

# 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 actores<sup>1</sup>

## SIMULADOR PORTÁTIL PARA EXPERIMENTAR LA VISIÓN POST-CIRUGÍA

Las lentes multifocales se emplean en operaciones de cataratas o para la corrección de la presbicia, en modo de lentes intraoculares o lentes de contacto. Existen en el mercado distintos diseños de lentes y la elección entre uno u otro depende de la tolerancia y preferencias de cada paciente. Los simuladores visuales basados en óptica adaptativa que incorporan diferentes elementos ópticos activos son una herramienta para simular la visión a través de diferentes diseños multifocales de forma realista antes de ser implantados en el paciente.

En un trabajo publicado en *Scientific Reports* (DOI: 10.1038/s41598-019-38673-w), los investigadores del Laboratorio de Óptica Visual y Biofotónica (VioBioLab) del Instituto de Óptica (CSIC, Madrid), María Viñas, Clara Benedí García, Sara Aissati, Daniel Pascual, Vyas Akondi, Carlos Dorronsoro y Susana Marcos, han demostrado por primera vez la correspondencia entre la visión con diferentes simuladores visuales y la lente real implantada en el ojo. Para ello han utilizado diferentes tecnologías de simulación: modulador de fase espacial y lente optoajustable en modo de multiplexación temporal (**tecnología SimVis**). Los resultados muestran una buena correspondencia general en la calidad óptica y visual medidas con las lentes multifocales reales y las simuladas, tanto en me-

didas en banco óptico como visualmente.

“La posibilidad de que el paciente experimente la visión con una lente multifocal antes de la cirugía resulta muy atractiva para aliviar la incertidumbre y poder manejar sus expectativas”, explica la Dra. Marcos, directora del equipo de investigación, quien añade que “los simuladores visuales son una técnica ideal para proporcionar a los pacientes una experiencia realista de la multifocalidad antes de la implantación de una lente intraocular. En la actualidad, esta tecnología SimVis ha

ofrecido la misma respuesta visual a través del foco”.

La tecnología desarrollada está protegida mediante cuatro patentes de las que el CSIC es titular, licenciadas a la empresa 2EyesVision S.L., una *spin-off* del CSIC fundada, entre otros, por varios de los investigadores de este estudio. Una de estas patentes recibió en 2018 el Premio a la Mejor Patente del Año de la Fundación Madrid+D.



sido incorporada a un **simulador visual binocular ligero, autónomo y portátil**, que está en fase de estudio clínico y posterior comercialización. El nuevo simulador se puede controlar a través de una aplicación para el teléfono móvil o la *tablet*, la cual también permite llevar un registro de las pruebas realizadas en cada paciente.

El realismo de la simulación se ha validado en un grupo de pacientes comparando la agudeza visual obtenida a distintas distancias usando una lente trifocal comercial —con focos para distancias de lejos, intermedias y cerca— y a través de la misma lente simulada mediante un modulador espacial de luz y la tecnología SimVis. Como indica la Dra. Viñas, “la respuesta a la multifocalidad variaba entre sujetos, pero la lente trifocal real y la simulada



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

## AGUJEROS NEGROS: DESDE EL INFINITO Y MÁS ALLÁ

Los **agujeros negros** son frecuentemente descritos como regiones acotadas del espacio donde el **campo gravitatorio** impide que cualquier forma de materia o energía, incluso la luz, pueda escapar. Hay actualmente **evidencias observacionales sólidas** que demuestran la existencia de estos monstruos devoradores de estrellas en nuestro universo, incluso en el centro de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, así como en el centro de casi todas las demás galaxias conocidas.

La existencia de los agujeros negros es una de las más impactantes previsiones de la principal teoría física moderna de descripción del campo gravitatorio

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

—la Relatividad General de Einstein—. El estudio científico detallado de estos objetos se realiza mediante modelos matemáticos sofisticados. Traducir las anteriores ideas en una formulación

matemáticamente un agujero negro como la región resultante de quitar aquellos lugares del universo desde donde una partícula puede ‘escapar’, o dicho de otra forma, los lugares desde donde la partícula puede ‘alejarse tanto como se quiera’ de él”, añade el Dr. Flores. Esa “región lejana” al agujero es también importante porque desde ella es posible detectar información sobre ese objeto, por medio de la radiación electromagnética o incluso gravitacional característica emitida por la materia de su entorno al caer en el agujero. Como indica el Dr. Herrera, “el problema consiste entonces en formalizar con precisión qué debe entenderse por ‘región lejana’ al agujero”. Esta idea “se formaliza mediante la noción de **infinito luminoso**, inicialmente introducida por Roger Penrose en los sesenta”, concluye el

Dr. Herrera. Ahora bien, la noción tradicional hace ciertas hipótesis que pueden no ser válidas en situaciones muy genéricas. Lo que han hecho los autores es introducir una formulación matemática alternativa más amplia y flexible de este concepto.

Los autores confían en que esta formulación permita entender mejor los agujeros negros, al facilitar su estudio en situaciones muy poco convencionales, como las regiones que contienen ciertas clases de **ondas gravitacionales** (otra extraordinaria previsión de la Relatividad General, recientemente detectadas experimentalmente, y cuyo descubrimiento ha merecido el **Premio Nobel de Física** de 2017). En efecto, en estas regiones las nociones clásicas no son aplicables, pero sí esta formulación alternativa.

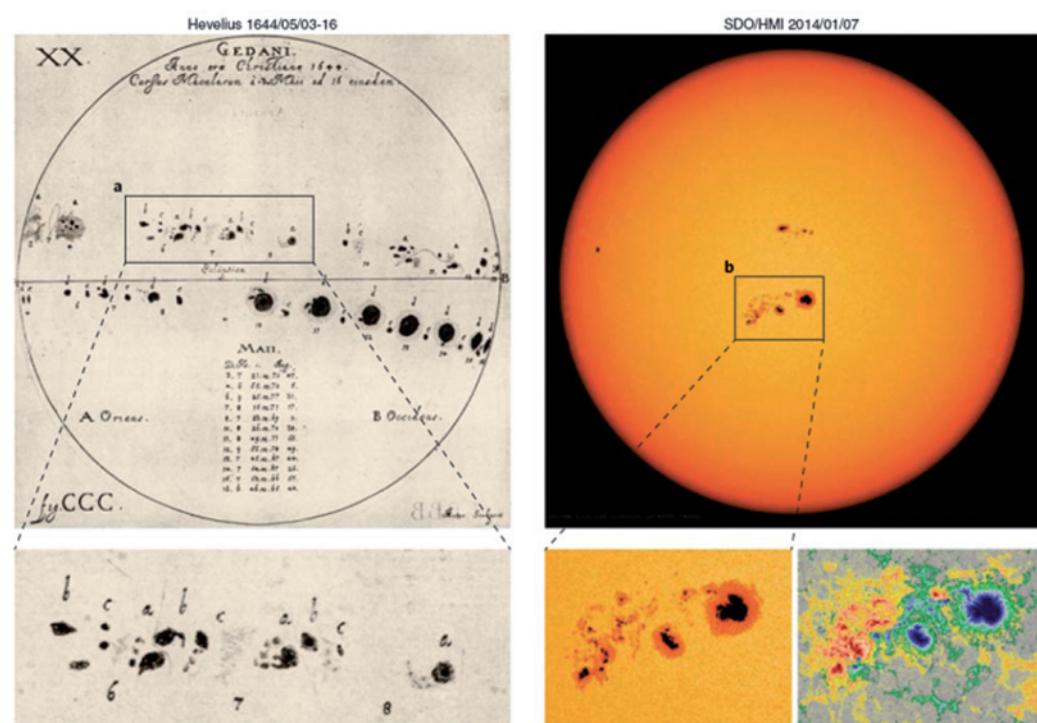
## LOS ÚLTIMOS CUATRO SIGLOS DE LA VIDA DEL SOL

**L**as manchas solares son la **manifestación más evidente del magnetismo solar**. La aparición de estas regiones, más frías que el resto de la fotosfera solar, presenta un ciclo de aproximadamente 11 años cuyo descubrimiento tuvo una importante repercusión en el devenir de la física estelar y la física de la Tierra. En el siglo xix, el astrónomo suizo Rudolf Wolf (1816-1893) ideó un índice de actividad solar, basado en el **conteo de manchas solares con pequeños telescopios, que**



matemática rigurosa, y suficientemente amplia para describir la gran variedad de posibles tipos de agujeros negros, no es una tarea simple. De hecho, a lo largo de los últimos cincuenta años, han aparecido diversas formas de describir matemáticamente estos objetos.

En un trabajo recientemente publicado en *Journal of High Energy Physics* (DOI: 10.1007/JHEP09(2018)123) por investigadores de la Universidad Federal de Santa Catarina en Brasil (Ivan P. Costa e Silva), y de las Universidades de Málaga (José Luis Flores), y Córdoba (Jónatan Herrera), se ha introducido una formulación matemática novedosa y más general de la noción de agujero negro. Como señala el Dr. Flores, “una forma comúnmente establecida de presentar estos objetos es la siguiente: puesto que desde el **agujero negro** no es posible escapar, aquella región del universo desde donde las partículas sí pueden hacerlo no formarán parte del mismo”. Por tanto, “resulta natural definir



denominó “número de manchas solares relativo”. Diferentes instituciones fueron recogiendo el legado de Wolf y han seguido manteniendo día a día este índice que, con el paso del tiempo, se ha convertido en una de las series temporales más famosas de la física y la estadística. El propio Wolf intentó conocer la historia del Sol durante los últimos cuatro siglos usando observaciones telescopicas de manchas solares realizadas por antiguos astrónomos. Sin embargo, aunque contar manchas parece una tarea sencilla, hay una serie de inconvenientes que han provocado que aparezcan varias versiones no concordantes de la historia reciente del Sol.

Por ello, geofísicos y astrofísicos han estado analizando detenidamente los problemas de las diferentes versiones del número de manchas solares en los últimos diez años y las primeras señales de consenso están empezando a aparecer. Los investigadores Andrés Muñoz-Jaramillo, del SouthWest Research Institute (Boulder, CO, USA), y José Manuel Vaquero, de la Universidad de Extremadura, han mostrado recientemente hasta qué punto es difícil conocer la actividad solar durante los siglos pasados (*Nature Astronomy*, DOI: 10.1038/s41550-018-0638-2). Mediante técnicas de visualización de datos, han presentado un **guía visual de nuestro conocimiento de la evolución de las manchas solares**. El problema principal es de cobertura observacional. Los dos primeros siglos de observaciones telescopicas de manchas solares (siglos XVII y XVIII) están caracterizados por una falta evidente de registros que hace muy complicada la intercomparación de observadores, instrumentos y metodologías. Esta intercomparación es de vital importancia, ya que distintos observadores, usando telescopios de diferentes magnitudes, tienden a reportar números diferentes de manchas para el mismo día.

A pesar de las dificultades, Muñoz-Jaramillo y Vaquero se muestran optimistas por las continuas mejoras que se han hecho en la evaluación de estas observaciones históricas y el desarrollo de nuevos métodos para ajustarlas a una base observacional común. Sin embargo, aunque cada vez tenemos algoritmos más sofisticados para evaluar la actividad solar del pasado a partir del conteo de manchas solares, **la mayor**

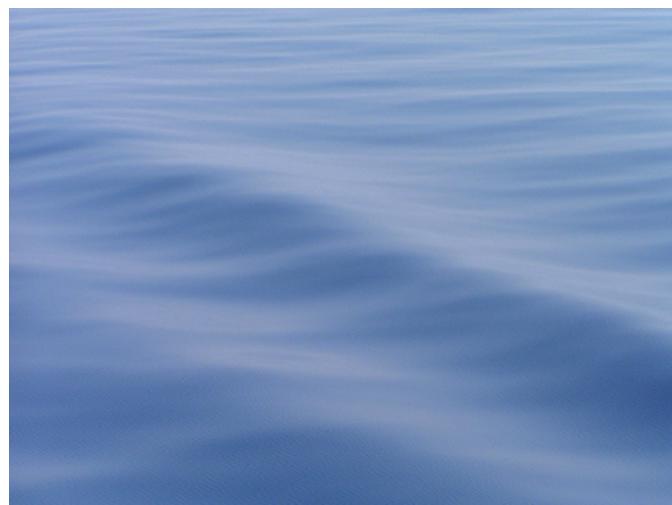
**prioridad es la identificación, la interpretación y la traducción adecuada de observaciones históricas** gracias a equipos interdisciplinares en donde participen físicos, historiadores de la ciencia y filólogos.

## LA INTERFASE LÍQUIDO-VAPOR SIGUE DÁNDONOS SORPREAS

**D**urante las últimas décadas se ha desarrollado con éxito la teoría de fluidos no homogéneos basada principalmente en el **Funcional de la Densidad**. Sin embargo, esta teoría presenta ciertos problemas al aplicarse a la interfase líquido-vapor debido a la existencia de **Ondas Capilares**: fluctuaciones térmicas de la interfase que, sin la presencia de algún campo que las limite (como, por ejemplo, la gravedad), crecen sin límite al aumentar el tamaño del sistema. La existencia de estas ondas capilares fue predicha en los años setenta por Wertheim y Weeks, asumiendo que la interfase líquido-vapor se comporta como la *piel de un tambor*: una lámina flexible cuya energía instantánea es la tensión superficial líquido-vapor multiplicada por el área de la interfase. Esta descripción revela la presencia de un **Modo de Goldstone** (una excitación que no cuesta energía), responsable de que las fluctuaciones crezcan sin límite al aumentar el tamaño del sistema. El modo de Goldstone se manifiesta en el factor de estructura, que se puede medir en experimentos de *scattering*, y que obedece perfectamente a la teoría de Wertheim y Weeks para valores pequeños del vector de onda (es decir, para escalas grandes).

Sin embargo, y como era de esperar, **esta descripción falla a escalas microscópicas** puesto que, a estas escalas, la interfase no puede asimilarse a una lámina flexible, sino que está compuesta por moléculas que presentan una cierta estructura espacial y que tienen sus propias fluctuaciones en densidad. Este

problema, similar a la catástrofe ultravioleta en electromagnetismo, se ha venido evitando aplicando un *cutoff*: eliminando a mano las fluctuaciones de la interfase de pequeño tamaño, en concreto aquellas menores que el tamaño de una molécula. Esta solución *ad hoc* resulta insatisfactoria, tanto por la arbitrariedad a la hora de elegir el *cutoff* como por la incapacidad de la teoría para enlazar con las escalas microscópicas, que no quedan correctamente descritas. Para evitarlo, se han propuesto diversas enmiendas, la mayoría de las cuales pasan por definir una **tensión superficial efectiva** que depende de la escala. Este “apaño”, investigado durante décadas por numerosos grupos, ha



sido incapaz de producir una descripción coherente de las fluctuaciones interfaciales.

Andrew O. Parry (Imperial College, Londres) y Carlos Rascón (Universidad Carlos III de Madrid) acaban de proponer una teoría puramente microscópica que ha sido publicada en *Nature Physics* (DOI: 10.1038/s41567-018-0361-z) y que resuelve estos problemas. Como señala el Dr. Carlos Rascón, “la clave reside en la observación de que tanto la función de correlación como el factor de estructura presentan, además del modo de Goldstone, una jerarquía de **resonancias** que no habían sido descritas con anterioridad y que limitan fuertemente sus propiedades estructurales”. A su vez, “el método revela una familia de **modelos integrables** cuya tensión superficial, perfil de densidad y funciones de correlación pueden obtenerse analíticamente”, añade el Dr. Rascón.