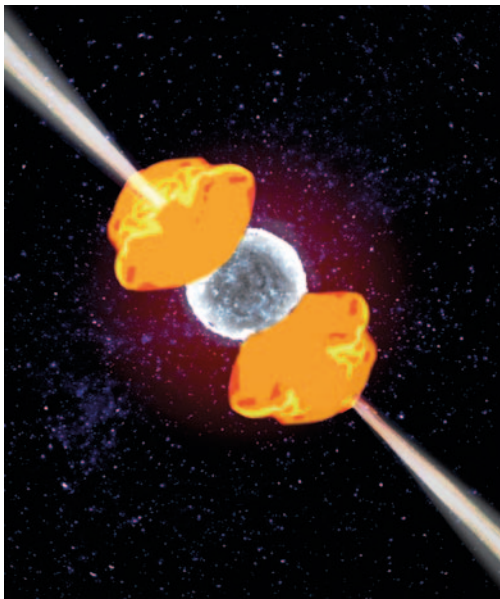
maciones aleatorias (y cambiantes) de la imagen durante las observaciones. Este efecto es similar al que limita la resolución de los telescopios ópticos, debido a las turbulencias atmosféricas, solo que en este caso el centelleo es producido por nubes de plasma turbulento que llenan el espacio entre el Centro Galáctico y la Tierra.

Un equipo internacional en el que participan investigadores españoles del Observatorio de Yebes (IGN, Yebes, Guadalajara), el Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM-CSIC, Granada) y el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC, Granada) ha publicado recientemente un trabajo en *Astrophysical Journal* (DOI: 10.3847/1538-4357/aaf732) en el que

¹ Sección preparada por Augusto Beléndez, en colaboración con actores implicados, que anima a proponer contribuciones relevantes para ser consideradas aquí.

MATERIA DEL INTERIOR DE UNA ESTRELLA SALE A LA LUZ

Las estrellas masivas casi siempre terminan en explosiones luminosas y forman un agujero negro. Si la estrella mantiene una rotación rápida hasta el final, forma un disco de acreción alrededor del agujero negro y lanza dos chorros ultrarrelativistas. Estos chorros salen de la estrella por los polos, produciendo radiación de ra-



yos gamma mientras el resto colapsa y luego explota en forma de supernova. Este fenómeno se llama “estallido de rayos gamma” (en inglés *gamma-ray burst*, GRB). Los GRB normalmente van acompañados de una supernova con líneas de absorción muy anchas, resultando de la velocidad enorme (unos 10.000 km/s) del material en la explosión.

Al salir de la estrella, los chorros pueden arrastrar material desde el interior de la misma estrella con grandes cantidades de elementos pesados, como hierro y níquel, que se forman en el núcleo justo antes de la muerte de la estrella. Desde hace años los teóricos han predicho la formación de envolturas (*cocoons*) junto a los chorros, pero normalmente, el GRB y la supernova son demasiado brillantes como para poder observar la radiación del *cocoon* alrededor del chorro.

El equipo HETH (High Energy Transients and their Hosts) del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC,

Granada) ha observado por primera vez la radiación del *cocoon*. El estudio, que ha sido publicado en la revista *Nature* (DOI: 10.1038/s41586-018-0826-3), está liderado por Luca Izzo y en él participan Antonio de Ugarte Postigo, Christina Thöne y Alexander Kann, del grupo HETH, Keiichi Maeda, de Kyoto (Japón) y una colaboración internacional. El objeto fue detectado en diciembre de 2017 y tiene la designación de “GRB 171205A” (en referencia a la fecha de la detección) o supernova 2017iuk.

Como indica la Dra. Thöne, “en este caso, el GRB estaba relativamente cerca y la radiación de los chorros fue más débil de lo habitual, lo cual que permitió observar el *cocoon*”. El *cocoon* arrastró materia expulsado de la estrella con un tercio de la velocidad de la luz. “Este evento, por fin, ha probado la teoría de los *cocoons*”, puntualiza la Dra. Thöne. Ahora los astrónomos están especulando si, en algunos casos, el chorro no llega a salir de la estrella por arrastrar demasiado material, lo cual influye el tipo de supernova que la estrella produce.

Las estrellas masivas nunca nos aburren y no debemos olvidar que todos nosotros no existiríamos sin los elementos que se han producidos dentro de ellas antes de morir. “Ahora sabemos como algunos de estos elementos importantes pueden salir del interior de la estrella”, concluye la Dra. Thöne.

FORMACIÓN DE PATRONES EN BIZOMATERIALES ACTIVOS

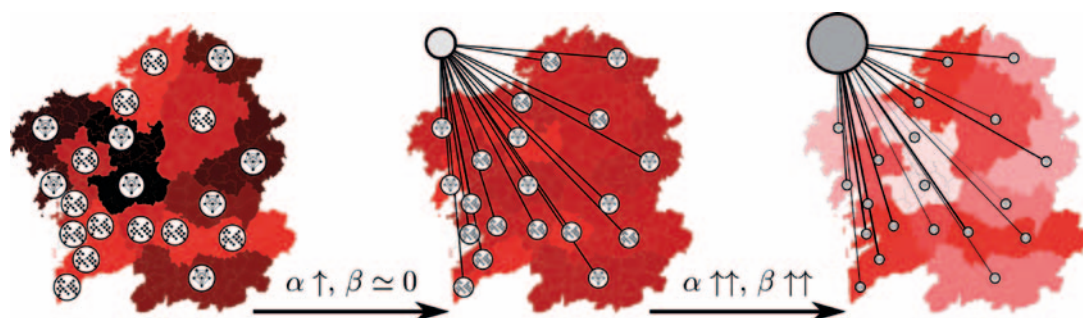
La denominación **materia activa**, de gran interés reciente en la comunidad de física estadística, hace referencia a sistemas fuera del equilibrio en los que emerge un **orden espaciotemporal** debido a la **interacción entre sus componentes**, los cuales se **propulsan de forma autónoma** a partir de recursos propios o extraídos de su entorno inmediato. Encontramos ejemplos de sistemas activos en un amplio rango de escalas de longitud, desde rebaños de ganado o bandadas de pájaros, que realizan fascinantes movimientos colectivos en sus desplazamientos, hasta suspensiones bacterianas o teji-

dos multicelulares que proliferan de forma aparentemente coordinada, organizándose en torno a escalas de longitud intrínsecas y con la capacidad de ejercer esfuerzos sobre su entorno. Aunque hay múltiples ejemplos de materia activa en sistemas artificiales, tales como suspensiones de micropartículas que catalizan reacciones químicas, sólo en una parte de su superficie, **el prototipo de sistema activo tiene origen biológico**.

En un artículo publicado en *Nature Physics* (DOI: 10.1038/s41567-018-0411-6) los investigadores de la Universitat de Barcelona, Berta Martínez Prat, Jordi Ignés Mullol, Jaume Casademunt y Francesc Sagués han demostrado, a partir de experimentos y análisis teóricos, que las escalas de longitud y de tiempo que caracterizan **geles activos formados a partir de proteínas de citoesqueleto** (tubulinas que forman filamentos y kinesinas que realizan trabajo a partir de la hidrólisis de adenosín trifosfato) pueden atribuirse a una **inestabilidad formadora de patrones**, de modo un tanto análogo a cómo se racionalizan las estructuras disipativas autoorganizadas observables en convección clásica (inestabilidad de Rayleigh-Bénard) o en sistemas de reacción-difusión (patrones de Turing). En todas estas situaciones, **las escalas emergentes son intrínsecas**, es decir, no determinadas por parámetros externos como podría ser el tamaño del sistema.

Desde hace años, se sabe que muchos sistemas activos no-confinados se organizan en un régimen denominado **turbulencia activa**, donde los flujos automantenidos se caracterizan por un tamaño de vórtice intrínseco. Aunque los modelos teóricos han predicho, y las evidencias experimentales han corroborado, la existencia de relaciones de escala entre estos tamaños característicos y parámetros propios de los materiales, **la ruta que lleva a la formación de tan ubicuo estado dinámico se desconocía hasta la fecha**. Como señalan los autores del trabajo, el resultado fundamental del mismo radica en haber observado la formación del régimen turbulento en su desarrollo espontáneo **a partir de un estado inicial donde el preparado activo de proteínas filamentosas del citoesqueleto está alineado**. El mecanismo desvelado es un proceso genuino de formación de

patrones que progresa a través de una **cascada de inestabilidades** con jerarquías bien definidas. El interés general que ha suscitado el presente trabajo es también debido a la interpretación de dicho mecanismo basado en la **teoría de geles activos**. Hasta el momento, esta teoría había sido orientada a sistema confinados, donde la geometría impuesta por el entorno enmascara la manifestación de cualquier escala de magnitud intrínseca, con lo que los patrones activos son esclavos de efectos del tamaño del sistema. En este trabajo, los investigadores han demostrado que **dicha teoría puede generalizarse** para incluir sistemas activos no-confinados, haciéndola compatible con el **principio de selección de patrones** que se ha observado.



modelos, han pensado que la decisión de qué idioma usar en una sociedad bilingüe puede dar pistas sobre la dinámica social en general.

El trabajo se basa en la observación de la evolución, a lo largo de un siglo, del número de hablantes de las dos lenguas cooficiales en Galicia, que es dividida en 20 subregiones. Se descubre que la evolución es más rápida en regiones predominantemente rurales

que en las urbanas. Los autores desarrollan modelos matemáticos en los que se puede introducir el efecto de la globalización a través de la red de conexiones entre las diferentes subregiones y **encuentran dos efectos importantes**, que describen extensamente en *Nature Communications* (DOI: 10.1038/s41467-019-09688-8). **El primero, la complejidad de las relaciones humanas de cada región**: las más rurales tienen una complejidad menor, por lo que pueden evolucionar más rápidamente a nuevos escenarios. En regiones urbanas, donde la red interna de relaciones

es más compleja, ocurre lo contrario: se retrasan los cambios. **El segundo, el término de complejidad añadida por el hecho de que cada región está en contacto con el mundo exterior** a través de redes sociales, etc., que puede favorecer o ralentizar los cambios en cada región. Así, **se demuestra que la complejidad añadida a las regiones rurales debida a la globalización ayuda a ralentizar la evolución de la dinámica lingüística** y, por tanto, permite un tiempo extra para coordinar

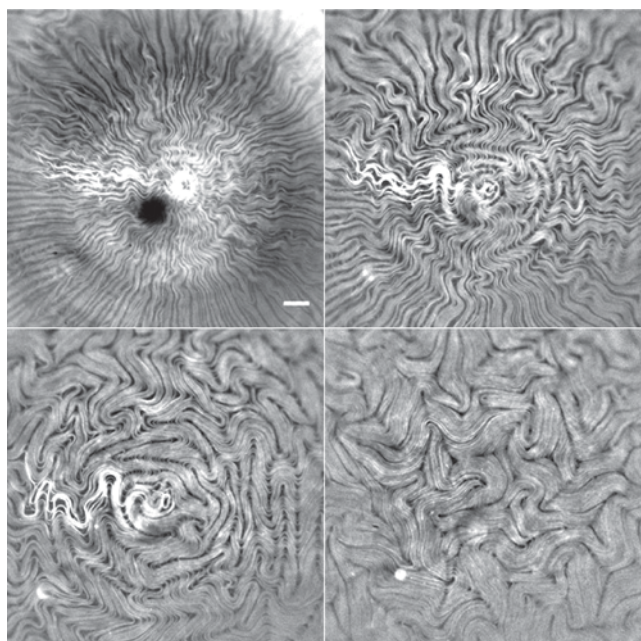
políticas que eviten la extinción de fenómenos minoritarios.

Los autores (Mariamo Mussa, Alberto P. Muñuzuri y Jorge Mira, de la Universidad de Santiago de Compostela, y Luís F. Seoane, de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona, y del IFISC-CSIC de Mallorca) proponen una serie de estrategias para decelerar las dinámicas lingüísticas, tales como aumentar la presencia de las subregiones rurales en las urbanas o aumentar el acceso y presencia en las redes sociales y de comunicación.

Como conclusión más general, sugieren que este fenómeno de competición entre lenguas podría extrapolarse a otras situaciones de competición de dos ideas.

¿CUÁNTOS MATERIALES TOPOLÓGICO EXISTEN EN LA NATURALEZA?

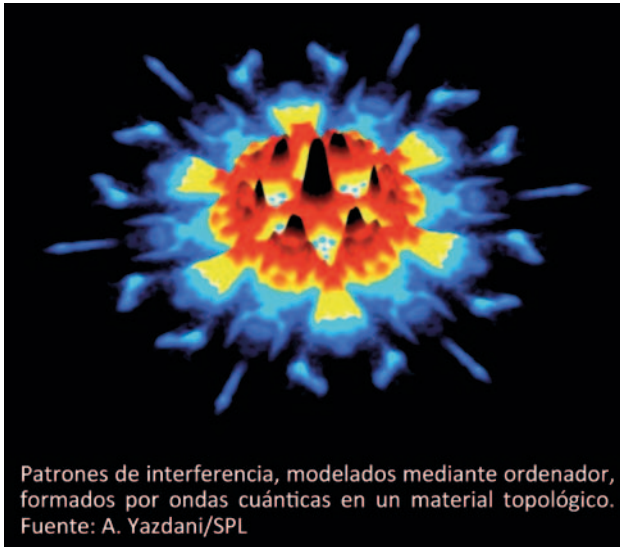
Los materiales topológicos tienen unas **propiedades electrónicas universales muy especiales**, que están protegidas frente a perturbaciones o desorden débil. Se comportan como aislantes ordinarios en su interior y, sin embargo, presentan un flujo de carga en su superficie (si son de primer orden) o en sus aristas o vértices (si son de segundo o tercer orden). Estas propiedades están descritas por la topología, una rama de las matemáticas que estudia la **conectividad de objetos frente a deformaciones continuas**. Las corrientes que estos materiales presentan en su superficie/aristas son muy robustas debido a una protección topológica que permite a la corriente eléctrica fluir sin pérdidas a temperatura ambiente, convirtiéndose en los **candidatos ideales para aplicaciones en electrónica**. Una de las barreras para poder encontrar aplicaciones basadas



Transición del nemático activo de un estado radialmente alineado al estado de turbulencia activa. Imagen de fluorescencia. Escala: 100 μm .

LA COMPLEJIDAD URBANA MANTIENE LA DIVERSIDAD

La globalización hace que la **dinámica social humana sienta la influencia de lugares cada vez más lejanos**. Un grupo de cuatro físicos se ha preguntado **cómo afecta ese aumento de correlación a la gestión de conflictos o toma de decisiones colectivas**. En la búsqueda de datos susceptibles de cuantificación y para contrastar



Patrones de interferencia, modelados mediante ordenador, formados por ondas cuánticas en un material topológico. Fuente: A. Yazdani/SPL

en estos materiales era precisamente la falta de un material ideal.

En 2017 se dio un gran paso adelante, de la mano de una colaboración internacional, donde se encontraban integrados la Dra. Maia García Vergniory, investigadora Ikerbasque y del Donostia International Physics Center de San Sebastián, y el Prof. Luis Elcoro, del Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), clasificando todas las fases topológicas cristalinas que existen en la naturaleza. Este trabajo fue portada de la revista *Nature* (DOI:10.1038/nature23268), ya que introducía una novedosa manera de entender la topología.

En un trabajo recientemente publicado también en la revista *Nature* (DOI:10.1038/s41586-019-0954-4) y como continuación del trabajo anterior, el mismo equipo de investigación internacional en el que también participan los investigadores Maia García Vergniory y Luis Elcoro han utilizado la metodología Topological Quantum Chemistry para escudriñar la base de datos Experimental Inorganic Crystal Structure Data Base, que contiene más de 200.000 materiales, con el objetivo de descubrir **todos los materiales topológicos** que se esconden en esta base. Pero, ¿cuántos materiales topológicos existen en la naturaleza? La Dra. García Vergniory contesta a esta pregunta indicando que los científicos, usando recursos computacionales excep-

cionales, han llegado a demostrar que **el 25 % de los materiales que se encuentran en la naturaleza son topológicos**. Resulta que a fin de cuentas estos materiales son más comunes de lo que se pensaba, con más candidatos tenemos más posibilidad de encontrar uno óptimo.

El equipo de investigación ha publicado los códigos utilizados en su estudio en la Web del Bilbao Crystallographic Server y ha construido una base de datos de materiales topológicos para

que cualquier persona interesada pueda comprobar si su material es topológico y la fase cristalina en la que se encuentra (<https://bit.ly/30dECvq>).

CAMBIO ESTACIONAL DE HORA, CICLO DE SUEÑO/VIGILIA Y LA COMISIÓN EUROPEA

A final de agosto de 2018 la Comisión Europea anunció su intención de **proponer el fin del cambio estacional de hora para este año 2019**. La preocupación por la influencia de esta práctica en la salud, junto a la errónea idea de que el único beneficio es un ahorro energético difícil de percibir, provocó la urgencia por cambiar algo que funciona exitosamente desde hace 100 años en Reino Unido, Irlanda y Portugal; desde hace 50 años en Italia, y desde hace 40 años en el resto de la Unión.

Sin embargo, el cambio de hora influye en un problema más general:

cómo se adaptan las sociedades contemporáneas al ciclo estacional de luz y oscuridad si, a la vez, se rigen por relojes mecánicos que están ligados exclusivamente a la rotación de la Tierra y que, por tanto, no entienden de las estaciones.

El Profesor José María Martín Olalla, del Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad de Sevilla, aborda este problema en un artículo publicado en la revista *Scientific Reports* (DOI: 10.1038/s41598-019-43220-8) en el que compara el **ciclo de sueño/vigilia en sociedades industriales y en sociedades pre-industriales (sin acceso a la electricidad)**. El estudio no solo es intercultural sino que también permite poner de relieve el papel de la latitud, ya que las sociedades industriales analizadas están situadas en la región extratropical y las pre-industriales en la zona intertropical.

Como señala el Dr. Martín Olalla, **el cambio estacional de hora permite que la sincronización de sueño/vigilia cambie estacionalmente**. En invierno el ciclo de sueño/vigilia se sincroniza con el amanecer de forma que su fase se retrasa dos horas desde el ecuador al paralelo 50 (la latitud de Berlín o Londres). En verano, el cambio estacional mitiga este retraso y hace que la fase del ciclo de sueño/vigilia se sincronice con el mediodía. Despertamos seis horas antes del mediodía (las 8 am en España) y dormimos diez horas después del mediodía (nuestras 12 pm).

En una Carta al Editor publicada en el *European Journal of Internal Medicine* (DOI: 10.1016/j.ejim.2019.02.006) el Dr. Martín Olalla describe cómo el balance de ventajas e inconvenientes que guía la preferencia por emplear o evitar el cambio estacional de hora **depende fundamentalmente de la latitud**. Esto desaconseja

una decisión común al respecto en toda Europa y sostiene que **la Comisión debe permitir que cada país decida si aplicar o no dicha práctica**.

En dos vídeos publicados en YouTube (<https://youtu.be/GXx3lcCTkFQ> y https://youtu.be/_GP_FEO5YDY) pueden verse las conclusiones más importantes de estas contribuciones.

