

Directora: Silbia López de Lacalle. Comité de redacción: Antxon Alberdi, Carlos Barceló, René Duffard, Emilio J. García, Pedro J. Gutiérrez, Susana Martín-Ruiz, Enrique Pérez-Montero, Pablo Santos y Montserrat Villar. <u>Edición, diseño y maquetación</u>: Silbia López de Lacalle.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando como fuente "IAA: Información y Actualidad Astronómica" y al autor o autores.

Instituto de Astrofísica de Andalucía c/Camino Bajo de Huétor 50, 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es Depósito legal: GR-605/2000 ISSN: 1576-5598

REPORTAJES UPWARDS: ciencia nueva para un planeta viejo...3

La teoría del estado estacionario ...6

Sorpresas en la nebulosa del Huevo Podrido...8

DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS. Binarias de rayos X ...10

Homenaje a Javier Gorosabel...12

EL "MOBY DICK" DE... Christina Thöne (IAA)...14 CIENCIA EN HISTORIAS...Maria Mitchell... 15 **ACTUALIDAD ...16** SALA LIMPIA ...22



Misión Mars Express (ESA).

FE DE ERRATAS

En la página 13 del número 45 hay un error en el párrafo que lleva el título "Sondeando el amanecer cósmico". Donde dice "en los siguientes quinientos mil millones de años" debería decir "en los siguienteos quinientos mil años". Agradecemos a Francisco de Paula Martínez sus comentarios al respecto.



UPWARDS: ciencia nueva para un planeta viejo

COORDINADO POR EL IAA, EL PROYECTO DESARROLLARÁ NUEVAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS PARA EXPLOTAR LAS MISIONES MARS EXPRESS Y EXOMARS

Por Emilio J. García (IAA)

MARTE ES UN PLANETA POR EL **QUE SENTIMOS DEBILIDAD EN LA** TIERRA. Lo demuestran las numerosas misiones enviadas allí desde que la misión Mariner 9 lo orbitara por primera vez en 1971. Es cierto que su cercanía ayuda, pero Marte aglutina características que lo convierten en un objetivo científico único: vientos de hasta treinta kilómetros por segundo, gigantescas tormentas de polvo o la posibilidad de que albergara agua líquida en el pasado, entre muchas otras. Además, cada misión ha servido para acrecentar el mito marciano. Un ejemplo de ello es la inesperada detección, por parte de la sonda Mars Express en 2004, de trazas de gas metano en su atmósfera, cuyo origen aún se desconoce.

Desde hace más de una década, la Agencia Espacial Europea (ESA) trabaja en el programa *ExoMArs 2016-2018* que consta de dos misiones que visitarán el planeta vecino en los próximos años. La primera de ellas *–ExoMars 2016–* se lanzará en enero de 2016 y consta de un orbitador (TGO) y un módulo de descenso. La segunda parte *–ExoMArs 2018–* pretende situar en 2018 un rover sobre la superficie marciana.

ExoMars resolverá muchas de las incertidumbres actuales sobre el planeta rojo, pero seguro que también añadirá nuevas piezas al puzle marciano. Pero para maximizar el retorno científico de *ExoMars* antes hay que poner al día nuestro conocimiento sobre Marte, y con este objetivo ha surgido el proyecto UPWARDS.

UPWARDS: poniendo Marte al día Understanding Planet Mars With Advanced Remote-sensing Datasets and Synergistic Studies (UPWARDS) constituye un consorcio coordinado desde el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que cuenta con la participación de grupos de investigación procedentes de siete instituciones científicas europeas. UPWARDS busca ser un puente entre ExoMars y los programas anteriores de exploración de Marte, especialmente Mars Express, la misión europea que desde 2003 gira en torno al planeta rojo.

Durante los próximos tres años UPWARDS pondrá a punto nuevas herramientas de análisis, muchas de ellas basadas en las mismas técnicas que se emplean en climatología y meteorología terrestres, y que servirán para la explotación científica de los datos que genere *ExoMars 2016* como nunca antes se había hecho con una misión espacial. Además, los investigadores de UPWARDS aplicarán estas herra-

mientas, junto con nuevos modelos geofísicos y atmosféricos, sobre el ingente conjunto de datos procedentes de misiones anteriores con el fin de abordar una selección de los principales retos abiertos en la actual investigación marciana. Será una revisión científica de buena parte de nuestro conocimiento actual sobre Marte a la luz de nuevos desarrollos y estrategias, de cara a definir un contexto científico de referencia sobre el que preparar tanto los objetivos de *ExoMars 2018* como el de futuras misiones a Marte.

UPWARDS afrontará algunos de los retos científicos abiertos más importantes de Marte. Son buena parte de las piezas que conforman el actual puzzle marciano. Estas son algunas de ellas:

Interacción subsuelo - superficie - atmósfera

El subsuelo marciano -una zona inaccesible

Concepción artística de la misión ExoMars (ESA)



Hielo y polvo en el polo norte marciano. Fuente: ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

de manera directa con los instrumentos actuales- es uno de los temas más candentes en la moderna investigación sobre Marte, ya que se encuentra detrás de muchos de los fenómenos que observamos en la superficie y en la atmósfera marcianas.

Por ejemplo, uno de los mecanismos propuestos para explicar la enigmática y variable presencia de pequeñas trazas de metano en la atmósfera del planeta rojo se basa en la desestabilización esporádica del hielo y de los clatratos existentes en el subsuelo marciano. Los clatratos son estructuras moleculares de agua helada en las que estaría atrapado el gas metano, y que se piensa son también responsables de mucha de la actividad geológica que se observa en la superficie marciana.

Sea cual sea el origen del metano, tampoco conocemos el mecanismo mediante el que se transporta desde el subsuelo hasta la superficie, y de ahí a la atmósfera. Esto es determinante para explicar tanto las cantidades como la frecuencia con la que se detecta, pero exige un completo conocimiento del entorno del subsuelo del que hoy en día no disponemos.

Más allá de explicar las cantidades de metano observadas, comprender bien la interacción global entre el subsuelo, la superficie y la atmósfera de Marte abriría la puerta a resolver buena parte de la complejidad de este planeta entendido como un sistema global. Por ejemplo, nos permitiría dibujar la evolución térmica del planeta; o explicar cómo el vapor de agua procedente de la atmósfera puede difundirse hacia los estratos inferiores y formar hielo por con-

densación bajo la superficie en una de las etapas clave del ciclo del agua marciano. UPWARDS pretende analizar todas estas regiones de una manera conjunta, aplicando modelos más refinados que reproduzcan la interacción entre subsuelo, superficie y atmósfera, con el fin de lograr trazar un escenario aplicable a Marte en su totalidad. Herramientas innovadoras podrían, por ejemplo, reconstruir las trayectorias de los vientos marcianos y, a partir de ahí, trazar a la inversa el camino seguido por especies químicas como el metano hasta localizar de manera inequívoca su fuente original.

Una superficie siempre oculta por aerosoles

En la superficie de un planeta se refleja buena parte de su historia y evolución geológica. Y nunca mejor dicho, porque precisamente gracias al análisis de la luz solar reflejada en ella es posible dibujar el mapa de su composición mineralógica superficial. En este mapa se puede encontrar la huella de fases de gran actividad interna, posibles impactos de meteoros o fenómenos geológicos hoy extintos. Sin ir más lejos, en el caso de Marte algunos minerales presentes en su superficie son evidencias claras de la existencia de agua líquida en el pasado reciente del planeta. Por tanto, conocer con detalle la composición superficial de Marte es un punto crucial a la hora de reconstruir y entender su imagen actual. Pero antes de ser detectada desde el espacio, la luz reflejada desde la superficie de Marte debe atravesar su atmósfera. Este hecho enmascara las medidas con una importante contribución procedente de la propia composición atmosférica del planeta, especialmente gases de diferentes especies y aerosoles (partículas en suspensión

de diferente tamaño y concentración que dispersan la luz reflejada). Por tanto, es necesario identificar esta contribución y desacoplarla de la señal para poder estudiar con la mayor fiabilidad posible la composición química de la superficie del planeta. Hasta ahora, en la mayoría de los casos dichas medidas solamente se corregían de la presencia de los gases atmosféricos, pero las nuevas técnicas de análisis que se van a desarrollar bajo UPWARDS permitirán aislar y eliminar el efecto de los aerosoles de entre 0,4 y 4 micras. Esto permitirá contar con un fidedigno mapa de composición de la superficie marciana, clave para correlacionar posibles zonas de hielo y depósitos de clatratos; o para discernir los cambios estacionales y anuales en el albedo marciano -fracción de luz solar reflejada al espacio- debido a la redistribución de polvo sobre la superficie.

El ciclo del agua

Actualmente las condiciones de presión y temperatura impiden la presencia de agua líquida sobre la superficie marciana. Pero, aún así, Marte posee un ciclo hidrológico activo, caracterizado por una gran variabilidad -tanto geográfica como estacional- que afecta a la cantidad de agua existente en forma de vapor y de hielo a lo largo del año.

Este ciclo es una pieza fundamental a la hora de resolver buena parte del puzle marciano, no solo por la influencia en su clima, sino porque de su comportamiento se deriva buena parte de la geología marciana actual (por ejemplo, en aspectos tan importantes como la formación de hielos y clatratos en el subsuelo), así como de las posibles condiciones de habitabilidad que Marte pudo tener en el pasado.

Es conocido que durante el verano marciano gran parte de los casquetes polares subliman en forma de vapor de agua, que se desplaza grandes distancias debido a la acción del viento. Posteriormente, durante el invierno, gran parte de este vapor vuelve a condensarse en los polos. A una escala más local se pueden formar condensaciones en forma de nubes, mucho más tenues que las terrestres, que desempeñan un papel clave en el clima marciano al modificar la cantidad de radiación solar que alcanza la superficie del planeta. También es conocida la formación de capas de hielo sobre la superficie, que pueden mantenerse durante unas pocas horas en verano y hasta varias decenas de días en el invierno. Estos reservorios de hielo son importantes a la hora de comprender la variabilidad interanual observada en este ciclo.

Aunque disponemos de un conocimiento general del ciclo, el diablo se esconde en los detalles. Es a la hora de describirlos cuando comprobamos que muchos procesos físicos asociados al ciclo del agua no se entienden del todo. Precisamente, al introducir los efectos radiativos de las nubes, los modelos dejan de ser capaces de reproducir las observaciones en detalle. Otros aspectos, como la distribución vertical de vapor de agua y su ciclo diurno, o la variabilidad de las nubes durante el día, tampoco se han explicado convincentemente.

El objetivo de UPWARDS consiste en reunir y analizar en detalle todos los datos disponibles sobre el ciclo del agua, y que son muy dispersos e indirectos, para formar una visión coherente entre todos los procesos relacionados con dicho ciclo y que se atacan desde UPWARDS, como el subsuelo, el albedo y el polvo.

Fabulosas tormentas de polvo

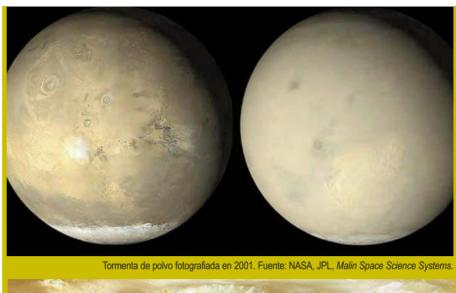
Sin duda, otra de las características más llamativas del planeta vecino es la presencia de extraordinarias tormentas de polvo, que en algunos casos pueden llegar a cubrir literalmente toda la superficie. Estas gigantescas tormentas suelen iniciarse en el hemisferio sur durante el perihelio y son variables tanto en magnitud como en frecuencia, con una media de aproximadamente un evento cada tres años. Otras tormentas son mucho mas localizadas y ocurren con gran frecuencia, tanta que dificilmente existe un dia marciano globalmente claro, limpio de polvo por todas partes.

¿Qué mecanismos son capaces de generar estos fenómenos? Aún no hay respuesta, pero evidentemente son fenómenos que inciden de manera directa en otros factores, como la formación de hielos en la superficie o el propio ciclo del agua.

UPWARDS pretende caracterizar las tormentas de polvo en todas sus escalas y desde una perspectiva global e interconectada con el resto de fenómenos marcianos. Su origen, evolución y propiedades serán estudiados mediante el análisis de observaciones y el empleo de modelos muy detallados. Se analizarán los impactos de estas tormentas en la temperatura global de la superficie y la atmósfera, así como su efecto en las cantidades de hielo y vapor de agua existentes y, en general, en el clima marciano.

La termosfera

La termosfera de Marte es la zona de transición entre las capas más bajas de la atmós-





Polvo arrastrado por el viento, posiblemente mezclado con ceniza volcánica, que irradia del cráter Becquerel hacia un cráter vecino. Fuente: ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum).

fera y aquellas más exteriores que conectan con el espacio exterior. Se trata de una zona fundamental para componer una visión global de la atmósfera del planeta y de los procesos que en ella ocurren, desde su acoplamiento físico, químico y dinámico con la superficie hasta la interacción con el espacio exterior. Muy compleja y activa dinámicamente, esta región es muy sensible a fenómenos superficiales como las tormentas de polvo, que provocan bruscas variaciones de temperatura en las capas más inferiores de la atmósfera y que se dejan sentir en la termosfera. Además, es una región crítica a la hora de cuantificar el aerofrenado para futuras misiones orbitales alrededor de Marte.

A pesar de su interés y de ser objetivo clave de la futura *ExoMars*, no hay muchos datos referentes a esta región, pero gran parte de los existentes son complejos y están a la espera de ser analizados. UPWARDS está desarrollando un conjunto de herramientas que explotará estos datos de una manera innovadora, con el fin de obtener una visión más extensa y profunda de esta región y de su papel en la atmósfera marciana. Se analizarán aspectos que actualmente no se conocen en detalle, como su variabilidad interanual, la posible influencia del ciclo del agua, las tormentas de polvo y de las partículas en suspensión atmosféricas, la pérdida de especies químicas al medio interestelar o la influencia del ciclo solar, entre otros muchos.

Repensar Marte

En definitiva, UPWARDS obtendrá una nueva imagen global de Marte. Una puesta a punto de todo nuestro conocimiento marciano a la espera de las nuevas sorpresas que, sin lugar a dudas, deparará la futura generación de misiones a nuestro planeta vecino.



Hoyle, Bondi, Gold y la teoría del universo estacionario

"SIN CREACIÓN
CONTINUA, EL
UNIVERSO DEBE
EVOLUCIONAR HACIA
UN ESTADO MUERTO
EN EL QUE TODA LA
MATERIA SE HALLE
CONDENSADA EN UN
GRAN NÚMERO DE
ESTRELLAS MUERTAS..."

(Fred Hoyle, *The Nature of the Universe*, 1950)

Por Miguel Pérez-Torres (IAA-CSIC)

UNA NOCHE CUALQUIERA DE 1946 EN LONDRES. TRES COSMÓ-LOGOS BRITÁNICOS VAN AL CINE A VER LA PELÍCULA DEAD OF NIGHT. El argumento de la película consiste en varias historias de terror con un final poco habitual: la última escena de la película es la misma que la primera. Es una historia cíclica, continua, sin fin. A la salida del cine, uno de los tres cosmólogos, inspirado por el argumento de la película, propone que, a medida que el universo se expande, nueva materia se crea continuamente en el espacio intergaláctico. La teoría del universo estacionario está a punto de

Los cosmólogos protagonistas, Fred Hoyle de una parte, y Herman Bondi y Thomas Gold (el que según la leyenda tuvo la inspiración a partir de la película) de otra, publicarían sendos artículos que sentarían la base de la teoría del estado estacionario del universo. Ambos artículos aparecieron en 1948, el mismo año en que la base de la teoría del Big Bang se publicaba por Gamow y colaboradores. Hoyle publicó lo que sería la base matemática de la teoría del universo estacionario (1) en un artículo en soli-

tario, mientras que Bondi y Gold publicaron conjuntamente lo que sería la base teórico-filosófica (2).

Hoyle y el universo aristotélico

Hoyle había nacido en un pueblo del norte de Inglaterra en 1915, un año después de que se iniciara la Primera Guerra Mundial. Aprendió las tablas de multiplicar con apenas tres años (adivinen quién se las enseñó... en efecto, su madre). A muy temprana edad decidió que aprendería a conocer el mundo natural por su cuenta y dejó la escuela. Pronto descubrió los escritos divulgativos de Arthur Eddington, que estimularon su interés por la cosmología, y es muy probable que estas lecturas marcaran, quizá de modo inconsciente, su vida científica. En efecto, Eddington aborrecía la idea según la cual "el orden actual de la naturaleza tuvo un inicio". Hoyle se dedicó a combatir la creencia de que el universo tuvo un principio, inclinándose por la concepción aristotélica: el universo siempre había existido y siempre existiría.

Hoyle, Bondi v Gold

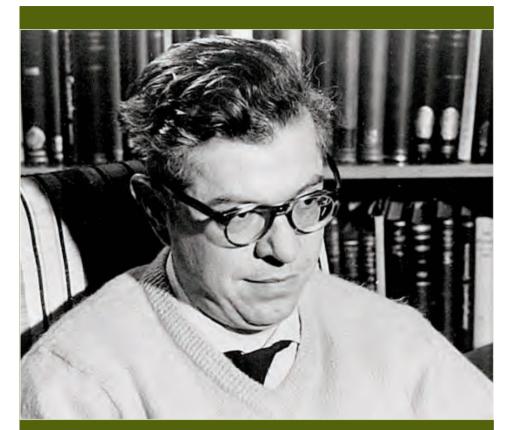
Estos tres investigadores se conocieron en 1942, cuando a Hoyle lo nombraron responsable de una estación de radar, una de las muchas que Churchill había dispuesto para prevenir a la población de Londres de los numerosos

ataques aéreos de la Luftwaffe nazi. Se inició así una amistad y colaboración que duraría muchos años.

Hoy día, las nuevas generaciones de astro(físicos) ni siquiera recuerdan que, antes del descubrimiento casual del fondo cósmico de microondas por Penzias y Wilson, la teoría cosmológica más en boga, al menos para el gran público, no era la del Big Bang sino la del estado estacionario del universo. Mientras Gamow, Alpher y Herman presentaban en 1948 lo que parecían ser

Cartel anunciador de la película Dead of Night, que según la leyenda inspiró a Gold, Bondi y Hoyle la teoría del universo estacionario. "Hoyle se dedicó a combatir la creencia de que el universo tuvo un principio, inclinándose por la concepción aristotélica: el universo siempre había existido y siempre existiría"

evidencias prácticamente irrefutables de un inicio superdenso y caliente del universo, que con el tiempo se enfriaría al expandirse (el Big Bang), a este lado del charco tres cosmólogos británicos que habían visto una película de terror estaban preparando una respuesta devastadora a la teoría del Big Bang. Encabezados por Fred Hoyle, enjuto y con gafas de culo de vaso, y muy independiente y testarudo, la guerra contra el Big Bang estaba a punto de comenzar.





Arriba: Fred Hoyle, padre de la base teórico-matemática del universo estacionario. Debajo: De izquierda a derecha, Gold, Bondi y Hoyle durante una conferencia.

Universo estacionario versus Big Bang

La ventaja que presentaba la teoría del estado estacionario sobre la del Big Bang residía en que no tenía que explicar lo que había ocurrido antes de la creación del universo, lo que la convertía en una teoría muy atractiva para todos. Pero, como siempre ocurre en ciencia, la batalla que libraban "bigbangueros" y "estacionarios" se decidió en torno a cómo de bien se ajustaban las observaciones a las predicciones realizadas.

- 1. Edad del cosmos. El Big Bang predecía una edad de entre diez mil y veinte mil millones de años, mientras que el universo estacionario sería infinitamente viejo.
- **2.** La abundancia de los elementos. Gamow y sus colaboradores mostraron

que el Big Bang no tenía problemas para producir el hidrógeno y el helio, pero se tuvo que aceptar que los elementos más pesados no podían haberse generado con el Big Bang. En la teoría estacionaria, los elementos se formaban en las estrellas, lo que explicaba sin problemas los elementos pesados, pero no el hidrógeno ni el helio. Precisamente Hoyle, junto con Fowler y el matrimonio Burbidge, hicieron una contribución fundamental (¡que apoyaría al Big Bang, del que renegaba!) al mostrar cómo podrían formarse los elementos pesados dentro de las estrellas, a partir de hidrógeno y helio. El Big Bang es compatible con este escenario; el universo estacionario,

3. La distribución de la materia en el

tiempo y el espacio. En un universo estacionario no debería observarse ningún cambio significativo en la densidad o el tipo de galaxia a través del tiempo y el espacio. También se predecía la existencia de galaxias desde muy jóvenes a muy viejas. Por el contrario, el Big Bang predecía una mayor densidad de galaxias a medida que se fuese atrás en el tiempo (más cerca del Big Bang). Además, al formarse todas las galaxias poco después del Big Bang, no tendría por qué haber galaxias jóvenes.

4. La temperatura del fondo cósmico. Este es el clavo que selló el ataúd de la teoría del universo estacionario. El Big Bang habría comenzado con una enorme densidad de radiación, y muy caliente. Al expandirse, el universo se enfriaría y diluiría y, como predijeron Alpher y Herman, la radiación fósil tendría una temperatura de unos cinco grados kelvin.

Curiosamente, no fue Gamow ni ningún otro defensor del Big Bang quien acuñó este término. Fue Hoyle quien, en 1950, durante uno de los programas de radio en los que frecuentemente participaba para difundir la ciencia, se refirió así a la teoría de Gamow. Lo que quizá no sospechaba Hoyle es que el nombre fuera a tener tanto gancho y aceptación, y mucho menos que fuera la teoría correcta.

La radioastronomía puso fin a la teoría del universo estacionario. El descubrimiento del fondo cósmico de microondas por Penzias y Wilson mostró que el universo fue inicialmente mucho más denso y caliente de lo que es en la actualidad. Asimismo, la densidad de cuásares (obtenida a partir de observaciones radio) indicaba que era mucho mayor cuanto más cerca estábamos del Big Bang. El mismo Hoyle, en 1965, poco después de saberse los resultados de Penzias v Wilson, daba su brazo a torcer y declaraba: "Parece probable que la idea del estado estacionario acabe por ser descartada... al menos en la forma en que se la ha conocido hasta ahora". Hoyle en estado puro.

REFERENCIAS

(1) F. Hoyle, *A new model for the expanding universe*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 5, p. 372 (1948)

(2) H. Bondi and T. Gold, *The steady-state theory of the expanding universe*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 3, p. 252 (1948)



Sorpresas en la nebulosa del Huevo Podrido

ESTA NEBUSOLA
DESTACA POR SER UN
ENTORNO
QUÍMICAMENTE MUY
COMPLEJO Y POR LOS
ENIGMAS QUE RODEAN
TANTO SU ESTADIO
EVOLUTIVO COMO EL
PROCESO QUE DIO
LUGAR A SU FORMA
ACTUAL

Por Natalia Ruiz Zelmanovitch (ICMM-CSIC)

LA PRESENCIA DE GASES MALO-LIENTES EN ENTORNOS ASTROFÍ-SICOS RESULTA BASTANTE HABI-

TUAL. Ahora, un equipo de investigadores ha descubierto nuevas especies moleculares con nitrógeno en una envoltura circunestelar conocida como nebulosa de la Calabaza o nebulosa del Huevo Podrido. ¿Que por qué se llama así? Tápense la nariz...

Las estrellas moribundas son auténticas fábricas de moléculas, ya que lanzan al medio interestelar parte del material que las forma, creando una especie de nube de gas y polvo a su alrededor denominada "envoltura circunestelar". Utilizando el radiotelescopio IRAM 30m, un equipo de investigadores ha descubierto nuevas especies con nitrógeno (N) en OH231.8+4.2, una envoltura circunestelar rica en oxígeno también conocida como la nebulosa de la Calabaza o nebulosa del Huevo Podrido. Desde hace unos cuarenta años, la química circunestelar as una fórtil fuente pera

Desde hace unos cuarenta años, la química circunestelar es una fértil fuente para nuevos descubrimientos moleculares y para el desarrollo de modelos físicos y químicos. Las envolturas circunestelares alrededor de estrellas evolucionadas (en la etapa de la rama asintótica de las gigantes o AGB) se forman como resultado del intenso proceso de pérdida de masa que sufren estos objetos y están compuestas, principalmente, de gas molecular y polvo, lo que las convierte en

las zonas del espacio con uno de los ambientes químicos más complejos.

Estas envolturas circunestelares se clasifican según las abundancias relativas de carbono y oxígeno, siendo ricas en uno u otro elemento, lo que determinará qué tipo de química predominará en cada uno de estos entornos.

En el caso de envolturas circunestelares ricas en oxígeno, el carbono desempeña el papel de "reactivo limitante" y se supone que está casi completamente contenido en el monóxido de carbono (CO), que es una especie muy abundante y estable, mientras que el oxígeno restante queda libre para reaccionar con otros átomos, formando moléculas adicionales portadoras de oxígeno.

Por esta razón, aparte del CO, las envolturas circunestelares ricas en oxígeno son relativamente pobres en especies moleculares portadoras de carbono, mientras que las envolturas ricas en carbono muestran bajas abundancias de especies portadoras de oxígeno. Hasta la fecha, la mayor parte de los esfuerzos de observación para detectar nuevas moléculas circunestelares se habían centrado en fuentes ricas en carbono, ya que se cree que cuentan con una química más compleja que sus homólogas ricas en oxígeno (de hecho, el objeto más estudiado de este tipo es la estrella evolucionada CW Leonis, en cuya envoltura se han descubierto unas ochenta moléculas).

Sin embargo, trabajos recientes sugieren que las envolturas ricas en oxígeno pueden ser químicamente más diversas de lo que originalmente se pensaba. Por ejemplo, se han identificado algunos compuestos químicos inesperados (como HNC, HCO⁺, CS, CN, etc.) en un número de estrellas de tipo tardío ricas en oxígeno, incluyendo la nebulosa del Huevo Podrido, estudiada en este trabajo: utilizando datos obtenidos con el telescopio IRAM 30m, en un sondeo llevado a cabo en longitudes de onda milimétricas, se han detectado las especies moleculares HNCO, HNCS, HC₃N y NO [1].

Este trabajo encierra muchas "primeras veces": es la primera vez que se detectan HNCO y HNCS en cualquier tipo de envoltura circunestelar; es la primera vez que se ha detectado HC₃N en una envoltura rica en



Campo del cielo en el que se encuentra la Nebulosa de la Calabaza o nebulosa del Huevo Podrido, Messier 46. Fuente: ESA; Valentín Bujarrabal (Observatorio Astronómico Nacional, IGN) y sondeo Digitized Sky Survey.

oxígeno; por último, el hallazgo de NO (monóxido de nitrógeno) representa la primera detección en una envoltura alrededor de una estrella evolucionada de masa baja/intermedia (estrellas con una masa de entre una y ocho veces la masa del Sol). La importancia de estas detecciones radica,

no solo en su descubrimiento, sino en que, además, nos dan pistas de los procesos químicos que podrían formarlas: el estudio de este hallazgo sugiere que los procesos de choque podrían ser los causantes de su formación. Pero, antes, conozcamos un poco más a nuestra protagonista.

OH231.8+4.2, la nebulosa de la Calabaza o del Huevo Podrido

OH231.8+4.2 [2] es una conocida nebulosa bipolar que también se conoce con el nombre de nebulosa del Huevo Podrido (aunque por la misma regla de tres se podría llamar la nebulosa pestilente... Esta nebulosa tiene tantos compuestos sulfurosos que la cosa debe andar muy mal ahí arriba).

La etapa evolutiva de esta nebulosa no está clara debido a sus múltiples e inusuales propiedades. Se cree que se trata de una precursora de nebulosa planetaria detecta-



da, probablemente, en una fase de transición de breve duración. La estrella central es QX Pup [3], y está oscurecida en el rango visible por el gas y el polvo.

Para Luis Velilla, investigador del Grupo de Astrofísica Molecular del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC) que ha dirigido este trabajo de investigación, "la evolución tardía de este objeto puede haber sido compleja, ya que tiene una estrella compañera binaria identificada indirectamente a partir del análisis espectral de la luz reflejada por la nebulosa". Una estrella compañera podría influir y alterar una envoltura circunestelar tanto en el desarrollo físico (por ejemplo, debido a la influencia de su campo gravitatorio) como químico (por ejemplo, si fuera muy caliente, podría emitir luz de tipo ultravioleta capaz de disociar parte de las moléculas).

La mayoría del material nebular se encuentra en forma de polvo y gas molecular frío y masivo. Este gas se halla en una estructura muy alargada y grumosa formada por dos componentes principales: un núcleo central y un flujo bipolar altamente colimado.

Tanto la presencia de flujos bipolares como la presencia de choques son características comunes a los objetos que han dejado la fase de AGB y se encuentran evolucionando a la fase de pre-nebulosa planetaria.

Sin embargo, esta nebulosa aún preserva características afines a las envolturas esféricas de estrellas que aún se encuentran en la fase AGB. De hecho, la estrella central, QX Pup, se clasifica como AGB. Vamos que, como decíamos al principio, no nos queda claro en qué etapa de su vida se encuentra y es probable que esté en un momento de transición y la hayamos pillado "in fraganti".

Pero ese no es el único tema de debate: aún se discute cuál ha podido ser el proceso que dio origen y forma a esta nebulosa tal y como la vemos hoy en día. Se cree que, en un primer momento, se creó una envoltura de forma esférica alrededor de la estrella AGB (lo cual ocurre en la mayoría de las estrellas de este tipo). Sin embargo, un mecanismo de origen desconocido creó unos chorros de materia bipolares, colimados y fuertemente acelerados [4]. El choque de dichos chorros con la envoltura AGB, que previamente ocupaba ese lugar en la zona de los polos, empujaría ese material lejos de la estrella, creando esa forma de calabaza o reloj de arena.

Es probable que el origen de estas diferencias y de la propia aceleración [5] sea consecuencia de la presencia de esa posible compañera estelar, un escenario plausible que se ha propuesto para explicar la forma y la aceleración de pre-nebulosas planetarias bipolares y de nebulosas planetarias.

La importancia de los choques

Les habíamos dejado con la miel en los labios (porque decir con el huevo podrido en los labios, como que no) al adelantarles la importancia de los choques en este trabajo de investigación. Y es que, tras estudiar y comparar las observaciones y los resultados de los modelos, se dedujo que las cantidades encontradas de estas especies moleculares (recuerden, HNCO,

HNCS, HC₃N y NO) en esta nebulosa no podían ser producto ni de química inducida por fotones ultravioleta ni de química inducida por rayos cósmicos, y que otros procesos, por ejemplo, los choques, jugaban un papel importante en su formación. Es muy probable que las moléculas situadas en la zona del choque, que se encuentra entre el chorro y la envoltura esférica, se disociaran. Incluso podría haberse extraído material de los granos de polvo. Luego, tras el paso del choque, el material chocado se iría enfriando con el paso del tiempo, permitiendo así que volvieran a formarse nuevas moléculas.

En definitiva, este sondeo en el rango milimétrico ha llevado al equipo a obtener información muy detallada sobre la estructura físicoquímica global de esta envoltura. OH231.8+4.2 podría ser el mejor ejemplo de un entorno alrededor de una estrella evolucionada que ha sufrido choques y, por tanto, un entorno único para el estudio de los procesos químicos inducidos por estos choques.

Ya ven: huevos podridos, violentos impactos, gases malolientes... nuestra nebulosa oxigenada parecía un entorno aburrido. Y va a ser que no.

Trabajo presentado en el artículo "New N-bearing species towards OH231.8+4.2: HNCO, HNCS, HC3N and NO" publicado en Astronomy & Astrophysics. Ha contado con la supervisión de Carmen Sánchez Contreras (CAB-CSIC-INTA) y José Cernicharo (ICMM-CSIC), y con la ayuda de su equipo y colaboradores.

NOTAS

[1] Además de estas especies moleculares, este sondeo en el rango milimétrico ha detectado cientos de transiciones moleculares, descubriendo más de 30 nuevas especies (incluyendo diferentes isotopólogos) y ampliando la secuencia de transiciones rotacionales detectadas para muchas otras especies en esta fuente.

[2] Descubierta por Turner (1971), esta nebulosa bipolar rodea a una fuente de OH/IR: los objetos OH/IR -que se observan en el infrarrojo- son objetos estelares brillantes evolucionados con una envoltura que presentan una eminente emisión tipo máser de OH.

[3] Esta estrella se clasifica como M9-10 III y tiene una variabilidad de tipo Mira coherente con una estrella evolucionada AGB.

[4] Con velocidades de hasta ~400 km/s.

[5] Parece que la aceleración de los lóbulos pudo tener lugar hace unos ~800 años en menos de ~150 años y se cree que el núcleo central de baja velocidad es, probablemente, el vestigio fósil de la envoltura circunestelar de la AGB.



QUÉ SON

Las binarias de rayos X son una clase de sistemas binarios muy luminosos formados por un objeto compacto producto del colapso de una estrella (en nuestro caso un agujero negro) y una estrella de la secuencia principal, llamada estrella compañera. Las binarias de rayos X se clasifican según la masa de la estre-

lla compañera en binarias de rayos X de baja masa y de alta masa. Las de baja masa tienen una compañera de masa mucho menor que la del Sol y las de alta masa tienen una compañera con masa mucho mayor que una masa solar.

La materia procedente de la estrella compañera cae sobre el objeto compacto, atraída por su campo gravitatorio, formando un disco de acrecimiento que gira a su alrededor. En la caída la energía se convierte en calor provocando que el disco alcance temperaturas de millones de grados y emita rayos X. Son objetos muy variables en escalas de tiempo que van desde pocos segundos a años, y dicha variabilidad está relacionada con cambios en la velocidad a la que incorporan el material. Al igual que en las galaxias activas, en algunas binarias de rayos X se genera un chorro de materia (jet) que emerge perpendicular al disco y que puede extenderse a lo largo de varios parsecs. En algunos de estos chorros se observan componentes que viajan a velocidades próximas a la velocidad de la luz.

2 EL EXPERIMENTO RXTE

La misión espacial de rayos X denominada RXTE (*Rossi X-ray Timing Explorer*) fue lanzada en 1995. A lo largo de sus dieciséis años de actividad hizo relevantes descubrimientos y ha dejado un importante legado de datos que tardará muchos años en ser explotado en su totalidad. Este satélite obtuvo variaciones temporales del brillo de objetos como enanas blancas, estrellas de neutrones, agujeros negros y otros sistemas emisores de rayos X en escalas de tiempo tan cortas como los microsegundos y tan largas como meses, a través de un amplio rango de energía de 2 a 250 kiloelectronvoltios (keV).

Uno de sus descubrimientos fue la existencia de estrellas de neutrones altamente magnetizadas (magnetares) y también se observaron los primeros púlsares de radio con período de milisegundos durante la fase de acreción, un escenario inédito en la formación de estos objetos. La misión detectó señales de rayos X a partir del gas caliente en los discos de acrecimiento alrededor de agujeros negros dentro de sistemas binarios, y el análisis de estos datos ayudó a comprender mejor cómo los agujeros negros reorientan parte de este gas en chorros perpendiculares al disco.

El satélite estaba formado por tres instrumentos: la Matriz de Conteo Proporcional, el Experimento de Rayos X de Alta Energía y el Monitor de Cielo Completo. La Matriz de Conteo Proporcional fue desarrollada para cubrir el rango de baja energía (2 - 60 keV) con una gran área de recepción de 6.250 cm². Este área se superponía a la del Experimento de Rayos X de Alta Energía, aumentando la superficie de recolección en otros 1.600 cm². Dicho experimento detectaba los rayos X hasta energías de 250 keV, formando así en conjunto un excelente detector de alta resolución. Por último, el Monitor de Cielo escaneaba todo el cielo cada 1,5 horas a muy bajas energías, monitorizando así el comportamiento de las fuentes de rayos X más brillantes, lo que permitía detectar cualquier nuevo fenómeno transitorio rápidamente.

deconstrucción otros ensayos

por Mayte Costado (IAA-CSIC) y Pablo Reig (IESL-FORTH, Universidad de Creta)

1. LOCALIZAR LAS EXPLOSIONES

El estudio de las binarias de rayos X comienza por determinar cuándo se produjo una erupción, es decir, cuándo hubo actividad en el agujero negro. Para ello se representa la intensidad de la luz recibida frente al tiempo para cuantificar el número de erupciones detectadas. Por ejemplo, en la figura 1 se puede observar que el sistema binario denominado GX339-4 tuvo cuatro erupciones entre 2002 y 2011.

2. DIAGRAMA DUREZA-INTENSIDAD

Una vez encontradas las erupciones, se estudian los cambios de estado que sufre el agujero negro durante cada erupción. Estos estados se clasifican en: *duro, intermedio duro, intermedio suave, suave y ultralumino-so.* Este último estado está caracterizado como "anómalo" porque depende de la fuente y no siempre está presente durante la erupción. Los dos estados principales son el *duro* y el *suave*, los otros son estados intermedios de transición que no siempre se observan y su duración depende de cada objeto.

Se denomina dureza al cociente de la intensidad medida en dos intervalos de energía diferentes y sirve para caracterizar la forma del espectro de energía, equivalente a medir el color de una estrella. En un diagrama intensidad—dureza, los estados mencionados ocupan diferentes zonas del diagrama. En la figura 2 se presentan dos diagramas: uno corresponde al caso teórico y el otro a un caso real.

En el diagrama se puede ver la evolución del sistema a través de los diferentes estados siguiendo la flecha evolutiva. El estado *duro* corresponde a la rama vertical derecha, lo que significa que está asociado con las fases temprana y tardía de la erupción. Probablemente,todas las erupciones comiencen en este estado, aunque no sea observable en algunas ocasiones por su corta duración. La transición al estado *intermedio duro* es muy difícil de precisar, porque las propiedades de este estado son compatibles con ser una extensión del anterior. Los estados *intermedio duro* e *intermedio suave* corresponden con las ramas horizontales superior e inferior del diagrama. Por último, el estado *suave* está situado en la rama vertical izquierda y, de existir el estado ultraluminoso, estaría localizado en esta misma zona pero con mayores valores de intensidad.

Este diagrama nos proporciona una manera rápida de estudiar la evolución global del agujero negro durante la erupción. Pero en la mayoría de los casos hay que realizar un estudio más detallado para poder determinar en cada momento en qué estado se encuentra.

3. ESTADOS DE EVOLUCIÓN DURANTE LA ERUPCIÓN El estado del agujero negro se refleja en su espectro, al igual que sucede con las estrellas. La diferencia es

el estado del agujero negro se refleja en su espectro, al igual que sucede con las estrellas. La diferencia es que el espectro de un agujero negro es más fácil de caracterizar que el de una estrella. En determinadas unidades no es más que una recta que se puede describir por su pendiente, o lo que es lo mismo, por su índice espectral. Obteniendo este índice para cada observación que tenemos del objeto podemos determinar el estado en el que se encuentra.

Si el índice espectral tiene un valor comprendido entre 1,6 y 1,8, quiere decir que el espectro de energía tiene menos inclinación, es más duro, y que está dominado por la emisión a altas energías. En este caso el objeto se encuentra en el estado *duro* (ver figura 3).

Durante los dos estados intermedios el índice toma valores mayores, lo que significa que el espectro tiene mayor inclinación que para el estado anterior. En estos casos empieza a notarse la emisión termal del disco. Esta transición entre el estado *duro* y *suave* podría estar relacionada con el lanzamiento de los jets y/o con algún tipo de inestabilidad del disco, pero todavía no está bien determinado.

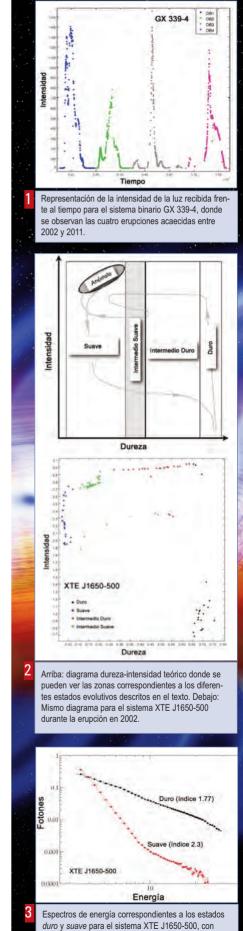
Por último, el estado *suave* está caracterizado por un espectro de energía con mucha mayor inclinación (ver figura 3), con un índice espectral con valores entre 2,3 y 2,5. En este caso, el espectro está dominado totalmente por la componente termal del disco, que emite la mayor parte del flujo a bajas energías. Después el objeto volvería a pasar por los estados intermedios, para llegar de nuevo al estado *duro* que sería observado en la parte final de la erupción.

INTERPRETACIÓN

La interpretación que mejor explicaría el espectro observado sería la siguiente: en el estado *duro* el disco de acrecimiento se encuentra alejado del horizonte de sucesos del agujero negro. Entre este y las partes más interiores del disco habría una región muy caliente, denominada corona, en la que habría un número importante de electrones de alta energía. Fotones de baja energía procedentes del disco entrarían en esta corona y, por medio del efecto Compton inverso, escaparían con una energía mucho más alta originando el espectro duro observado. Un modelo alternativo sugiere que el efecto Compton no se produce en la corona sino en el jet. Al aumentar el ritmo al que el agujero negro incorpora material, las partes internas del disco se irían acercando al agujero negro.

En último término el disco llegaría a la última órbita estable y el sistema entraría en el estado *suave*. En este estado predomina la emisión procedente del disco, mientras que la corona (o el jet) habrían desaparecido. Por eso, la parte dura del espectro (altas energías) ha desaparecido casi completamente mientras que la emisión térmica suave (bajas energías) es la que predomina. Por otro lado, los estados intermedios ocurren durante la fase de incremento de la intensidad y en la fase de caída, con contribuciones intermedias entre la corona/jet o el disco.

Nuestra comprensión de las binarias de rayos X conteniendo un agujero negro ha mejorado enormemente en los últimos años gracias al desarrollo de tecnologías que permiten detectar y medir rayos X y gamma a bordo de satélites y misiones espaciales. Ello nos permite estudiar las propiedades de la materia en condiciones extremas de densidad y gravedad, estudios que no se pueden realizar en laboratorios terrestres.



índices espectrales 1.77 v 2.3, respectivament



DESPEDIDA

Con este collage, la redacción de esta revista quiere ofrecer un pequeño homenaje a Javier Gorosabel en nombre de todos sus compañeros y amigos del Instituto de Astrofísica de Andalucía

EIBAR, BILBAO, MADRID, AMSTERDAM, COPENAGUE, BALTIMORE, GRANADA, BILBAO, EIBAR. ESTA ES LA TRAYECTORIA VITAL Y PROFESIONAL QUE RECORRIÓ JAVIER.

LO HIZO CON TAL INTENSIDAD QUE SU HUELLA HA QUEDADO IMPRESA EN TODOS LOS LUGARES POR LOS QUE PASÓ



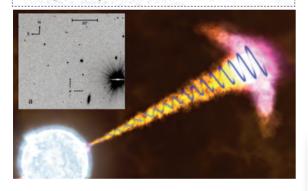
Curriculum Vitæ abreviado

PUBLICACIONES: El Dr. Gorosabel es actualmente co-author de 178 publicaciones arbitradas con un número de citas de 7731. Su número de impacto H es 47. Es co-author de doce artículos en revistas de alto impacto como Nature (9) o Science (3). A estas publicaciones arbitradas hay que sumarles 371 Circulares Astronómicas y 83 publicaciones en volúmenes de congresos con 936 citas. La fuente de estos datos es el ADS (http://adeabs.harvard.edu/abstract.service.htm/y cubren 17 años de actividad investigadora (1995-2012). El número total de entradas en el ADS asciende a 669.

FECHA DE CUMPLIMENTACIÓN: 2012-05-31

Se detecta, por primera vez, la firma del nacimiento de un agujero negro en una explosión estelar

- al Ha sido posible gracias a la observación, con el Very Large Telescope (ESO) de la explosión de rayos gamma GRB121024A
- Aunque se conocia que estos fenómenos eran precursores del nacimiento de los agujeros negros, hasta ahora no se había detectado polarización circular en su luz, la firma inequívoca de su formación



Confirman la explosión de la estrella más lejana y antigua conocida

- La explosión de rayos gamma GRB 090423, detectada en abril de este año por el satélite SWIFT, corresponde a la estrella más lejana y antigua conocida hasta la fecha
- Confirma que las estrellas ya existían cuando el universo tenía sólo 600 millones de años, aproximadamente un 5% de su edad actual

Letter

Nature 461, 1254 1257 (29 October 2009) | dpl:10.1038/nature08459; Received 3 June 2009; Accepted 19 August 2009

A 7-ray burst at a redshift of z ≈ 8.2

Article

Nature 441, 463-468 (25 May 2006) | doi:10.1038/nature04787; Received 22 August 2005; Accepted 5 April 2006; Published online 10 May 2006

Long 7-ray bursts and core-collapse supernovae have different environments

Article

Wature 455, 183-188 (11 September 2008) | doi:10.1038/nature07270; Received 11 May 2008; Accepted 11 July 2008

Broadband observations of the naked-eye γ-ray burst GRB 080319B

La muerte de una estrella remota, observable a simple vista gracias a su orientación

- El intenso brillo de GRB080319B parece deberse a que uno de los chorros de material que emanaban de la estrella apuntaba directamente a nuestro planeta
- Varios cientificos del instituto de Astrofisica de Andalucia (IAA-CSIC) participaron en el hallazgo, cuyos resultados se publican mañana en la revista Nature



Agur, Javier

Después de licenciarse en físicas por la Universidad Complutense de Madrid y por partida doble, en Astrofísica y Física Teórica, empezó su carrera investigadora en el Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental (LAEFF). Su maduración personal como astrofísico transcurrió en perfecto paralelo con el desarrollo del campo conocido como Explosiones de Rayos Gamma (en inglés GRB). En 1997, todavía como estudiante de doctorado, fue partícipe de la identificación del origen extragaláctico de estos fenómenos observando sus primeras contrapartidas ópticas; el campo entraba en una época dorada en rápido desarrollo. En la actualidad, después de casi 20 años y 200 publicaciones, se había convertido en un consumado especialista en GRBs y uno de nuestros más reputados astrofísicos. Como insignificante botón de muestra de su amplia e intensa labor investigadora, decir que en 2003 participó en la demostración de la asociación de los GRBs largos con el colapso del núcleo de estrellas masivas; en 2009 de la detección del objeto más lejano del universo hasta aquel momento, un GRB con un corrimiento al rojo de 8.2; en 2014 de la primera detección de polarización circular, que ha evidenciado anisotropías en las regiones emisoras.

Javier también se interesaba por las cuestiones instrumentales. Participó en la puesta en marcha de la red de telescopios roboticos BOOTES, en la automatización de las operaciones del telescopio de 1,23m de Calar Alto, en la determinación de la polarización instrumental del instrumento FORS2/VLTI y dejó en fase de estudio su "querido" polarímetro para CAHA.

Nadie que lo conoció quedó indiferente, muchos nos enamoramos irremediablemente de su inteligencia, energía, pasión, alegría y sentido del deber. Las historias de GRBs han perdido a uno de sus mejores cronistas.





Identifican el origen de los estallidos de energía más misteriosos del Universo

Un equipo cientifico internacional, en el que participa el IAA (CSIC), ha descubierto que los estallidos cortos de rayos gamma son el resultado de la colisión de dos estrellas de neutrones. El hallazgo ayudaría a confirmar, definitivamente, las predicciones de Einstein sobre las ondas gravitatorias, ligeras perturbaciones del espacio-tiempo que se desplazan a la velocidad de la luz.

Letter

Nature 437, 859-861 (6 October 2005) | doi:10.1038/nature04174; Received 24 July 2005; Accepted 26 August 2005

The optical afterglow of the short 7-ray burst GRB 050709

Científicos del IAA hallan un objeto único en la Vía Láctea

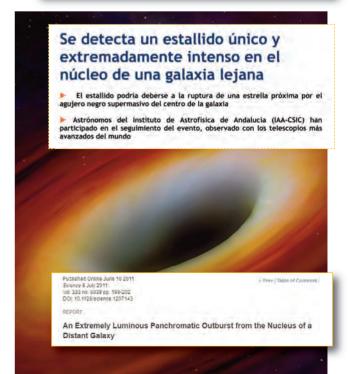
> Se trata muy posiblemente de una estrella de neutrones que, en tres días, experimentó cuarenta erupciones visibles en el óptico y después se desvaneció

Los descubridores creen que podría constituir un "eslabón perdido" en esta

Letter

Nature 455, 506-509 (25 September 2008) | dei:10:1038/nature07328; Received 31 Ianuary 2008; Accepted 31 Ianuary 2008

Flares from a candidate Galactic magnetar suggest a missing link to dim isolated neutron stars





... Christina Thöne (7AA)

GRB 101225A, el Christmas burst

uando te dedicas a las explosiones de estrellas nunca sabes cuándo te tocará. Cada día muere una estrella en algún rincón del universo y no le interesa el día o la hora a la que sus mensajeros –los fotones– llegarán, miles de millones de años después, a esta roca llamada Tierra. Y como nunca sabes el día ni la hora, necesitas unos planes de observación muy flexibles y ampliamente distribuidos a lo largo

de esta roca. Y, si el evento resulta ser extraordinario, todo el mundo quiere abordarlo y no todo el mundo es colaborador tuyo. El campo de las explosiones estelares puede resultar muy estresante a veces.

Las estrellas mueren de maneras diferentes. Nuestro sol es demasiado pequeño para terminar de forma muy espectacular. Estrellas con más de ocho masas solares mueren en explosiones muy intensas, las "supernovas", y dejan como resto una estrella de neutrones o un agujero negro. Algunas incluso pueden producir una

explosión de rayos gamma (gamma-ray burst, o GRB): mientras la estrella explota produce dos chorros de material ultrarelativista y emite rayos gamma, que al interaccionar con el material alrededor de la estrella genera el afterglow, un destello en todo el rango de ondas electromagnéticas (desde rayos X a radio) que es pura radiación sincrotrón, producida por campos magnéticos fuertes.

2010, 25 de diciembre, mi cumpleaños. Llevaba trabajando en Granada solo tres meses y estaba en Alemania por vacaciones. Cuando abrí mi correo volviendo de la cena descubrí que el universo me había regalado un GRB con el dato de mi cumpleaños (los GRBs se designan según la fecha de descubrimiento). En ese momento no sabía que este GRB iba a ser uno de los "gordos", los interesantes, y hasta hoy es el único que tiene un nombre propio, el *Christmas Burst*.

La misma noche obtuvimos datos con el telescopio de 1,23m del Observatorio de Calar Alto (CAHA) y del Liverpool Telescope, liderado por nuestro querido compañero Javier Gorosabel. Seguimos el afterglow un par de días hasta que llegó mi novio y compañero Antonio de Ugarte y nos fuimos a esquiar a los Alpes. Sin inter-

Nació en 1979 en Baviera. Completó sus estudios en Munich y Trondheim y realizó su tesis en el Dark Cosmology Centre en Copenhague. Después de una estancia postdoctoral en Italia comenzó a trabajar en el IAA, donde actualmente tiene un contrato Ramón y Cajal.

net, pero el GRB no se me salía de la cabeza.

De vuelta decidimos obtener más datos de este GRB, que presentaba varias peculiaridades. Su afterglow no era emisión sincrotrón, y a Antonio se le ocurrió la gran idea de que la emisión se parecía a la de un

10⁻³

black body + supernova

--- black body

supernova

0.1

1.0

100

time since burst (days)

"cuerpo negro". Pero ¿qué era? ¿un GRB o no? Exploramos todas, realmente todas las posibilidades. No llegamos a explicar este GRX, como lo llamé, pero aprendí mucho de campos muy diversos.

Trabajé día v noche liderando una colaboración que se extendía desde Corea del Sur hasta California. Antonio analizaba los datos en secreto porque sus colegas en Copenhague habían decidido ser competidores. De igual modo, mi último jefe en Italia y buen colaborador tenía "una idea" y decidió sacar una tercera publicación. Fue un poco un juego de gato y ratón: cada grupo intentó sacar información sobre el modelo de los otros sin revelar demasiado del suyo. Competición, pero entre amigos. Teníamos prisa por obtener más datos porque el objeto iba a desaparecer pronto en la luz del día. En febrero descubrimos otro componente de emisión que podía ser una supernova acompañando al GRB (como ocurre normalmente) con un redshift de 0.33 (ver imagen).

Un nuevo tipo de muerte estelar

Por fin, un colega de Los Alamos sacó un modelo que había desarrollado una década antes: una estrella de neutrones y una estrella gigante forman una pareja tan próxima que sus núcleos terminan por fusionarse. Cuando la estrella de neutrones entra en la atmósfera de la gigante se expulsa parte de esa atmósfera dando lugar a un donut de material alrededor. En la fusión final se produce un GRB, pero el material expulsado previamente frena el chorro y se forma una

pluma de material de alta temperatura que produce el cuerpo negro que observamos.

Ahora ya teníamos claro que íbamos a intentar publicarlo en *Nature*. A finales de marzo, mientras Antonio y yo trabajábamos en Chile, la revista daba luz verde. Con el artículo casi terminado por fin nos fuimos de vacaciones y el 10 de abril enviábamos el artículo desde una casa rural en la ladera del volcán Villarrica.

En junio, con el artículo en proceso de evaluación, el objeto pudo observarse de nuevo, y "algo" (que podía

ser la galaxia anfitriona) seguía allí. El artículo de los italianos también salió adelante, pero con un modelo totalmente diferente: un asteroide absorbido por una estrella de neutrones en las afueras de la Vía Láctea. Se publicaron los dos artículos el 1 de diciembre. Me escribieron para entrevistas de todo el mundo y durante semanas no hicimos nada más que producir material de prensa, incluso tenía mi propia artists impression de una diseñadora que trabajaba para la NASA. Casi un año de trabajo había llegado a su glorioso final. No hace falta trabajar en un lugar famoso para tener una publicación potente, solo se necesita vista para lo interesante, estar preparado, tener colaboradores buenos y, sí, con un toque personal tiene más gracia.

No fue el fin del *Christmas burst*: en 2012 detectamos líneas de emisión en el "objeto persistente", que lo estableció a un redshift de 0.8, lo que invalidaba el modelo de los italianos. Nuestro *redshift* también era incorrecto, pero el objeto no estaba dentro de la Vía Láctea. Los teóricos publicaron más estudios y modelos y media tesis fue escrita desarrollando la emisión de cuerpo negro. Hasta hoy no hemos observado otro objeto similar, pero puede ser que son dificiles de detectar.



Maria Mitchell

La primera astrónoma de la edad contemporánea

POR JOSEFA MASEGOSA (IAA)

Escribir una historia sobre esta gran mujer es difícil y arriesgado. Son tantos los aspectos interesantes sobre su personalidad y trayectoria vital que resulta complicado escribir algo que refleje su verdadera esencia. Pido disculpas por anticipado si muchos aspectos no aparecen reflejados adecuadamente. Aquí nos vamos a limitar a su trayectoria como astrónoma.

Maria Mitchell nació el 1 de agosto de 1818 en Nantucket, Massachusetts, en una familia cuáquera. La educación de Maria desde edad muy temprana estuvo dirigida por su padre William Mitchell, profesor y astrónomo, que tenía una profunda convicción sobre la igualdad en la educación de hombres y mujeres. Se educó en la Escuela para Señoritas Cyrus Pierce hasta que, a los diecisiete años, la abandonó para crear su propia escuela con el objetivo de enseñar a las chicas las artes de las ciencias y las matemáticas. Desde los dieciocho y durante veinte años trabajó como bibliotecaria del Ateneo de Nantucket, lo que le permitió desarrollar su pasión por el estudio y la astronomía. Pasaba los días leyendo y las noches observando el firmamento con su padre.

A la edad de veintinueve años, el 1 de octubre de 1847, descubrió un cometa, lo que la hizo conocida en la sociedad astronómica de la época y ganadora de la medalla de oro del reino de Dinamarca. El cometa se bautizó como "Cometa de Miss Mitchell". Hubo una pequeña disputa por la medalla ya que ella no comunicó el descubrimiento inmediatamente y el 3 de octubre el astrónomo del Observatorio del Vaticano, Francesco de Vito, sí lo hizo. Finalmente se reconoció el merito de su descubrimiento a Maria Mitchell y en 1948 se convirtió en la primera mujer en formar parte de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias y de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia en 1950. Las sufragistas americanas la tuvieron como modelo ya que fue la primera mujer que recibió un salario por sus capacidades intelectuales en el campo académico

En 1865 fue contratada como profesora de astronomía en el Vassar College, y fue la única mujer de entre los nueve profesores contratados. Allí pudo continuar con sus estudios en astronomía usando el tercer telescopio más potente de EEUU, de 12 pulgadas (30 cm), y especializándose en el estudio de la superficie de los planetas Júpiter y Saturno.

Su trayectoria en el Vassar College no fue fácil y tuvo que romper barreras, como la regla que impedía a las mujeres trabajar fuera de casa durante la noche o la de ser peor pagada que sus colegas profesores. Con el acuerdo de que sus estudiantes dormirían en el edificio principal, consiguió su objetivo de entrenarlas en el arte de la astronomía con el telescopio situado en el tejado del observatorio. Sus estudios se publicaron en el *Silliman´s Journal*. Ella construyó una cámara para hacer fotografías del sol y conservó las placas fotográficas en el obser-



Maria Mitchell, a la izquierda en ambas imágenes.

vatorio. Estas placas y sus notas sobre ellas fueron encontradas en 1997 durante una reparación del edificio.

Un extenso legado

En 1869 Maria Mitchell viajó con cinco de sus estudiantes a Burlington (Iowa) para observar un eclipse total de sol. Los resultados de este estudio fueron publicados en el *American Ephemerits and Nautical Almanac*. Como consecuencia del respeto profesional alcanzado en la comunidad astronómica, en 1879 fueron invitadas a participar oficialmente como observadoras en el eclipse cerca del territorio indio en Denver, Colorado. Fueron las únicas mujeres, con la excepción de las esposas de dos

colegas, que tuvieron el privilegio de observar y estudiar el fenómeno.

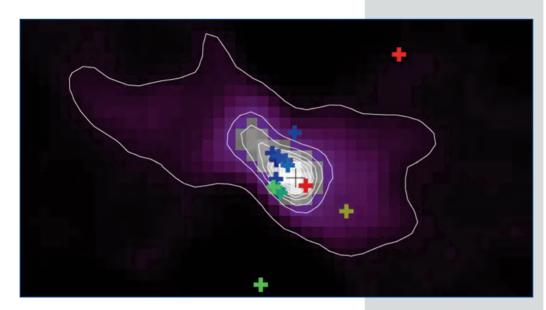
En sus cartas cuenta que, a medida que fue avanzando en su carrera profesional, se hizo cada vez más feminista y participó en los movimientos sufragistas americanos formando parte de la Asociación Americana de Mujeres y llegando a ser su segunda presidenta en 1875. Así pues compatibilizó sus actividades de maestra de astrónomas con la de defensa del papel de las mujeres en la sociedad. Probablemente su legado más destacable fueron sus estudiantes, sucesoras, y el modelo de enseñanza e investigación que se utilizó como modelo a seguir en otros observatorios. En 1907 tres de sus estudiantes, Antonia Maury, Mary Whitney y la Dra. Christine Ladd Franklin, la primera doctora de la Universidad John Hopkins, aparecieron en la lista de James M. Cattell de "Hombres Americanos de

Murió a la edad de setenta años, ya retirada en casa de su hermana en Lynn, Massachussetts, donde se dedicó también a enseñar astronomía. Después de su muerte, sus amigos y seguidores fundaron en 1902, en su ciudad natal Nantuckett, la Asociación Maria Mitchell para conservar la casa, el Observatorio y los libros e instrumentos que ella utilizó y convertirlos en un museo en su memoria. En 1945 se amplió el objetivo para incluir "investigación y divulgación de información en astronomía, historia natural y otras ramas de la ciencia y mantener la biblioteca abierta al público". En 1963 se dio un paso más "para impartir educación, seminarios, clases... operar y mantener un herbario, un acuario y un museo de ciencia natural... para ayudar y asistir a estudiantes y profesores". La asociación incluye como una de sus actividades prioritarias la divulgación de la ciencia y la promoción de estudiantes, especialmente mujeres. Desde 1997 la asociación oferta una beca anual Women in Science para reconocer a aquellas personas que promuevan el avance de las mujeres en ciencias naturales, física, ingeniería, informática y tecnología.

Quiero acabar con una reflexión suya que resume su espíritu libre:

"Hasta que la mujeres no se deshagan de la reverencia a la autoridad no se podrán desarrollar. Cuando hagan esto, cuando encuentren la verdad a través de sus propias investigaciones y las dudas les lleven al descubrimiento, entonces la verdad será suya y sus mentes volarán sin límites"

Las estrellas como el Sol también explotan cuando mueren



IRAS 15103-5754, una estrella observada justo en el momento en que acaba de convertirse en nebulosa planetaria, aporta nuevas claves sobre la muerte de estrellas similares al Sol

Para El nacimiento de las nebulosas planetarias, objetos resultantes de la muerte de estrellas de masa baja e intermedia, suele concebirse como un proceso tranquilo, en contraposición con las intensas explosiones de supernova que producen las estrellas muy masivas. Sin embargo, un estu-

dio encabezado por investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) con participación del Centro de Astrobiología (CAB, CSIC/INTA) pone de manifiesto que los fenómenos explosivos también intervienen en la formación de las nebulosas planetarias.

"Dentro de miles de millones de años, el Sol agotará su combustible nuclear, se expandirá hasta transformarse en una gigante roja y expulsará gran parte de su masa. El resultado final será una enana blanca rodeada de una brillante nebulosa planetaria. A pesar de que todas las estrellas de menos de diez masas solares sufren este cambio, aún no conocemos muchos detalles de esta breve pero importante etapa final en la vida de

Imagen que combina datos en radio e infrarrojo de IRAS 15103-5754 y que muestra la velocidad a la que se desplaza el material en el chorro.

las estrellas", apunta José Francisco Gómez, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que encabeza la investigación.

Y el estudio del objeto IRAS 15103-5754, que forma parte de un grupo de dieciséis objetos conocidos como "fuentes de agua", ha aportado importantes claves sobre el proceso. Estas fuentes de agua son estrellas evolucionadas, en una etapa de transición entre las gigantes rojas y las nebulosas planetarias, que muestran unos chorros de material detectables por un tipo de radiación muy intensa producida por las moléculas de vapor de agua (emisión máser de agua).

IRAS 15103-5754 resulta peculiar dentro de este reducido grupo, va que se ha observado que la velocidad del material dentro del chorro aumenta con la distancia a la estrella central. "Las moléculas de agua se destruyen al poco de formarse la nebulosa planetaria, y en los pocos casos en que se ha detectado emisión máser de agua en estos objetos la velocidad era muy baja -apunta Luis F. Miranda (IAA-CSIC, Univ. Vigo)-. En IRAS 15103-5754 vemos por primera vez emisión máser de agua a velocidades de cientos de kilómetros por segundo. Estamos ante una estrella capturada justo en el momento en que acaba de convertirse en nebulosa planetaria".

Y esa velocidad solo puede explicarse con la existencia de un evento explosivo. "Nuestros resultados indican que, en contra de la teorías más aceptadas, cuando una estrella se convierte en nebulosa planetaria se produce una enorme explosión, breve pero muy energética, que determinará la evolución de la estrella en sus últimas fases de vida", señala José Francisco Gómez (IAA-CSIC).

Este estudio pone de manifiesto la importancia de estas fuentes de agua para comprender cómo se rompe la simetría de las estrellas en sus etapas finales, y entender así la espectacular variedad de formas que presentan las nebulosas planetarias.

Se halla el origen de la red magnética que cubre la superficie del Sol

Observaciones de alta resolución con el satélite HINODE desvelan la existencia de pequeños elementos magnéticos dentro de los supergránulos solares

observaciones de alta resolución con el El campo magnético rige el comportamiento del Sol y es el responsarencia de Arabinia d

portamiento del Sol y es el responsable de su ciclo de once años y de fenómenos tan llamativos como las manchas o las tormentas solares. Pero también muestra otra faceta, una red magnética que cubre toda la superficie del Sol en calma y cuyo flujo magnético total supera al de las zonas activas. Una investigación encabezada por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) ha revelado de dónde procede el flujo que alimenta esa red.

El trazado de la red magnética solar se corresponde con los bordes de los llamados supergránulos, estructuras debidas a la existencia de gas caliente subiendo a la superficie (algo similar al burbujeo del agua al hervir) y que presentan un diámetro medio de unos veinte mil kilómetros.

"Hemos descubierto que, dentro de los supergránulos, en lo que se conoce como intrarred, aparecen pequeños elementos magnéticos que viajan hacia los bordes e interaccionan con la red", señala Milan Gosic, investigador del IAA que lidera el estudio.

Si el seguimiento de estos elementos hasta ahora muy poco conocidos ya constituía un avance en la observación solar, el cálculo de su contribución a la red magnética solar ha supuesto una sorpresa: estos pequeños elementos son capaces de generar y transferir, en apenas catorce horas, todo el flujo magnético detectado en la red. "Si tenemos en cuenta que solo en torno a un 40% de ese flujo termina incorporándose a la red, comprobamos que la intrarred puede reemplazar el flujo de la red en veinticuatro horas", apunta Luis Bellot (IAA-CSIC), participante en el estudio.

Cambio de paradigma

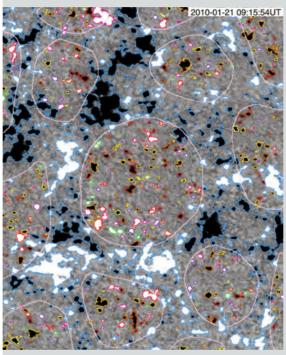
El modelo hasta ahora dominante postulaba que los campos magnéticos de la red procedían, por un lado, del decaimiento de las zonas activas, como las manchas, y, por otro, de unas estructuras conocidas como regiones efímeras, que aportan mucho flujo pero son poco frecuentes. En este sentido, el estudio de Gosic y colaboradores ha supuesto un cambio de paradigma, ya que ha demostrado que las regiones efímeras son demasiado escasas para que su aporte resulte significativo. "En una

serie de cuarenta horas solo hemos detectado dos regiones efímeras, de modo que su contribución a la red no puede alcanzar más del 10% del flujo total. En cambio, los pequeños elementos de la intrarred aparecen de forma continua y son claramente dominantes", asegura Gosic (IAA-CSIC).

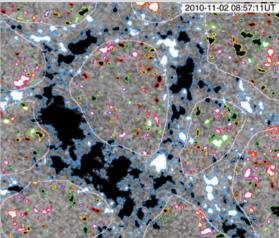
El hallazgo ha sido posible gracias a la resolución del satélite japonés HINODE en series temporales extraordinariamente largas -unas cuarenta horas- para este tipo de instrumentos, lo que ha permitido monitorizar la evolución de las celdas supergranulares durante toda su vida. "Se cree que los elementos magnéticos de la intrarred y sus interacciones con la red podrían ser responsables del calentamiento de las capas superiores de la atmósfera del Sol, uno de

los problemas mas candentes en física solar para el que aún carecemos de explicación", señala Luis Bellot (IAA-CSIC). El estudio de estos elementos con los datos de Hinode permitirá una mejor explotación científica de los datos de la misión *Solar Orbiter* de la ESA, para la cual el IAA-CSIC está construyendo el instrumento SO-PHI.

Silbia López de Lacalle (IAA)



Imágenes que muestran cómo se transmite el flujo magnético. Los contornos en rojo señalan elementos de la intranet que contribuyen a la red magnética global, en tanto que los contornos verdes muestran cancelaciones de flujo. Los contornos azules representan concentraciones de campo magnético. El borde de las celdas supergranulares está delimitado en rosa.



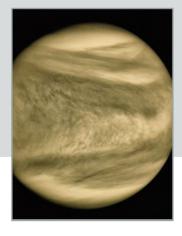
La gigantesca "Y" del cielo de Venus se debe a una onda distorsionada por el viento

Observada en el ultravioleta, la atmósfera de Venus aparece dominada por una "Y" de nubes oscuras cuya forma y evolución resultaban inexplicables

El planeta Venus, que aparece cubierto por una densa capa de nubes sin rasgos destacables, muestra sin embargo unas llamativas estructuras oscuras cuando se observa en el ultravioleta. La mayor de ellas, que abarca casi todo el disco del planeta y presenta forma de

"Y", ha supuesto una incógnita desde su hallazgo hace más de medio siglo. Ahora, un trabajo encabezado por astrónomos del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), con participación de la Universidad del País Vasco y del Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (Portugal), ha descrito el mecanismo que la sustenta e incluso ha logrado reproducir, por primera vez, su evolución a lo largo de un mes.

Cuando se descubrió, los astrónomos pensaron que la Y era solo una agrupación de nubes arrastrada por el viento. Sin embargo, los datos de la misión *Mariner 10* (NASA) desvelaron en 1973 que la estructura no solo



se propagaba como un todo, sino que lo hacía a una velocidad distinta a la del medio a su alrededor. "Se llegó a la conclusión de que solo podía tratarse de una onda, o una perturbación periódica en la variables atmosféricas, pero no sabíamos de qué tipo", señala Javier Peralta, investigador del IAA-CSIC que lidera este estudio, elegido como portada en *Geophysical Research Letters* y destacado en la revista *Science*.

Estas estructuras oscuras revelaron la presencia masiva de un compuesto aún desconocido que absorbe la radiación ultravioleta y oscurece esas regiones. Y también permitieron conocer el carácter "superrotante" de la atmósfera de Venus: mientras que el planeta tarda 243 días en girar sobre sí mismo, la atmósfera da una

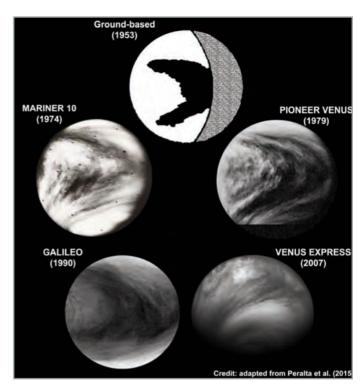


vuelta en torno al planeta cada cuatro días. "Una onda del tamaño de la Y debe jugar un papel clave en la explicación de por qué la atmósfera gira sesenta veces más deprisa que la superficie, de modo que entender esta estructura era crucial", apunta Peralta (IAA-CSIC).

El estudio de Peralta y colaboradores ha invalidado la hipótesis aceptada durante décadas, que asumía
que esta onda era similar a las
ondas ecuatoriales atmosféricas
que existen en la Tierra. Los investigadores han deducido una nueva
onda atmosférica compatible con la
rotación extremadamente lenta de
Venus y que explica con asombrosa simplicidad numerosas
incógnitas de la Y. Su color oscuro,
por ejemplo, se debe a que la onda
empuja hacia arriba y concentra el

misterioso absorbente ultravioleta. Esta onda no solo está confinada a la región ecuatorial, sino que también está "atrapada" en el nivel de altura donde los vientos alcanzan su intensidad máxima, lo que explica que la Y solo se vea en la cima de las nubes de Venus

Pero el resultado más contundente de este trabajo ha sido comprobar que la forma de Y se debe a la distorsión que los vientos producen en esta onda. "El fuerte viento que sopla hacia el oeste en Venus es más o menos constante desde el ecuador hasta latitudes medias. Pero como a latitudes altas el radio de la circunferencia es menor, los vientos completan una vuelta más deprisa que en el ecuador, por lo que la onda se va distorsionando - explica Javier Peralta (IAA-CSIC)-. Fue apasionante com-



probar cómo esta nueva onda de escala planetaria adopta la forma de

una Y a medida que los vientos venusinos la distorsionan". **SLL (IAA)**.

IZw18: la galaxia que nos revela el pasado del universo

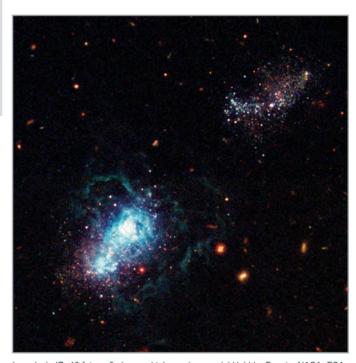
Se ha publicado un mapa del helio ionizado en esta galaxia, que apunta a la presencia de estrellas peculiares similares a las primeras que brillaron en el universo

► Hace unos trece mil trescientos millones de años se formaron las primeras galaxias, compuestas casi en su totalidad por hidrógeno y helio, los elementos primordiales que surgieron tras el Big Bang. Su estudio, a día de hoy, resulta técnicamente muy complejo debido a su gran distancia, pero la observación de galaxias similares en el universo local se está revelando como un excelente atajo para conocerlas.

"La galaxia enana IZw18 es la galaxia más pobre en metales (en astrofísica, los elementos más pesados que el hidrógeno y el helio) del universo cercano, y una de las que más se asemeja a las primeras galaxias. De modo que su estudio nos permite atisbar las condiciones que se daban en el universo primordial", destaca Carolina Kehrig, investigadora del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que encabeza una investigación que analiza las propiedades de IZw18.

Este estudio ha descubierto en esta pequeña galaxia cercana una región muy extensa de helio ionizado, algo más frecuente en galaxias muy distantes y con poca abundancia de metales. La ionización del helio requiere la presencia de objetos que emitan una radiación lo suficientemente intensa como para arrancar los electrones de los átomos de helio. "En este trabajo damos una nueva interpretación para el origen de esta radiación en la galaxia IZw18, un tema que sigue siendo una incógnita", apunta Kehrig (IAA-CSIC).

Utilizando el espectrógrafo de campo integral PMAS del telescopio de 3,5 metros del observatorio de Calar Alto (CAHA), los investigadores han obtenido el primer mapa en detalle de esta región de IZw18 y han analizado las posibles fuentes ionizantes. Las fuentes de ionización convencio-



La galaxia IZw18 fotografiada por el telescopio espacial Hubble. Fuente: NASA, ESA, Y. Izotov y T. Thuan.

nales, como estrellas Wolf-Rayet – estrellas muy masivas con vientos estelares muy intensos- o los choques generados por remanentes de supernova, no pueden proporcionar toda la energía necesaria para gene-

rar el halo de helio ionizado de IZw18, de modo que los investigadores barajaron otras opciones.

"Nuestros datos apuntan a que estrellas extremadamente calientes, como estrellas supermasivas de baja



metalicidad o bien estrellas masivas prácticamente sin metales, pueden esconder la clave para resolver el problema de la excitación del helio en IZw18, aunque la existencia de estas estrellas aún no ha sido confirmada observacionalmente en ninguna

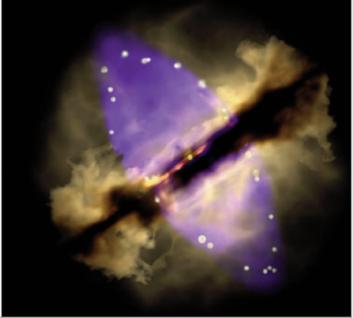
galaxia", apunta Carolina Kehrig (IAA-CSIC).

Se trataría de estrellas muy calientes análogas a las estrellas de primera generación (conocidas como estrellas de Población III) y que, según los modelos teóricos, estarían compuestas solo por hidrógeno y helio y podrían tener cientos de veces la masa del Sol. Se cree que estas estrellas jugaron un papel decisivo en la "reionización" del universo, época durante la que las primeras estrellas y galaxias se hicieron visibles, y que

aún sigue siendo poco conocida. Este estudio muestra cómo es posible desentrañar información del pasado del universo en nuestro propio vecindario galáctico.

Silbia López de Lacalle (IAA)





Se observa la gestación de un jet estelar en tiempo real

La observación, a lo largo de dieciocho años, de una estrella masiva en formación, muestra el inicio de la expulsión de materia a través de un *jet* bipolar, que regula su crecimiento

Las estrellas se forman en el interior de grandes nubes de gas y polvo, a partir de fragmentos algo más densos que comienzan a colapsar bajo su propia gravedad. En torno al embrión estelar se forma un disco, del que la estrella incorpora nuevo material, mientras se desarrolla un chorro bipolar que expulsa materia y energía.

El fenómeno de la expulsión colimada de materia -los jets- se produce en objetos astronómicos muy diversos, como estrellas jóvenes, agujeros negros en núcleos de galaxias o estrellas en las últimas etapas de su vida. Sin embargo, aún se desconoce cómo se inician y qué factores determinan su grado de colimación. Un grupo internacional de astrónomos ha observado el momento en el que la estrella W75N(B)-VLA2 comienza a desarrollar estos jets, que son fundamentales en el proceso de formación estelar.

La investigación, publicada en la revista *Science*, cuenta con la participación de investigadores del *Institut de Ciències de l'Espai* (ICE-CSIC/IEEC)-*Institut de Ciències del Cosmos* (ICC-UB) y del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y está encabezada por Carlos Carrasco-González (UNAM, México).

La evolución de una protoestrella "en vivo"

El estudio muestra cómo W75N(B)-VLA2, una estrella masiva en formación, ha cambiado drásticamente el modo en que expulsa materia, pasando de hacerlo de forma prácticamente esférica a adoptar una forma alargada, con la eyección concentrada a lo largo de una sola dirección. Aunque el proceso de formación estelar dura centenares de miles de años, en este caso los investigadores han sido testigos de cómo, en apenas dieciocho años, entre 1996 y 2014, se producía la evolución hacia la formación de un iet.

"Las teorías actuales predicen que las estrellas jóvenes deben expulsar materia en forma de chorros colimados. Sin embargo, en estudios anteriores habíamos visto que algunas estrellas masivas muy jóvenes pasan por episodios breves en los que expulsan materia en todas direcciones. Sospechábamos que en algún momento debería producirse la transición hacia la fase de alta colimación. Esta transición es justamente lo que estamos presenciando en W75N(B)-VLA2", comenta

Gestación de un jet en una protoestrella de gran masa. Simulación hidrodinámica tridimensional y visualización, generada con el código *Shape*, de una eyección episódica breve en la protoestrella masiva W75N(B)-VLA 2. La eyección inicial en múltiples direcciones (panel izquierdo) se transforma en una eyección colimada (panel derecho) a medida que se expande en un medio con una distribución toroidal de gas y polvo. Fuente: Wolfgang Steffen, Instituto de Astronomía, UNAM.

Guillem Anglada, investigador del IAA-CSIC que participa en el estudio

Los datos obtenidos son consistentes también con la existencia de un disco en torno a la protoestrella, lo que completa el escenario de formación estelar descrito en los modelos. "Nuestro trabajo abre una oportunidad única para estudiar en esta región cómo evolucionarán en los próximos años los ingredientes básicos de la formación estelar. Tenemos la suerte de estar en el momento adecuado para poder seguir y describir en tiempo real estos cambios tan rápidos" concluye José María Torrelles, investigador del CSIC-IEEC / ICC-UB-IEEC que participa en la investigación.

El IAA colidera NOMAD, el instrumento que resolverá el problema del metano en Marte

El metano de la atmósfera terrestre se debe a procesos biológicos y, desde el hallazgo en 2004 de pequeñas cantidades de metano en Marte, el estudio de este gas se ha convertido en un objetivo científico prioritario

► En enero de 2016 la Agencia Espacial Europea lanzará ExoMars, una misión destinada al estudio de la atmósfera y el subsuelo del planeta rojo y, específicamente, a la búsqueda de gases con posible importancia biológica. El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) ha diseñado parte del instrumento NOMAD, una pieza clave del orbital de ExoMars específicamente diseñada para estudiar el metano, un gas que en la Tierra producen sobre todo los seres vivos y cuyo hallazgo en Marte supuso una sorpresa en 2004. El instrumento ya se ha enviado a la ESA para su integración en la misión. "Los datos de 2004 sobre el metano en Marte no eran concluyentes, porque mostraban una variabilidad imposible", afirma José Juan López Moreno, investigador del IAA que lidera la participación española en NOMAD. "El metano tarda siglos en degradarse, de modo que su abundancia debería ser constante en el tiempo. En cambio, vimos cómo las grandes cantidades de metano que había hallado la misión Mars Express desaparecían a los pocos meses, y no entendemos los procesos que puedan que puedan llevar a la destrucción del metano en tan poco tiempo".

Por su parte, la misión Curiosity, tras más de un año de búsqueda infructuosa, confirmaba en 2014 la existencia de trazas de metano en Marte. "Hasta este descubrimiento se trataba de medidas locales realizadas por instrumentos no diseñados específicamente para estudiar metano, y el problema estaba algo abandonado porque no había explicaciones plausibles. La detección de metano y de su variabilidad nos vuelve a plantear el desafío de buscar explicaciones satisfactorias, que por el momento no tenemos", apunta Miguel Ángel López Valverde, investigador del IAA que participa en NOMAD. "De ahí la importancia de NOMAD, que tendrá la llave para solucionar por fin las incógnitas sobre el metano en Marte".

NOMAD es un espectrógrafo de alta resolución con una altísima capacidad para medir compuestos minoritarios -hasta cien veces mayor que los dispositivos empleados hasta ahoraque empleará la técnica de la ocultación solar: observando cómo el sol se oculta tras el limbo del planeta (es decir, observando continuamente puestas de sol y amaneceres desde su órbita), podrá deducir los componentes que forman la atmósfera.

"NOMAD no solo generará el primer



mapa global y preciso de metano en la atmósfera de Marte, sino que también lo rastreará, observándolo contra la superficie del planeta rojo para hallar la fuente de producción o desaparición del gas", señala López Moreno (IAA-CSIC). Entre las fuentes de metano que barajan los científicos se hallan procesos geológicos, y NOMAD será capaz de distinguir también la composición isotópica del metano para comprobar si tiene un

origen geológico o biológico.

El instrumento NOMAD se ha llevado a cabo por un equipo internacional de científicos e ingenieros y cuenta con una importante contribución del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), que se ha encargado de la realización y diseño de la electrónica del instrumento, el ordenador central, la fuente de alimentación y el software.

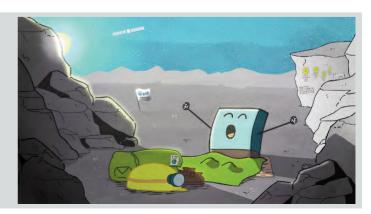
Silbia López de Lacalle (IAA)

EN BREVE:

El módulo *Philae*, de la misión *Rosetta*, sale de la hibernación

La sonda *Philae*, el módulo de aterrizaje de la nave *Rosetta* (ESA), se ha despertado tras siete meses en hibernación sobre la superficie del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. Las señales fueron recibidas el 13 de junio. "*Philae* lo está haciendo muy bien: tiene una temperatura de funcionamiento de 35 grados y 24 watios disponibles", explica el Jefe de Misión de *Philae* de DLR, Stephan Ulamec. "Está listo para operar".

Tras analizar los datos se ha visto, además, que *Philae* debe llevar cierto tiempo despierto: "También hemos recibido datos históricos. Pero hasta ahora el módulo de aterrizaje no había sido capaz de contactarnos antes".



Un proyecto concebido en el IAA, candidato para su desarrollo en el observatorio Gemini

El observatorio Gemini. compuesto por dos telescopios gemelos de 8,1 metros situados en Hawái v Chile, acaba de publicar la lista de los cuatro provectos seleccionados para la siquiente fase de instrumentación

Los telescopios gemelos del observatorio Gemini, con sus 8,1 metros de diámetro y su ubicación en ambos hemisferios (Chile y Hawái), disponen de un acceso privilegiado de todo el cielo. Cuatro instrumentos se postulan para explorar el universo con ellos, entre los que se encuentra OCTOCAM, un proyecto para el estudio de objetos transitorios encabezado por investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y con la colaboración del Southwest Research Institute (SwRI) de Texas.

"Este es el primer paso de un largo camino que esperemos lleve a la construcción del instrumento", apunta Antonio de Ugarte, investigador del IAA-CSIC que lidera el proyecto. "Proponemos utilizar nuevas tecnologías ópticas y detectores de última



generación para multiplicar por ocho la potencia de un gran telescopio, permitiéndonos descubrir los objetos más

OCTOCAM permitirá obtener observaciones en ocho bandas diferentes, del ultravioleta al infrarrojo cercano, y sus detectores alcanzarán velocidades de lectura de decenas de milisegundos. Estas características, unidas a su excepcional sensibilidad, lo convierten en un instrumento sin igual hasta la fecha.

lejanos del universo".

"La resolución temporal de OCTOCAM permitirá estudiar, a cámara lenta, la explosión de una estrella al final de su vida y la formación de un agujero negro", explica Christina Thöne (IAA-CSIC), gestora de la parte española del proyecto. De hecho, el objetivo principal del instrumento reside en el estudio de lo que se conoce como objetos transitorios, que requiere una gran resolución temporal.

OCTOCAM además trabajará en otros campos de la astrofísica: podrá identificar y caracterizar planetas en torno a otras estrellas mediante el método de los tránsitos, estudiar el interior de las estrellas analizando las oscilaciones de su superficie, trazar la historia del Sistema Solar estudiando objetos más allá de Neptuno, o estudiar las explosiones de las estrellas masivas.

El instrumento, que afrontará ahora al estudio de viabilidad, es el único de los cuatro seleccionados por Gemini dirigido desde fuera de los miembros asociados (EEUU, Canadá, Chile, Australia, Brasil y Argentina). Ha sido coordinado desde el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) por Antonio de Ugarte, Christina Thöne y Javier Gorosabel.

"Queremos que este trabajo sea un homenaje a nuestro compañero Javier Gorosabel, recientemente fallecido, que fue uno de los creadores del concepto de OCTOCAM", concluye Antonio de Ugarte.

BREVE: EN

El mayor radiotelescopio del mundo da el paso definitivo hacia su construcción

En su reunión el pasado mes de marzo en la sede de la Organización del SKA en Manchester, la Junta Directiva del proyecto acordó por unanimidad avanzar hacia la fase de preconstrucción del que será el mayor radiotelescopio del mundo. El diseño de la primera fase del SKA (SKA1), con un presupuesto de 650 millones de euros, queda por lo tanto definido: consistirá en dos instrumentos complementarios de alcance mundial -uno en Australia y otro en Sudáfrica-, que permitirán desarrollos científicos revolucionarios.

Actualmente en fase de diseño, este ambicioso proyecto internacional, que cuenta hasta la fecha con once países miembros, ha vivido durante los últimos veinte meses un proceso para refinar el diseño del SKA1, que ha involucrado a grupos de ingenieros y científicos de todo el mundo.

En la primera fase del proyecto, Sudáfrica albergará alrededor de doscientas antenas o platos parabólicos -similares, pero mucho mayores, a las antenas de satélite domésticas-, y Australia más de cien mil antenas dipolo, que se asemejan a las antenas de televisión.

"Gracias a estos dos instrumentos complementarios podremos abordar una amplia gama de la ciencia de frontera, como la observación de los púlsares y los agujeros negros para detectar las ondas gravitacionales predichas por Einstein, o la búsqueda de señales de vida en la galaxia", apunta Robert Braun, director científico de la Organización del SKA. "También vamos a observar uno de los últimos períodos inexplorados en la historia del universo, la época de la reionización, rebobinando hasta los primeros mil millones de años del universo, al momento en que se formaron las primeras estrellas y galaxias".



SALAlimpia!



la respuesta:

¿Podéis esperar?

n el último número os dejamos con la miel en los labios, como Fermat con su último teorema. Allí contábamos algunas aplicaciones de la impresión 3D que, si bien eran bastante sorprendentes, no parecían tan importantes como para calificar esta tecnología de revolucionaria. Pero es que hay mucho más. Hablábamos, por ejemplo, de impresión 3D de comida, pero nos habíamos dejado la mejor parte. Y es que la idea va mucho más allá de utilizar carne picada para fabricar hamburguesas con forma de lechuga: el objetivo de empresas como Modern Meadows es, ni más ni menos, fabricar comida artificial. Entre otras cosas, esta iniciativa rebajaría drásticamente el gasto económico y ambiental que implica actualmente la producción de carne para el consumo humano, que incluso con las técnicas ganaderas más modernas supone un verdadero desastre medioambiental: para conseguir un kilo de carne se calcula que son necesarios entre cinco mil y veinte mil litros de agua (sí, habéis leído bien) y más de veinte metros cuadrados de tierra. Al ritmo de crecimiento actual de la población mundial, simplemente no caben tantas

vacas en el mundo. En el campo de la construcción, con una impresora gigante como la que comentábamos en el número anterior se han llegado a construir diez casas en un solo día. Según los expertos, a medio plazo esta técnica podría terminar definitivamente con los problemas de vivienda a nivel mundial, no solo por la velocidad de terminación de las construcciones, sino sobre todo por el abaratamiento en los costes que implicaría. Pero probablemente la característica más innovadora de la impresión 3D sea la capacidad de personalización que ofrece. Desde la irrupción en nuestras sociedad del proceso de fabricación industrial nos hemos visto obligados a elegir entre un catálogo más o menos amplio de productos. El propio inventor del método de fabricación en serie, Henry Ford, expresó de forma magistral esa limitación con su famosa frase, que pronunció cuando le preguntaron que en cuántos colores distintos iba a fabricarse el mítico Ford T: "usted puede elegir cualquier color para su coche, con tal de que sea negro". La impresión en 3D representa el polo opuesto de esa filosofía, ya que los usuarios podrán modificar libremente cualquier diseño antes de realizarlo físicamente. Y si hay un campo que se beneficie especialmente de esa posibilidad de personalización, ese es el de la medicina. Ya se han realizado con éxito trasplantes de vejiga y de tráquea fabricadas mediante impresión 3D, aunque aún falta algún tiempo para consequirlo con órganos más complejos como el riñón o el corazón. La principal ventaja de esta técnica es que el material empleado no es ningún tipo de plástico o polímero artificial, sino un cultivo de células del propio paciente, lo cual disminuye sensiblemente el riesgo de rechazo, que suele ser el principal problema en este tipo de operaciones. Tal vez la iniciativa que ilustre de una forma más gráfica el potencial cambio que podría llegar con la impresión 3D sea Open Source Ecology, una comunidad que ofrece un catálogo de diseños gratuitos que permitiría a cualquier usuario construirse libremente hasta 50 máguinas industriales, incluyendo hornos, generadores, turbinas eólicas y vehículos a motor, para crear una civilización con todas las comodidades modernas. Pero, más allá de estos cuatro frikis, el cambio afectaría de una manera profunda y definitiva a toda la sociedad. Según Andrei Vazhnov, autor del libro "Impresión 3D: cómo va a cambiar el mundo", la consecuencia de la implantación de esta

tecnología será que el mundo pasará de ser físico a digital, puesto que el comercio dejará de ser de bienes manufacturados y pasará a ser de diseños digitales. Desde el punto de vista de la ecología, el fenómeno será muy beneficioso, ya que reducirá los desechos y terminará con el fenómeno de la obsolescencia programada. Además, se reducirá enormemente el transporte de mercancías, con la consecuente disminución de emisiones contaminantes. Las grandes empresas no necesitarán buscar mano de obra barata. lo cual no solo afectará a sus economías sino también a las de los países en vías de desarrollo. Desaparecerán trabajos tradicionales y aparecerán otros nuevos, más especializados y orientados sobre todo al diseño y a la gestión de contenidos digitales. Según Vazhnov, en último término todo esto se plasmará en una sociedad en la que una parte muy significativa de la población no trabajará. Curiosamente el autor, que debe ser de los que ven siempre el vaso de vodka medio lleno, no describe la situación como un aumento del paro hasta niveles nunca antes alcanzados (*), sino como "una época en la que cada vez más gente va a poder elegir no participar en la economía monetaria". Que no lean esto nuestros políticos, no quiero darles ideas.

la pregunta:

a que estamos hablando de tecnologías novedosas que vienen pisando fuerte, no podíamos dejar de lado la otra gran revolución que, según los expertos, nos espera a la vuelta de la esquina: la nanotecnología. La ciencia y aplicación práctica de lo muy pequeño, sí, pero... ¿Cuánto? ¿Qué dimensiones máximas debe tener un dispositivo o

mecanismo para que pueda considerarse "nanotecnología"?

RESPUESTAS

A. 1 mn

B. 1 nm C. 100 nm

D. NANOTECNOLOGÍA ES CUAL-QUIER MÁQUINA QUE LLEVE TORNILLOS COMO LOS DE MIS GAFAS, QUE SON CHIQUITÍSI-MOS



Gimli, hijo de Gloin, hijo de Groin, usa su hacha como palo de selfies. Uno de los primeros usos documentados de enanotecnología.

POR SILBIA LÓPEZ DE LACALLE (IAA-CSIC)

MERCURIO

Pilares científicos

Mercurio, el planeta más cercano al Sol, constituye un mundo peculiar por diversas razones: aun siendo el planeta más pequeño, incluso menor que algunos satélites como Titán o Ganímedes, su densidad es altísima; sufre la mayor variación de temperatura entre el día (427°C) y la noche (-183°C) de todo el Sistema Solar; carece de satélites y de atmósfera (posee, no obstante, una tenue exosfera compuesta, entre otros, por hidrógeno, helio y oxígeno) y presenta un misterioso campo magnético. Debido a su proximidad al Sol, Mercurio ha constituido, históricamente, un objetivo difícil de observar desde Tierra. La sonda espacial Mariner 10, durante los tres sobrevuelos que realizó entre 1974 y 1975, obtuvo imágenes del 45% de la superficie con una resolución cinco mil veces superior a la obtenida hasta entonces y aportó casi toda la información de la que disponíamos sobre el planeta hasta los recientes sobrevuelos de la misión Messenger (NASA). Dicha información confirmó la relación entre los periodos de rotación (58,65 días) y de traslación (88 días) de Mercurio: debido a un fenómeno que se conoce como acoplamiento, rota tres veces mientras da dos vueltas alrededor del Sol. Así, cuando el planeta se halla en su perihelio, o posición de su órbita más cercana al Sol, un habitante de Mercurio vería cómo el Sol, tres veces más grande que como lo vemos desde la Tierra, va deteniéndose en el cielo hasta pararse por completo, moviéndose después en sentido contrario durante ocho días. Otro dato curioso es que, debido a la falta de atmósfera, cuya densidad y composición determinan que el cielo en la Tierra se vea azul y en Marte rosáceo, el cielo de Mercurio aparece oscuro incluso durante el día.

Aunque la superficie de Mercurio, plagada de cráteres y llanuras, presente un gran parecido con la de la Luna, la observación detallada de las imágenes de Mariner 10, que abarcaban solo un hemisferio del planeta, ponían de manifiesto diferencias importantes. Mientras en nuestro satélite se distinguen con nitidez regiones escarpadas, brillantes y cuajadas de cráteres ("tierras") y otras hundidas y oscuras ("mares"), Mercurio no muestra una dicotomía tan clara: sí presenta tierras altas y tierras bajas, pero de muy similar apariencia; además, en las tierras altas los cráteres comparten el espacio con los llanos, formando una estructura más compleja que la de la Luna. Asimismo, la escasez de grandes cráteres (de diámetros entre 20 y 50 km) en la superficie de Mercurio establece otra notable diferencia: sugiere que algún fenómeno de naturaleza incierta (bien volcánica o bien relacionada con impactos de meteoritos) produjo cambios en el terreno y borró gran parte de los cráteres. En las regiones altas y craterizadas de Mercurio se han observado también estructuras curiosas, denominados declives lobulados, que marcan una nueva diferencia; se trata de acantilados recortados y poco profundos de cientos de kilómetros de longitud que probablemente se produjeron a causa de una contracción global de la corteza provocada, a su vez, por un lento enfriamiento y una posterior

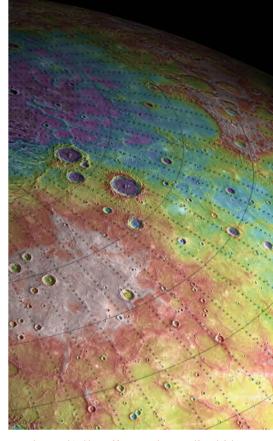


Imagen obtenida por Messenger de una región volcánica en Mercurio (el blanco indica regiones altas y el violeta bajas, en un rango de 2,3 kilómetros). NASA/JHUAPL/CIW-DTM/GSFC/MIT/Brown University. James Dickson y Jim Head.

contracción del núcleo de hierro.

La misión *Messenger* (NASA), además de completar el mapa del planeta, halló vapor de agua en la exosfera de Mercurio, confirmó que el vulcanismo fue un proceso global en el planeta hace unos 4000 millones de años y halló las primeras evidencias de la existencia de hielo de agua en los cráteres permanentemente oscuros del planeta.

Incertidumbres

Uno de los enigmas que aún guarda el planeta reside en la existencia de un campo magnético que, aunque mucho más débil, presenta la misma interacción con el viento solar que el terrestre. En la Tierra, el campo magnético se debe al movimiento del material líquido de las regiones externas del núcleo, pero el caso de Mercurio desconcierta porque, dado su tamaño, su núcleo debió haberse solidificado hace mucho tiempo (de hecho, los acantilados mencionados podrían ser consecuencia de ello). Otra explicación

para el campo magnético contempla que la corteza del planeta esté magnetizada, algo parecido a lo que ocurre en Marte aunque a escala global. Las observaciones de la misión BepiColombo (ESA), que se lanzará en 2017 y en la que participa el Instituto de Astrofísica de Andalucía, permitirán hallar una explicación al problema.

BepiColombo también contribuirá a resolver otra de las grandes cuestiones pendientes: la densidad del planeta. Solo la Tierra presenta una densidad ligeramente superior a la de Mercurio, pero al corregir la compresión producida por el tamaño de ambos planetas Mercurio se alza con el

récord en densidad. Esto implica que su núcleo ser debe rico en hierro y muy voluminoso (según los datos de Messenger ocuparía el 85% del radio del planeta, muy por encima del 17% del núcleo terrestre), algo difícil de explicar y para lo que se barajan distintas teorías: quizá la región de la nebulosa donde se gestó Mercurio era especialmente rica en hierro, o el calor del Sol en sus primeras etapas vaporizó parte de la corteza del planeta, o puede que un gran impacto expulsara buena parte del manto rocoso, dejando un núcleo metálico de grandes dimensiones. Pronto sabremos cuál es la correcta.

DESTACADOS

VISITAS AL OBSERVATORIO DE SIERRA NEVADA



Por décimo año consecutivo, el Instituto de Astrofísica de Andalucía organiza visitas guiadas al Observatorio de Sierra Nevada y al Instituto de Radioastronomía Milimétrica, en

www.iaa.es/visitas·OSN·IRAM

colaboración con el el Albergue Universitario de Sierra Nevada, la empresa Ciencialia, la Sociedad Astronómica Granadina y la Asociación Astronómica Astronómica Astronómica Astronómica Astronómica Astronómica Horación (11 y 18) y agosto (8 y 15), y el número de plazas está limitado a 40 personas por visita. Al igual que otras ediciones, habrá dos modalidades: de un día o de fin de semana.

Las reservas se pueden realizar enviando un correo electrónico a la dirección <u>albergue@nevadensis.com</u> o en el número 958480122.

AÑO INTERNACIONAL DE LA LUZ

www.luz2015.es

El objetivo de este portal, constituido por el Comité Español para la celebración del Año Internacional de la Luz y gestionado por la Sociedad Española de Óptica, consiste en difundir todas las actividades y materiales que se desarrollen a lo largo de 2015.

DECONSTRUYENDO LA LUZ





"DECONSTRUYENDO LA LUZ" es un proyecto audiovisual con el que el IAA-CSIC celebrará el Año Internacional de la Luz 2015, y que cuenta con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Fundación DESCUBRE.

EL RADIOSCOPIO

El Radioscopio es un programa de divulgación científica realizado y producido desde Canal Sur Radio en colaboración con el Instituto

http://radioscopio.iaa.es

de Astrofísica de Andalucía. Presentado y dirigido por Susana Escudero (RTVA) y Emilio J. García (IAA), este programa aborda la divulgación de la ciencia con humor y desde una perspectiva original y rigurosa.

CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden obtener más información en la página Web del instituto o contactando con Emilio J. García (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: garcia@iaa.es).

