

¿CÓMO NACIERON LOS ELEMENTOS QUÍMICOS?

LAS ESTRELLAS SON UN CALDERO DONDE SE COCINAN LOS ELEMENTOS QUÍMICOS QUE SE DAN EN LA NATURALEZA. LA DRA. MARIA LUGARO, DEL OBSERVATORIO KONKOLY EN EL CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN DE ASTRONOMÍA Y CIENCIAS DE LA TIERRA EN HUNGRÍA, ESTÁ TRABAJANDO PARA DESCUBRIR LAS RECETAS DE LAS ESTRELLAS Y QUÉ NOS PUEDEN CONTAR SOBRE EL NACIMIENTO DE NUESTRO SISTEMA SOLAR

HABLA COMO UN ASTROFÍSICO NUCLEAR

NUCLEO ATÓMICO – el centro de todos los átomos, compuesto de partículas subatómicas que se mantienen juntas gracias a la fuerza nuclear fuerte

FÍSICA NUCLEAR – el estudio de los núcleos y sus interacciones

NEUTRÓN – una partícula subatómica sin carga

PROTÓN – una partícula subatómica con carga positiva

FUSIÓN NUCLEAR – una reacción en la que uno o más núcleos atómicos se combinan para formar un núcleo más pesado

CAPTURA NEUTRÓNICA – cuando un núcleo captura un neutrón para formar un núcleo más pesado

NÚCLEO RADIATIVO – un núcleo que es inestable y decae en otro núcleo en un tiempo característico

METEORITO – fragmento de un asteroide que sobrevive el calentamiento debido a la entrada atmosférica y cae en la Tierra

SUPERNOVA – la explosión de una estrella debida a un colapso gravitacional o a un proceso de fusión nuclear descontrolado

Hace mucho tiempo, justo después del Big Bang, la mayoría de los elementos en la tabla periódica no existían. Lo único que había en el Universo era hidrógeno y helio. A partir de estos elementos, los más ligeros, se fueron formando elementos más pesados, cocinados mediante procesos nucleares en el interior de las estrellas. Eventualmente, incluso los elementos más pesados se formaron mediante procesos como la captura neutrónica,

hasta que se llegó a la variedad de elementos químicos que conocemos hoy. El Sol y su Sistema Solar, incluyendo nuestra Tierra, se formaron a partir de una nube densa de gas y polvo compuesta de todos estos elementos.

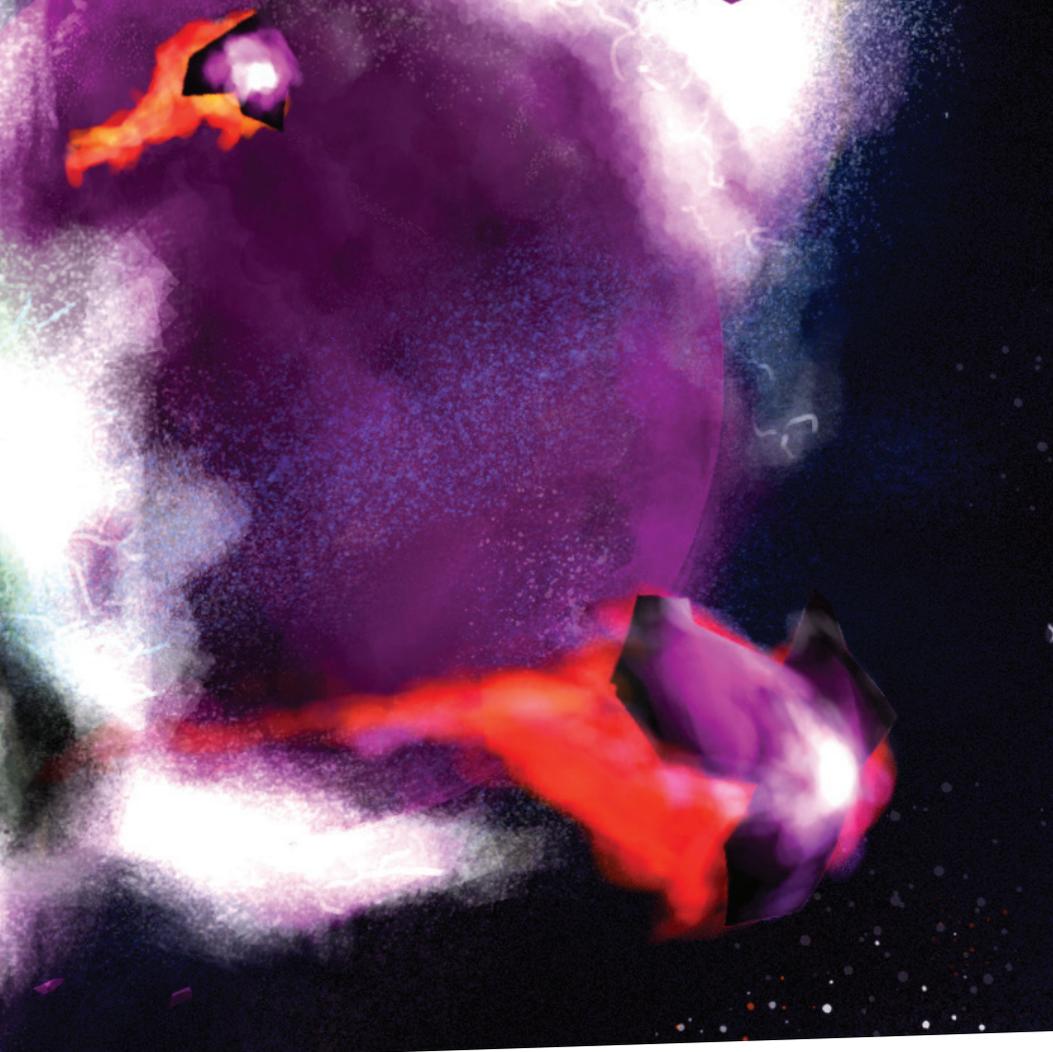
La Dra. Maria Lugaro del Observatorio Konkoly, del Centro para la Investigación de Astronomía y Ciencias de la Tierra, es una astrofísica nuclear

que ha dedicado su carrera a desvelar algunos de los misterios de la compleja cascada de procesos físicos que nos han llevado desde el Big Bang hasta el Sistema Solar como lo conocemos hoy. A día de hoy trabaja, como parte de un equipo internacional e interdisciplinario liderado por el Observatorio Konkoly, en el proyecto RADIOSTAR investigando núcleos radiactivos y las pistas que nos han dejado en los meteoritos.

«Con RADIOSTAR queremos entender exactamente qué eventos cósmicos pusieron núcleos radiactivos en donde se estaba formando el Sol, y el momento exacto en el que sucedieron esos eventos», explica Maria. «Esta es la mejor forma en la que podemos entender la historia de la materia que hoy encontramos en el Sistema Solar y las circunstancias exactas del nacimiento de nuestro Sol».

REACTORES ESTELARES

Las estrellas son bolas ardientes de plasma y gas ionizado. La razón por la que brillan es la fusión nuclear que ocurre en sus núcleos, donde fusionan hidrógeno para formar helio. Este proceso puede ocurrir en las estrellas debido las condiciones extremas en su interior. Incluso nuestro Sol, una estrella relativamente pequeña en comparación con otras en el Universo, tiene una temperatura central de 15 millones de grados



DRA. MARIA LUGARO

Líder de proyecto ERC-CoG y Lendület, Observatorio Konkoly, Centro para la Investigación de Astronomía y Ciencias de la Tierra, Red de Investigación Eötvös Loránd, Budapest, Hungría

CAMPO DE ESTUDIO

Astrofísica

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

RADIOSTAR: Radioactivities from Stars to Solar Systems.

FUNDADO POR

European Research Council (ERC) ERC-2016-COG - Grant Agreement 724560

Celsius. En comparación, ¡los altos hornos para fundir metales y fabricar acero en la Tierra solo llegan hasta 1500 grados Celsius!

El hidrógeno es, en esencia, comida para las estrellas, y cuando a una estrella se le empieza a acabar el combustible, empieza a fusionar elementos cada vez más pesados. Las estrellas masivas se expanden según se les acaba el hidrógeno, creando nuevos elementos en el proceso antes de explotar como supernovas, expulsando todos estos elementos al espacio.

«De los 83 elementos estables o de larga vida, alrededor de un 80% son más pesados que el hierro», dice Maria. «Estos son elementos poco comunes y la mayoría de ellos tienen nombres extraños, a veces fantásticos, desde praseodimio a iridio, y desde disprosio a prometio». RADIOSTAR intenta entender cómo fueron creados estos elementos en el cosmos.

ELEMENTOS PESADOS

Crear los elementos más pesados no es tarea fácil. «¿Cómo pudo combinar la naturaleza partículas muy ligeras, como el núcleo de helio, con 2 protones y 2 neutrones, para formar algo tan pesado como el núcleo de plomo, con 82 protones y 126 neutrones?» se pregunta Maria.

La respuesta radica en un proceso llamado captura neutrónica. Se sabe desde hace tiempo que los elementos más pesados en las estrellas

se forman debido a la captura de neutrones por núcleos atómicos, pero el proceso exacto se desconocía. El motivo es que los neutrones, sin carga, decaen rápidamente para formar protones, cargados positivamente, con una vida media de unos 10 minutos, lo que significa que los neutrones libres son difíciles de producir.

Maria está particularmente fascinada por los procesos de captura neutrónica en estrellas y lo que sus productos radiactivos nos pueden contar sobre la historia de nuestro Sistema Solar. Especialmente, quiere estudiar el nacimiento de nuestro Sol a partir de núcleos radiactivos creados por captura neutrónica y llegados a la Tierra en meteoritos. La información contenida en meteoritos nos cuenta cómo las condiciones específicas en el lugar y momento en que nuestro Sol nació dieron lugar al Sistema Solar que tenemos hoy. Maria dice: «Para producir la mezcla radiactiva exacta presente durante la formación del Sol, los eventos cósmicos que los crearon tienen que haber ocurrido a la distancia y el momento justos».

El equipo de RADIOSTAR puede usar estos núcleos radiactivos como cronómetros con los que puede determinar el aspecto original de la familia del Sol en el momento en el que se formó nuestro Sistema Solar. Datos obtenidos de los elementos radiactivos presentes en meteoritos, usando técnicas como la espectrometría de masas, permiten al equipo comparar las

proporciones de núcleos de distintas masas lo cual, cuando se combina con el conocimiento de la vida media de cada núcleo radiactivo, permite calcular cuándo se formaron estos elementos en el interior de una estrella o supernova.

RESULTADOS CLAVE

Por ahora, los resultados de Maria «sugieren con firmeza que el Sol nació en una gran y longeva guardería estelar. Nuestro Sol tuvo muchos hermanos, y distintas generaciones estelares coexistieron juntas en la guardería. Aunque el Sol lo abandonó hace mucho, este entorno tuvo un gran impacto en su formación y evolución temprana».

El trabajo de RADIOSTAR también ha revelado que cuando estrellas masivas están en órbita con una estrella compañera, pueden interactuar de tal forma que expulsan más aluminio radiactivo que estrellas solitarias, y que cuando una estrella masiva colapsa y explota como supernova, el polvo que se crea es muy rico en cromo. Ahora, Maria y el equipo RADIOSTAR juntarán todas estas piezas para determinar cómo han viajado estos núcleos a través de la Galaxia, y qué papel han tenido en la formación de la Tierra que vemos hoy.

SOBRE LA ASTROFÍSICA

¿Has mirado alguna vez al cielo nocturno y te has preguntado cuál es la naturaleza de las estrellas y galaxias ante tus ojos? La astrofísica está dedicada al estudio de todo objeto espacial, desde planetas a estrellas, meteoritos y galaxias. Esto incluye la física que describe cómo brillan e interaccionan, así como la física que describe cómo se formaron.

La astrofísica es un campo de estudio amplio, compuesta de muchas subdisciplinas diferentes. Algunos astrofísicos crean modelos por ordenador, mientras que otros trabajan en observatorios intentando obtener un vistazo de planetas lejanos. Una de estas subdisciplinas es la astrofísica nuclear, un campo interdisciplinario que aplica teorías desde física nuclear hasta procesos en entornos espaciales. Los astrofísicos nucleares están interesados en el papel que los procesos nucleares desempeñan en el ciclo de la vida estelar y en la formación de nuevos elementos. Una parte importante de este trabajo está enfocada a la física de los núcleos atómicos.

Maria es una astrofísica nuclear que estudia reacciones nucleares en estrellas. Nos explica: «Me gusta el hecho de que mi trabajo combine aspectos diferentes de la física, desde la naturaleza de las estrellas y galaxias, la física

nuclear de los núcleos en las estrellas, hasta la física atómica en los espectros estelares, e incluso la química y análisis de laboratorio, cuando tratamos con datos de meteoritos». Dentro de un campo tan amplio, siempre hay algo nuevo que aprender y descubrir. «A pesar de haber trabajado en este campo durante 30 años, nunca he dejado de aprender», dice Maria. «Siempre hay nuevas perspectivas que considerar, y nuevos métodos que aplicar que me fuerzan fuera de mi elemento. Es estimulante».

Aunque Maria trabaja en el Observatorio Konkoly en Hungría, el equipo internacional tras el proyecto RADIOSTAR y la naturaleza de su trabajo hacen que Maria colabore con un amplio rango de científicos. «Normalmente trabajo con físicos nucleares», dice. Una de estas colaboraciones (llamada LUNA) incluye la medición de reacciones nucleares en un laboratorio situado en lo profundo de una montaña italiana. El laboratorio se ha construido más de 1km bajo tierra para que la gruesa capa de roca que tiene encima prevenga la interferencia de los rayos cósmicos solares con los sensibles datos nucleares que se miden en él. «También trabajo con colegas que analizan rocas meteóricas», dice Maria, «y con astrónomos que miden e interpretan espectros estelares».

Nicholas Butler, un filósofo americano, dijo una vez: «Un experto es alguien que sabe cada vez más sobre cada vez menos cosas, hasta que lo sabe todo sobre nada». Maria no está de acuerdo. «Es una broma divertida», dice, «pero en mi experiencia, no es lo que pasa. Cuanto más aprendo sobre mi campo específico de capturas neutrónicas en estrellas, más tengo que entender y relacionar este conocimiento con sus implicaciones en otros campos. Así que también he tenido que aprender sobre química, polvo, meteoritos, reacciones nucleares, estructura nuclear, etc.»

Cuanto más planetas solares se descubren, más importante se vuelve entender el lugar que nuestro Sistema Solar ocupa en relación a otros sistemas planetarios en la Galaxia. Esto requiere una mayor comprensión de la composición de nuestro propio Sistema Solar, requiriendo más estudios de elementos químicos, núcleos radiactivos, la formación del Sol y la evolución de nuestro Sistema Solar. «Cuanto más intentamos profundizar en estas cuestiones, mayor necesidad tenemos de comunicarnos con campos distintos», dice Maria. «Uno de los desafíos principales para los astrofísicos es conectar sus investigaciones con otras áreas de la ciencia, y la próxima generación de científicos tienen que estar preparados para ello».

EXPLORA UNA CARRERA EN ASTROFÍSICA

- Échale un vistazo a los recursos de la Royal Astronomical Society. Tienen entrevistas con gente que trabaja en astrofísica, e incluso organizan competiciones y eventos en los que te puedes involucrar: ras.ac.uk/education-and-careers/careers
- Space Careers es un buen recurso para enterarte de oportunidades como escuelas de verano y eventos astrofísicos: spacecareers.uk/?p=summer_schools
- Intenta contactar tu universidad local o, si es que tienes uno, el observatorio para ver si tienen oportunidades para obtener experiencia profesional.
- El Observatorio Konkoly tiene un centro de visitantes que puedes visitar (www.svabhegyicsillagvizsgalo.hu/) y ha ayudado a organizar las International Olympiad of Astronomy and Astrophysics (ioaa2019.hu). El equipo de Maria también acepta estudiantes de instituto para obtener experiencia profesional, ¡algunos de los cuales han escrito artículos científicos con el grupo!

EL CAMINO DESDE EL COLEGIO A LA ASTROFÍSICA

Necesitarás un grado en física o en un campo relacionado como matemáticas, química o ciencias naturales. Algunas universidades, como la Universidad de Surrey en el Reino Unido, tienen un programa dedicado de astrofísica con asignaturas de astrofísica nuclear. Puedes leer más aquí:

www.surrey.ac.uk/undergraduate/physics-nuclear-astrophysics

Un grado general es aceptable para todas las áreas de la ciencia, la especialización se hace usualmente a través de programas de máster y doctorado.

¿CÓMO SE CONVIRTIÓ MARIA EN UNA ASTROFÍSICA?

Cuando era joven, siempre estuve interesada en bailar, específicamente ballet clásico, pero también flamenco, y estudié danza desde los 3 años hasta los 16. Quería ser una bailarina, o una profesora de danza, pero las cosas claramente fueron por un camino diferente. Hace unos 10 años descubrí que todavía puedo hacer ballet como adulta para mantenerme en forma, ¡así que ahora tengo clases cada semana!

En el instituto, estudié latín y griego antiguo, así como historia, filosofía, matemáticas y física. En la universidad quería estudiar muchos temas, desde historia y ciencias políticas hasta matemáticas y física. My madre estudió física y me sugirió que lo probara. Empezar fue difícil, puesto que me faltaba algo de base, pero una vez comencé a aprobar exámenes con buenas notas, me di cuenta de que lo disfrutaba, especialmente las asignaturas teóricas, incluyendo mecánica cuántica y relatividad. Para mi tesis elegí trabajar en astrofísica nuclear porque el Profesor Roberto

Gallino de la Universidad de Turín, de donde soy, nos explicó a los estudiantes que en el interior de las estrellas y en explosiones estelares hay un mundo microscópico de reacciones nucleares, que no solo alimentan la luz estelar, ¡sino que también crea todos los elementos químicos! También me introdujo a los meteoritos y cómo podemos usarlos para estudiar las estrellas y el Sol, lo que me pareció incluso más fascinante.

Siempre he sido una estudiante aplicada, y esta es una de las bases de cualquier logro: el trabajo duro. Algo que me ha ayudado mucho es que tengo muy buena memoria. Según trabajas, las cosas se vuelven cada vez más complicadas y recordar lo que tanto tú como otros científicos han hecho y por qué, ayuda a mantener una mente clara y tener un camino definido, en lugar de dar vueltas en círculos.

Para un científico, creo que la humildad es como un superpoder; te ayuda a mantener un ojo crítico en tu trabajo, estar abierto a nuevas

ideas y aceptar errores, fallos y críticas, que inevitablemente siempre llegan. La bailarina Margot Fonteyn dijo una vez: «Una cosa importante que he aprendido con los años es la diferencia entre tomarse el trabajo en serio y tomarse a uno mismo en serio. Lo primero es imperativo y lo segundo es desastroso».

Practico concienciación dos veces al día e intento evitar trabajar o pensar en el trabajo fuera de las horas laborales. El cerebro necesita descansar para poder trabajar con el máximo de eficiencia. No es fácil tomarse el descanso, que es el motivo por el que estoy intentando tener más control sobre mis pensamientos utilizando la práctica de concienciación. Por suerte tengo una gran familia que me ayuda a distraerme. Planeo tres semanas de vacaciones continuadas cada verano, durante las cuales tan siquiera compruebo mis correos. Cuando se acaban, siempre me doy cuenta de que he redescubierto quién soy y ¡puedo empezar a pasármelo bien con la ciencia otra vez!

CONSEJOS DE MARIA

- 01** La perseverancia es una habilidad crucial. Desafiarse a uno mismo con tareas difíciles y ser capaz de llevarlas a cabo es una forma de mejorar la perseverancia y puede ayudarte a disfrutar aún más de tus estudios y trabajo.
- 02** Lee mucho y entrena tu memoria. Los científicos necesitan leer constantemente para mantenerse actualizados con lo que está pasando en su campo, y una buena memoria ayuda a no perderse en un laberinto de nuevas y viejas ideas.
- 03** No tengas miedo de equivocarte. Desafiarte a ti mismo en tus estudios y en ciencia se basa en aprender a aceptar tus errores y fallos y seguir adelante. and failures and keep going.



Imagen creada por la artista húngara Boglárka Mészáros. Representa la explosión tras una fusión entre dos estrellas.