

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

REVELAN EL ORIGEN DE UNA DE LAS ESTRELLAS MÁS ANTIGUAS DE LA VÍA LÁCTEA

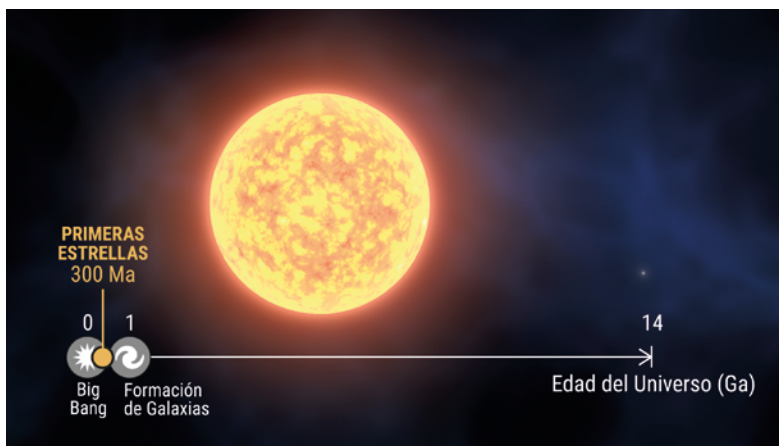
Las estrellas con un menor contenido metálico son consideradas las más antiguas de la Vía Láctea, formadas tan solo unos pocos cientos de millones de años después del Big Bang. Un tiempo que se considera fugaz comparado con la edad del universo. Estas estrellas son auténticos fósiles vivientes que llevan codificadas en su composición química las primeras etapas de evolución del universo. Una de estas estrellas es SMSS1605-1443, que fue descubierta en 2018 e identificada como una de las más antiguas de la galaxia por su composición química, pero de la que se desconocía su auténtica naturaleza. Ahora, gracias al esfuerzo combinado de varios grupos de investigación europeos y al uso del espectrógrafo ESPRESSO, se ha deducido el origen de esta joya de la arqueología estelar.

En un artículo publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics* (doi: 10.1051/0004-6361/202245392), un equipo internacional de investigadores e investigadoras, entre los que se encuentran David Aguado, Jonay González Hernández, Carlos Allende Prieto y Rafael Rebolo, del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), y María Rosa Zapatero Osorio, del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), ha confirmado el origen primigenio de la estrella SMSS1605-1443 de la Vía Láctea haciendo uso del

instrumento ESPRESSO. Gracias a la alta resolución de este instrumento ha sido posible analizar en detalle la composición relativa de isótopos del carbono, lo que ha proporcionado nueva información relativa al origen de este objeto.

“Fue una sorpresa descubrir, gracias a ESPRESSO y al VLT, que este objeto era, en realidad, una estrella doble (o binaria). Algo que, hasta hace poco, se creía que no ocurría en la mayoría de estas estrellas tan antiguas”, afirma David Aguado, autor principal de este trabajo e investigador Ramón y Cajal del Instituto de Astrofísica de Canarias, y anteriormente investigador de la Universidad de Florencia.

El equipo de investigación ha utiliza-



Recreación artística de la estrella binaria SMSS1605-1443. Imagen de Gabriel Pérez Díaz (IAC).

do el instrumento ESPRESSO que, dada su alta precisión, ha permitido seguir las pequeñas variaciones en la velocidad de esta estrella, que confirman su naturaleza binaria, pero dejan abierta la de su compañera. **Se cree que este tipo de estrellas se ha formado a partir del material procesado en el interior de las primeras estrellas masivas, eyectado en explosiones de supernova en las primeras etapas de la formación de la Vía Láctea.** Como consecuencia, estas estrellas tienen un bajo contenido en hierro pero un alto contenido en carbono, generado en el interior de las primeras estrellas masivas.

El Dr. González Hernández aclara que “la clave nos la dio la relación de

carbono-12 y carbono-13 que hallamos en la atmósfera de esta estrella. La cantidad relativa de estos dos isótopos prueba que los procesos internos de la estrella no han alterado su composición primigenia. **Es como tener una muestra intacta de cómo era el medio en el que se formó esta estrella hace más de diez mil millones de años.**”

Como señala el Prof. Allende Prieto, este descubrimiento debe de entenderse en el contexto de un proyecto que se inició hace una década, en el que el equipo de investigadores ha estudiado en detalle todas las estrellas

que se conocen de esta rara clase hasta dar con este maravilloso hallazgo, que les ha ayudado a comprender mejor la evolución química del Universo.

Por último, el Prof. Rafael Rebolo, coautor del trabajo y director del IAC, añade que “el equipo multidisciplinar que se ha formado con investigadores e investigadoras de España, Italia, Francia, Portugal y Suiza, ha puesto de relieve que el espectrógrafo ESPRESSO es uno de los mejores y más modernos instrumentos para estudiar la formación de las primeras estrellas. En el IAC estamos muy orgullosos de haber participado en su construcción”. (Fuente: IAC)



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

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

¿SEREMOS CAPACES DE SEGUIR CAMBIOS DE ENLACES QUÍMICOS EN TIEMPO REAL?

La espectroscopia de fotoelectrones de rayos X (XPS), también conocida como espectroscopia de electrones para análisis químico (ESCA), es una herramienta central para estudiar el entorno químico local a nivel atómico. Kai Siegbahn fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1981 por su contribución pionera y su comprensión de los cambios químicos de energía en los experimentos XPS.

Aprovechando la selectividad atómica de los rayos X, la espectroscopia XPS se ha convertido en una de las

después de la excitación de la luz, lo que abre un nuevo panorama de aplicaciones, como por ejemplo en la comprensión de complejos fotocatalíticos, de procesos fotoquímicos, y de la fotorresistencia de moléculas relevantes para la biología. **Extender XPS al régimen de femtosegundos no es directo y se requiere desarrollar una nueva metodología para extraer información en un sistema en evolución.** Los cambios químicos ultrarrápidos de energía fuera del equilibrio son un campo completamente inexplorado, y su comprensión es fundamental para correlacionarlos con cambios en tiempo real de enlaces químicos locales.

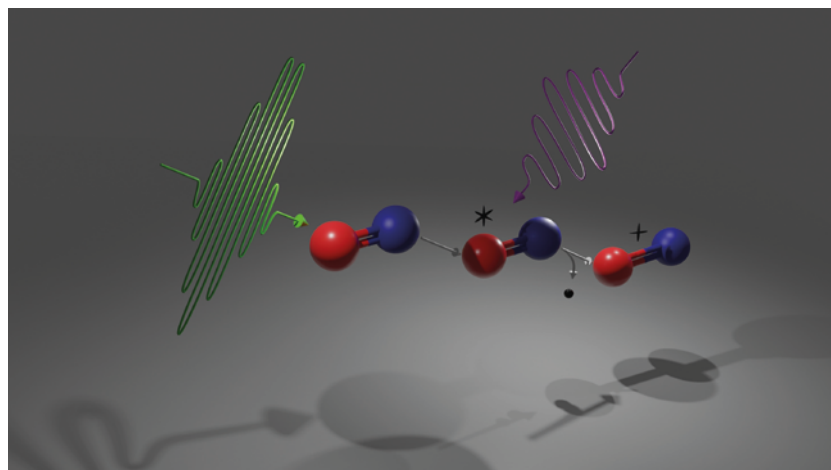
En un trabajo publicado en la revista *Nature Communications* (doi: 10.1038/s41467-022-34670-2) se muestran cambios químicos de solo

sigue el entorno químico local del lado del carbono (C) después de unos pocos femtosegundos. Los cambios químicos de energía informan sobre el efecto de apantallamiento cuando se excita el átomo de O, y también del decaimiento por Auger que se desencadena por interacciones de electrones y la posterior fragmentación de la molécula en dos átomos separados.

El método experimental y teórico utilizado en este artículo allana el camino a futuros experimentos en XFELs para comprender mejor los cambios químicos ultrarrápidos, y estando así más próximo al sueño de resolver cambios de enlaces químicos locales en tiempo real.

EL ORDENADOR CUÁNTICO COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN EL AULA DE CLASE

Este año 2022 se cumplen seis años desde que el mundo conoció por primera vez un **ordenador cuántico funcional de acceso gratuito y prémium disponible para compañías, investigadores, estudiantes y cualquier persona interesada en computación cuántica.** La compañía tecnológica que posibilitó este avance fue IBM. La computación cuántica, aunque incipiente aún, ya es una realidad que insinúa un futuro tecnológico que se basará en explotar las extrañas propiedades y los recursos ofrecidos por el mundo cuántico. Los catedráticos Luis Quiroga y Ferney Rodríguez, de la Universidad de los Andes (Bogotá-Colombia), junto con el investigador postdoctoral Fernando J. Gómez-Ruiz, del Instituto de Física Fundamental IFF-CSIC, han implementado una **propuesta de enseñanza-aprendizaje que permite acercar a los estudiantes de grado en Física a la computación cuántica como hilo conductor hacia nuevo conocimiento.** Uno de los primeros interesados en dar este salto hacia el uso de nuevas tecnologías digitales cuánticas ha sido el estudiante de grado Santiago Higuera-Quintero (Universidad de los Andes), quien ha logrado implementar y caracterizar en los ordenadores cuánticos de IBM, un paradigmático modelo de sistemas cuánticos fuera del equili-



técnicas más utilizadas para el análisis de superficies. La mayoría de las mediciones de XPS han tenido una resolución temporal limitada debido a las características de la fuente de rayos X, donde los sincrotrones empujaron los límites de XPS al régimen de decenas de picosegundos (10^{-12} s). La llegada de los láseres de electrones libres de rayos X (XFEL) ha abierto la puerta para extender los estudios XPS al dominio del tiempo de femtosegundos y, por tanto, explorar la dinámica fuera del equilibrio con una resolución temporal de solo unos pocos femtosegundos (10^{-15} s). **Tal resolución temporal permite que la espectroscopia XPS no solo investigue los movimientos de los núcleos, sino que también capture efectos de la dinámica electrónica.**

Ahora, uno puede imaginar observar cambios en el entorno químico justo

unos pocos femtosegundos en un esquema ultrarrápido de XPS. Este trabajo ha sido llevado a cabo por una colaboración internacional de investigadores de grupos de la École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, Suiza), el Instituto Paul Scherrer (PSI, Suiza), la Universidad Autónoma de Madrid (UAM, España), el Laboratorio Nacional de Argonne (ANL, EE. UU.) y la Universidad de Stanford (EE. UU.), entre los que se encuentran los investigadores españoles Jesús González Vázquez y Antonio Picón. En este esquema se emplearon dos pulsos de rayos X de femtosegundos consecutivos con diferentes frecuencias. El primer pulso de rayos X se sintoniza resonantemente para excitar localmente el oxígeno (O) de la molécula de monóxido de carbono (CO), mientras que el segundo pulso de rayos X

brio conocido como el mecanismo de Kibble-Zurek (KZ). **La investigación de este modelo es aplicable a un amplio espectro de sistemas físicos que van desde la Cosmología hasta sistemas de materia condensada.** Pero... ¿cómo puede ser esto posible?

Remontémonos cincuenta años atrás, cuando Tom W. B. Kibble explicó un posible camino para entender la formación de estructuras en el universo primitivo. Su modelo explicativo consistió en caracterizar la dinámica de una transición de fase continua, la cual podría dar origen a las estructuras cosmológicas que actualmente observamos.

Por otro lado, e independientemente, Wojciech H. Zurek vislumbró como dicha dinámica puede estar también presente en sistemas de materia condensada. De esta forma se logró establecer una **conexión directa entre dos diferentes áreas, como son la cosmología y la materia condensada, convirtiéndose esta última en un laboratorio para comprobar teorías y experimentos cosmológicos.** Estas ideas seminales constituyen actualmente un paradigma ampliamente estudiado en la física de no-equilibrio que se conoce en la literatura especializada como el mecanismo de KZ. Este mecanismo permite caracterizar las propiedades físicas de un sistema fuera del equilibrio, como son la longitud de correlación y el tiempo de relajación, a partir de propiedades conocidas en el equilibrio termodinámico.

En el año 2005 B. Damski mostró que **es posible capturar la física fundamental del mecanismo de KZ usando un único sistema de dos niveles o bit cuántico.** Con este sistema, el grupo de científicos del IFF-CSIC y la Universidad de los Andes, en un trabajo publicado recientemente en la revista *Frontiers in Quantum Science and Technology* (doi: 10.3389/frqst.2022.1026025) mostraron que es posible probar las predicciones del mecanismo de KZ en ordenadores cuánticos digitales de IBM. Los investigadores presentaron un gran número de realizaciones experimentales usando qubits superconductores de diferentes ordenadores de libre acceso, donde validaron las predicciones del mecanismo

de KZ. Además, contrastaron sus resultados con respecto al nivel de ruido e imprecisión propia de estos nuevos ordenadores y los crecientes efectos de la decoherencia asociados con la complejidad del circuito cuántico empleado. **Los resultados obtenidos resaltan la**



importancia y necesidad de ordenadores cuánticos como herramientas de simulación, más allá de las arquitecturas clásicas, para un gran número de sistemas físicos desde pequeñas a grandes escalas.

Llevar este tipo de proyecto al aula de clase ha permitido —y lo hará con frecuencia aún mayor en el futuro inmediato— **lograr formar y motivar jóvenes investigadores familiarizados no sólo con los fundamentos mismos de la física cuántica, sino también con las nuevas oportunidades tecnológicas que de allí se abren.** Es de esperar que estas complejas ideas puedan llevar a motivar a estudiantes de secundaria y así las ciencias se acerquen más a las nuevas generaciones.

SIMULACIÓN RIGUROSA DE DISPOSITIVOS ÓPTICOS BASADOS EN CRISTAL LÍQUIDO

Los dispositivos ópticos basados en cristal líquido (LC, del acrónimo anglosajón *liquid crystal*) han recibido la atención de numerosos investigadores en la última década debido a la capacidad de modulación de las características de fase y/o amplitud de la luz incidente. En particular, los moduladores espaciales (SLM, de *spatial light modulator*) de luz basados en celdas de cristal líquido controlan la orientación del cristal líquido nemático confinado entre dos electrodos a los cuales se les aplica una

diferencia de potencial eléctrico. Esta reorientación del cristal líquido implica un cambio en el índice de refracción, el cual infiere cambios de fase y polarización en el estado de la luz incidente de forma dinámica a nivel de píxel. Sin embargo, **los fenómenos de interferencia**

o influencia entre píxeles adyacentes degradan el rendimiento de este tipo de dispositivos a medida que el tamaño de píxel se va reduciendo. Estos fenómenos habitualmente tienen una naturaleza no lineal y se ha demostrado que son más intensos cuando se aplican voltajes elevados en los diferentes píxeles que conforman la

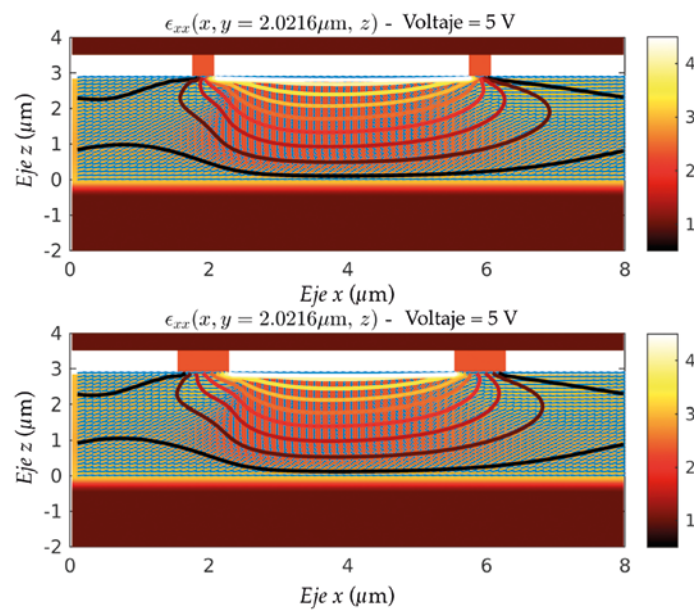
pantalla.

En un artículo publicado recientemente en la revista *Optics and Laser Technology* (DOI: 10.1016/j.optlastec.2022.108125) por Jorge Francés, Andrés Márquez, Cristian Neipp, Daniel Puerto, Sergi Gallego, Inmaculada Pascual y Augusto Beléndez, integrantes del Grupo de Holografía y Procesado Óptico (GHPO) de la Universidad de Alicante, se realiza **una caracterización rigurosa mediante técnicas numéricas de los diferentes fenómenos de interferencia entre píxeles en dispositivos LC-SLM.** La novedad de este trabajo se encuentra en enfocar este análisis desde una perspectiva polarimétrica, ya que evalúa el impacto en los parámetros de Stokes en pantallas con voltaje uniforme de los fenómenos de interferencia identificados principalmente como fenómenos de *fringing fields*, *out-of-plane* del vector director \mathbf{n} del LC y difracción inducida por el patrón periódico de la pantalla.

“En el trabajo se modela de forma rigurosa en el régimen espacial de un par de decenas de nanómetro (millonésima parte de un metro) tanto la distribución espacial del vector director del cristal líquido en función del espacio y el voltaje aplicado, como la luz incidente (campo electromagnético) interactuando con el medio anisótropo constituido por el cristal líquido”, señala el Dr. Francés. En particular, **se analizan diferentes tamaños de píxel, factores de llenado (fill-factor)** definidos como la relación entre el área efectiva de píxel y el área total del mismo

(que considera también zonas entre píxeles que no son efectivas en términos ópticos). La orientación del vector director en función del espacio y del voltaje es estimado a través de la minimización de la energía libre que considera las diferentes contribuciones de las energías elásticas (*Frank-Oseen free energy*), así como la interacción del campo eléctrico aplicado.

La distribución del campo óptico es estimada a través de simulaciones numéricas basadas en diferencias finitas en el dominio temporal y, como explica el Dr. Francés, “debido a las resoluciones espaciales y tamaños de píxel considerados hemos tenido que recurrir a formulaciones numéricas propias desarrolladas y optimizadas íntegramente en el seno del GHPO”. Los resultados obtenidos sobre pantallas de diferentes tamaños de píxeles y *fill-factor* se comparan con los obtenidos por una



pantalla ideal infinita (*fill-factor* unidad). **Los resultados muestran que en general las desviaciones en los parámetros analizados respecto al caso ideal (pantalla infinita) presentan una relación inversa con el *fill-factor*. Sin embargo, la contribución de cada tipo de interferencia es difícil de identificar en cada uno de los parámetros de Stokes.** Si bien era de esperar que el pa-

rámetro S_1 se viera principalmente influenciado por el fenómeno de *out-of-plane* se ha podido identificar que el parámetro S_1 también está influenciado por fenómenos de difracción debido al patrón pixelado de la pantalla. Como señala el Dr. Márquez, “en el estudio también se corrobora que las desviaciones en el comportamiento polarimétrico respecto a la pantalla infinita para mismos *fill-factor* no son siempre comparables para diferentes tamaños de píxel”. Y añade que esta conclusión se fundamenta en el

hecho de que la fracción de área afectada las componentes fuera de plano son mayores para píxeles de menor tamaño. “El trabajo permite visualizar de forma granular los diferentes fenómenos mencionados y abre nuevas líneas de trabajo en el ámbito de la caracterización rigurosa de dispositivos anisótropos basados en cristal líquido”, concluye el Dr. Francés.

¿te gusta investigar?

ATI

La solución adecuada a cada instalación

Suministro de equipamiento para investigación

* alimentación HV-LV * crates de alimentación * racks * electrónica de control y adquisición * espectroscopia * detectores (silicio, HPGe, centelleadores, Cd/Zc/Te...) * cables y accesorios * gestión de adquisiciones

info@atisistemas.com