

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

EL HUSO EXPIATORIO

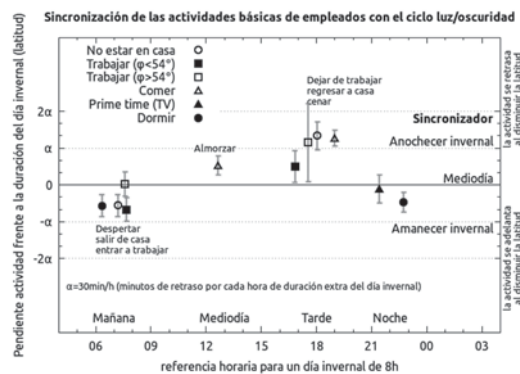
En abril del año 2015 la *Revista Española de Física* publicaba un artículo de José María Martín Olalla, del Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad de Sevilla, que comparaba las **encuestas de empleo del tiempo oficiales** de España, Irlanda, Italia y Reino Unido y que señalaba que las anomalías de los **horarios españoles** eran más aparentes (ficticias) que reales. Ahora el mismo autor ha extendido la comparativa a otros 13 países europeos en un estudio publicado en la revista *Scientific Reports* (DOI: 10.1038/s41598-018-23546-5). Las **marcas de tiempo de las actividades básicas** (dormir, comer, trabajar, estar en casa, ver la televisión) de los trabajadores se han comparado sistemáticamente con el ángulo de elevación del Sol sobre el horizonte y, en general, con el **ciclo de luz/oscuridad (ciclo LD) que condiciona la vida humana a través de los ciclos circadianos**.

El estudio muestra que los horarios sociales, cuya información básica es la distancia al mediodía, esconden patrones relacionados con la salida y puesta del Sol. El amanecer invernal, el más tardío del año, condiciona hábitos matinales como despertar, salir de casa o entrar a trabajar y ocurren antes (más lejos del mediodía) cuanto menor es la latitud.

El anoecer invernal, el más temprano del año, condiciona hábitos vespertinos como dejar de trabajar, regresar a casa o cenar, que ocurren antes a mayor latitud. En Europa se cena unas tres horas después del anoecer invernal; una regularidad oculta para la hora legal, que puede presentar valores tan extremos como las 6 pm en Suecia y las 9 pm en España.

Hábitos nocturnos (ver la televisión o acostarse) notan el siguiente amanecer y se adelantan en países más meridionales: otro hecho llamativo, oculto para el reloj.

En el caso particular de España, la regularidad de sus hábitos muestra que el adelanto de la hora de 1945 no alteró su ritmo de vida: la sociedad anuló el adelanto con un retraso aparente de los horarios que mantuvo la sincronía natural



con el ciclo LD. Es decir **el huso no es el origen de nuestros males cotidianos ni su cambio un remedio expiatorio**.

Como indica José María Martín Olalla, **el huso determina cómo se expresa con la hora legal las decisiones racionales basadas en el ciclo LD**. Por ejemplo, un decano suele elegir el inicio de las clases cuando sabe que ya ha amanecido: lo llamaría las 9 am (Berlín) o las 8 am (Londres) indistintamente. Pero esta decisión racional es cuestionada cuando se cuestiona el huso horario: lo que es sensato a las 9 am (Berlín) no tiene por qué serlo una hora más tarde a las 9 am (Londres)/10 am (Berlín), una decisión que ya había descartado. **La estabilidad del huso es así un bienpreciado en las sociedades modernas**.

K2-229B: UNA EXOTIERRA EXTREMA

Un equipo internacional liderado por Alexander Santerne, investigador del CNRS-LAM y con la participación de los investigadores



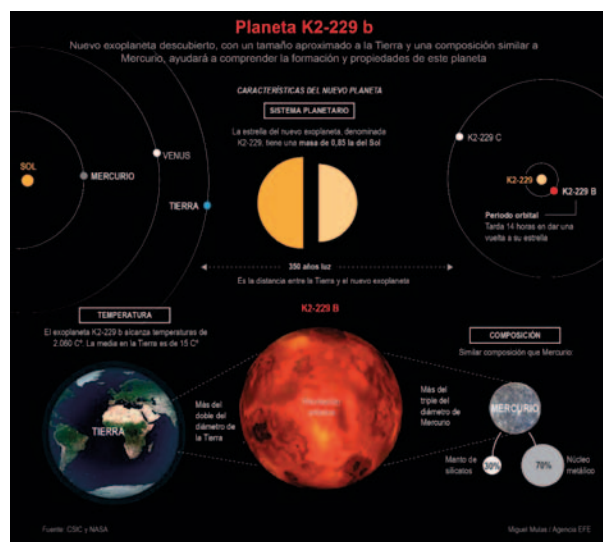
Ilustración por gentileza de Alberto García Gómez (albertogg.com).

españoles David Barrado, del Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), y Jorge Lillo-Box (ESO), ha publicado el **descubrimiento de un sistema planetario extremo** (*Nature Astronomy*, DOI: 10.1038/s41550-018-0420-5), a pesar de que su **estrella central**, denominada **K2-229**, situada a 340 años-luz, es un análogo solar en lo referente a su masa y su edad.

El sistema fue detectado con el observatorio espacial Kepler mediante el uso del **método de los tránsitos planetarios** (ocultaciones similares a los eclipses) y consta de al menos tres planetas de periodos orbitales muy cortos: el más próximo a su estrella, denominado K2-229 b, de solo 14 horas, el siguiente de 8.32 días y el más externo de 31 días. Estos datos permitieron obtener una estimación de los tamaños de los planetas relativos a su estrella, que se encuentran entre 1.164 y 2.65 radios terrestres. El sistema fue validado mediante observaciones complementarias realizadas en el observatorio Hispano-Alemania de Calar Alto, en Almería, usando la imagen de alta resolución espacial. El análisis detallado se realizó con datos tomados con el espectrógrafo HARPS del Observatorio Austral Europeo, localizado en La Silla, Chile. El estudio conjunto ha permitido derivar una masa para el planeta más interno de 2.59 masas terrestres, lo que proporciona una densidad media de 8.9 gr/cm³, un 60 % más alta que la de la Tierra. La comparación con modelos teóricos sugiere que **tiene un núcleo férreo extraordinaria-**

¹ Sección preparada por la redacción de la *Revista Española de Física*, en colaboración con actores implicados, que anima a proponer contribuciones relevantes para ser consideradas aquí.

mente masivo y su estructura interna se asemejaría mucho más a Mercurio que a Venus, Marte o la propia Tierra. Así, K2-229 b tendría un núcleo que



incluiría cerca de un 70 % de su masa, al igual que Mercurio, cuya formación presenta una incógnita para nuestros actuales modelos, y de manera opuesta a lo que ocurre con los tres planetas rocosos más masivos del Sistema Solar. Probablemente su periodo orbital se encuentre sincronizado con el de rotación, de manera que uno de sus hemisferios estaría siempre iluminado por su estrella y tendría una temperatura 2 332 K. Según señala David Barrado, la **proximidad de K2-229 b a su estrella posiblemente provoque que parte de su manto original**, la parte más externa del planeta y que estaría compuesto de silicatos, **se haya volatilizado, lo que explicaría la singular composición del planeta**. Una explicación alternativa sería el impacto con asteroides de gran tamaño, de manera análoga a lo que le sucedió a la Tierra cuando se formó la Luna. Este descubrimiento aporta unas piezas esenciales en la comprensión de las propiedades y la formación de Mercurio, a donde viajará la **sonda europea BepiColombo**, y, en general, los procesos que dieron lugar a la aparición de los planetas rocosos en el Sistema Solar.

PESCANDO NEUTRINOS

¿Sabías que cada centímetro cuadrado de tu cuerpo es atravesado, cada segundo, por unos **60 000 millones de neutrinos**? La mayoría de

ellos proceden del Sol, que produce unos 10^{38} neutrinos cada segundo, pero algunos, los de mayor energía, se generan en fuentes cósmicas de nuestra galaxia y de fuera de ella. **Los neutrinos carecen de carga eléctrica y son las partículas más ligeras y abundantes en el universo de cuantas tienen masa**. Sólo interactúan de manera “débil”, por lo que pueden atravesar nuestro cuerpo, la Tierra entera y recorrer distancias astronómicas sin interactuar ni desviar su trayectoria —al contrario de lo que les ocurre a fotones o rayos cósmicos, por ejemplo—. Ello les convierte en **mensajeros cósmicos ideales**, pues guardan información inmaculada tanto del lugar como del proceso físico que los gestó.

El **telescopio de neutrinos ANTARES**, desplegado a una profundidad de unos 2 450 m en el fondo del mar Mediterráneo (a unos 40 km de las costas de Toulon, Francia), es el mayor observatorio de neutrinos de alta energía del hemisferio Norte. Sergio Navas, de la Universidad de Granada, es, junto con dos investigadores de la Universidad de Bolonia, co-autor principal de una investigación de la Colaboración ANTARES que ha analizado el fondo difuso de neutrinos cósmicos a partir de los datos recogidos por el experimento durante nueve años (*The Astrophysical Journal Letters*, DOI: /10.3847/2041-8213/aaa4f6). El trabajo, en el que también participan investigadores del IFIC y de la UPV, ha sido seleccionado recientemente por la Sociedad Astronómica Estadounidense (AAS) como de especial interés, pues **pone de manifiesto un moderado exceso de neutrinos cósmicos, rechazando la hipótesis de inexistencia del fondo cósmico de neutrinos a un 85 % de nivel de confianza**. La medida del flujo difuso de neutrinos es clave para la comprensión de los mecanismos de producción, aceleración e interacción de los rayos cósmicos en fuentes astrofísica, **uno de los grandes retos actuales en física de astropartículas**.

ANTARES detecta los neutrinos cuando interactúan en la roca del fondo marino o en el agua, generando un muón ultra-relativista o cascadas electromagnéticas

y hadrónicas. La luz azul emitida por las partículas en agua mediante el **efecto Cherenkov** es captada por los 900 sensores (fotomultiplicadores) distribuidos a lo largo de las 12 líneas verticales (de unos 400 m de longitud) que, ancladas al fondo marino, conforman el telescopio. A partir de la posición de la luz detectada y del tiempo de llegada de la misma, se mide la dirección y la energía del neutrino. El volumen total instrumentado es de unas 10 mega-toneladas de agua.

La **siguiente generación de telescopios de neutrinos**, denominada KM3NeT y en cuya construcción y explotación científica participan grupos españoles del IFIC, UGR y UPV, permitirá una **caracterización más precisa de las propiedades de los neutrinos cósmicos**, así como el estudio de la

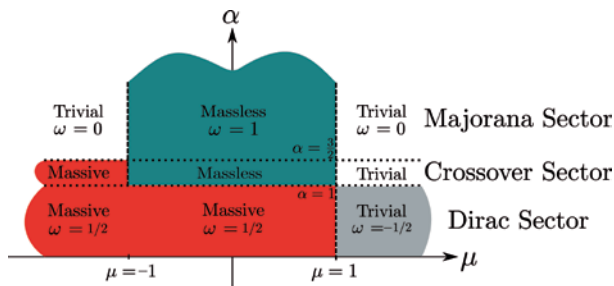


jerarquía de masas de los neutrinos, gracias a una mejor resolución angular y en energía.

CAMBIOS DE FASE EXÓTICOS EN LA MATERIA CUÁNTICA TOPOLOGICA

Un cambio de fase consiste en la transición —continua o discontinua— entre distintos estados macroscópicos de materia con distintas propiedades físicas que puede revelar la naturaleza cuántica de dichos sistemas. **Un tipo de materia altamente novedosa son los llamados superconductores topológicos, unos materiales que además de conducir la electricidad sin perder energía en forma de calor**, albergan unas partículas conocidas como **fermiones de Majorana**. Aunque no se conoce a ciencia cierta si estas partículas existen en la física de altas energías,

los fermiones de Majorana pueden aparecer como excitaciones de baja energía (cuasipartículas) en ciertos materiales.



La existencia de estos fermiones de Majorana había sido comprobada en investigaciones previas: cadenas de impurezas magnéticas colocadas sobre un sustrato superconductor han demostrado que las interacciones magnéticas de largo alcance entre los electrones aparecen de manera natural en estos sistemas con fermiones de Majorana. Sin embargo, **permanecía desconocido qué efecto podrían tener estas interacciones magnéticas sobre las propiedades de estos materiales superconductores.**

En una serie de colaboraciones internacionales, los investigadores Oscar Viyuela, de la Universidad de Harvard y el Massachusetts Institute of Technology (MIT), y Miguel Ángel Martín-Delgado, de la Universidad Complutense de Madrid, en colaboración con investigadores de la Universidad de Utrecht, del MIT y de la Universidad de Estrasburgo, han realizado diversos descubrimientos. En primer lugar, casos en los que los efectos de largo alcance de esas interacciones magnéticas eran muy fuertes, lo que llevó a la fusión de dos fermiones distantes de Majorana en una **cuasipartícula topológica no local** (*Physical Review B*, DOI: 10.1103/PhysRevB.94.125121). En segundo lugar, **superconductores planares** donde la presencia de fermiones de Majorana se ve aumentada por la presencia de estas interacciones de largo alcance entre partículas (*Physical Review Letters*, DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.017001). Por último, **nuevos cambios —o transiciones— de fase exóticos entre distintas fases superconductores** que hasta ahora no habían sido predichos (*Physical Review B*, DOI: 10.1103/PhysRevB.97.121106).

Según señalan los Dres. Viyuela y Martín-Delgado, **los hallazgos encontrados en estos trabajos representan un gran avance hacia la comprensión**

del papel de las interacciones magnéticas de largo alcance en el ámbito de los superconductores topológicos.

Además, estos resultados desencadenarán la **generación de nuevas fases topológicas de la materia**, ampliando sus aplicaciones actuales en espintrónica, computación y memorias cuánticas y otros campos relacionados.

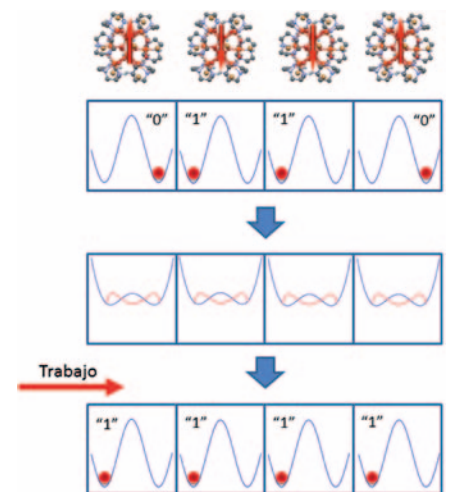
ATAJOS CUÁNTICOS PERMITEN MINIMIZAR LA ENERGÍA NECESARIA PARA BORRAR UN BIT

La información no es un ente abstracto sino que **necesita un soporte material en un dispositivo**, sea éste un ordenador, el teléfono móvil o nuestro cerebro. El uso que cada día hacemos de éstos conlleva un consumo energético considerable: se calcula que casi un 5 % de la energía consumida a nivel mundial se destina a tareas relacionadas con la informática. En 1961, Rolf Landauer, un físico teórico trabajando en IBM, mostró que es posible ahorrar buena parte de esta energía, pero que es imposible alcanzar un coste cero. La energía mínima está asociada con el borrado de la memoria y aparece como consecuencia del segundo principio de la Termodinámica, que nos dice que **el Universo tiende de manera espontánea a aumentar su desorden y que ordenar cuesta trabajo**. A pesar de su interés científico y de sus implicaciones tecnológicas, no existen apenas pruebas experimentales de este “límite de Landauer” en sistemas similares a las memorias magnéticas que se usan habitualmente en nuestros discos duros.

Una colaboración internacional, en la que han participado Fernando Luis (ICMA, centro mixto CSIC-Universidad de Zaragoza) y Enrique Burzurí (TU Delft, Holanda, ahora en IMDEA Nanociencia, Madrid), ha conseguido **medir la energía mínima necesaria para borrar un bit magnético de información**. El protocolo utilizado en los experimentos aprovecha procesos de origen cuántico para demostrar que es posible procesar información de manera rápi-

da manteniendo, al mismo tiempo, una eficiencia energética óptima.

En su trabajo (*Nature Physics*, DOI: 10.1038/s41567-018-0070-7) han usado un cristal de moléculas magnéticas que, a bajas temperaturas, tienen memoria: dos orientaciones del espín molecular pueden codificar y almacenar los estados ‘0’ y ‘1’ de un bit, de manera análoga a como ocurre con un disco duro magnético. Experimentos llevados a cabo en los laboratorios del ICMA a temperaturas próximas al cero absoluto han aplicado **un protocolo que permite “borrar” esa información, es decir, poner todos los bits en el mismo estado ‘1’ independientemente de su estado inicial**. Debido a que las moléculas son entes microscópicos, el borrado tiene lugar mediante procesos de origen cuántico, como el **efecto túnel**, en los que el espín se encuentra en ‘0’ y ‘1’ a la vez. Los resultados muestran



que estos procesos permiten alcanzar el coste mínimo predicho por Landauer y a velocidades muy altas.

Como señala Fernando Luis, **este hallazgo es prometedor porque ofrece un método para aprovechar fenómenos cuánticos para llevar a cabo computación de manera eficiente y, a la vez, rápida**. Por otra parte, muestra que la **computación cuántica** no es sólo más potente a la hora de resolver ciertos problemas, como la búsqueda en grandes bases de datos, sino que puede también alcanzar una mayor eficiencia energética que la **computación convencional** (o clásica). Eso sí, como ilustran estos experimentos, sigue requiriendo una energía mínima que obedece a las **leyes fundamentales de la termodinámica**.