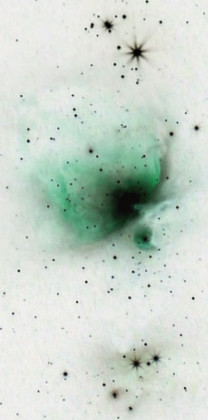
Información y Actualidad Astronómica

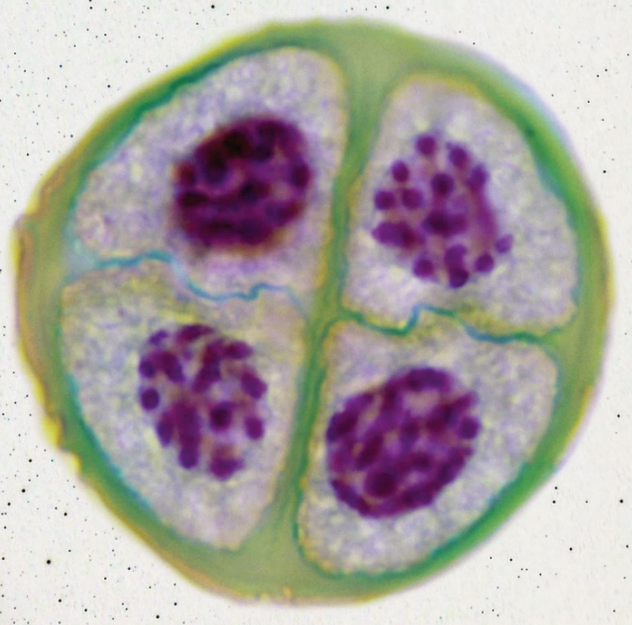
revista.iaa.es
JULIO DE 2017, NÚMERO 52



La vida no terrestre

El Telescopio Solar Europeo

Las primeras galaxias



Instituto de Astrofísica de Andalucía
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

http://www.iaa.es

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. Edición, diseño y maquetación: 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
Glorieta de la Astronomía sn , 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es

Depósito legal: GR-605/2000
ISSN: 1576-5598

La página web de esta revista ha sido financiada por la Sociedad Española de Astronomía (SEA). http://revista.iaa.es

SUMARIO

REPORTAJES
Vida extraterrestre: ¿dónde?¿cómo?¿cuándo? ...3
GREST. Primer paso hacia el Telescopio Solar Europeo ...9
DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS. En busca de las primeras galaxias ...12
EL "MOBY DICK" DE... Bernd Funke (IAA) ...14
CIENCIA EN HISTORIAS...Jocelyn Bell ... 15
ACTUALIDAD ...16
SALA LIMPIA ...22
CIENCIA: PILARES E INCERTIDUMBRES. ¿Puede una estrella desencadenar la formación de otra? ...23

Luz verde para PLATO, la misión de la Agencia Espacial Europea que buscará exotierras habitables

La misión detectará nuevos exoplanetas con el método de los tránsitos, pequeños eclipses producidos cuando un planeta que gira en torno a una estrella atraviesa nuestro campo de visión. PLATO se centrará especialmente en la búsqueda de planetas del tamaño de la Tierra o mayores (lo que se conoce como "supertierras") que giran en torno a estrellas parecidas al Sol en la zona de habitabilidad, o región donde las condiciones podrían permitir la existencia de agua líquida en superficie. "Esto generará un censo de los planetas que están en condiciones de haber generado vida en su superficie, lo que se conoce como franja de habitabilidad de un determinado objeto estelar", apunta Rafael Garrido, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que participa en la misión.

La misión, en lugar de emplear una única lente o espejo, se compone de un conjunto de veintiséis telescopios que le aportarán una precisión suficiente para hallar planetas más pequeños que la Tierra situados a una distancia a su estrella similar a la existente entre nuestro planeta y el Sol. PLATO estará equipado con el sistema de cámaras más grande enviado nunca al espacio, con un total de ochenta millones de píxeles.

Vida extraterrestre: ¿qué? ¿dónde? ¿cómo? ¿cuándo?

"EXISTEN DOS POSIBILIDADES: QUE ESTEMOS SOLOS EN EL UNIVERSO O QUE NO LO ESTEMOS. AMBAS SON IGUALMENTE ESTREMECEDORAS"
ARTHUR C. CLARKE

Por Juan Antonio Aguilera Mochón (Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular I, UGR)

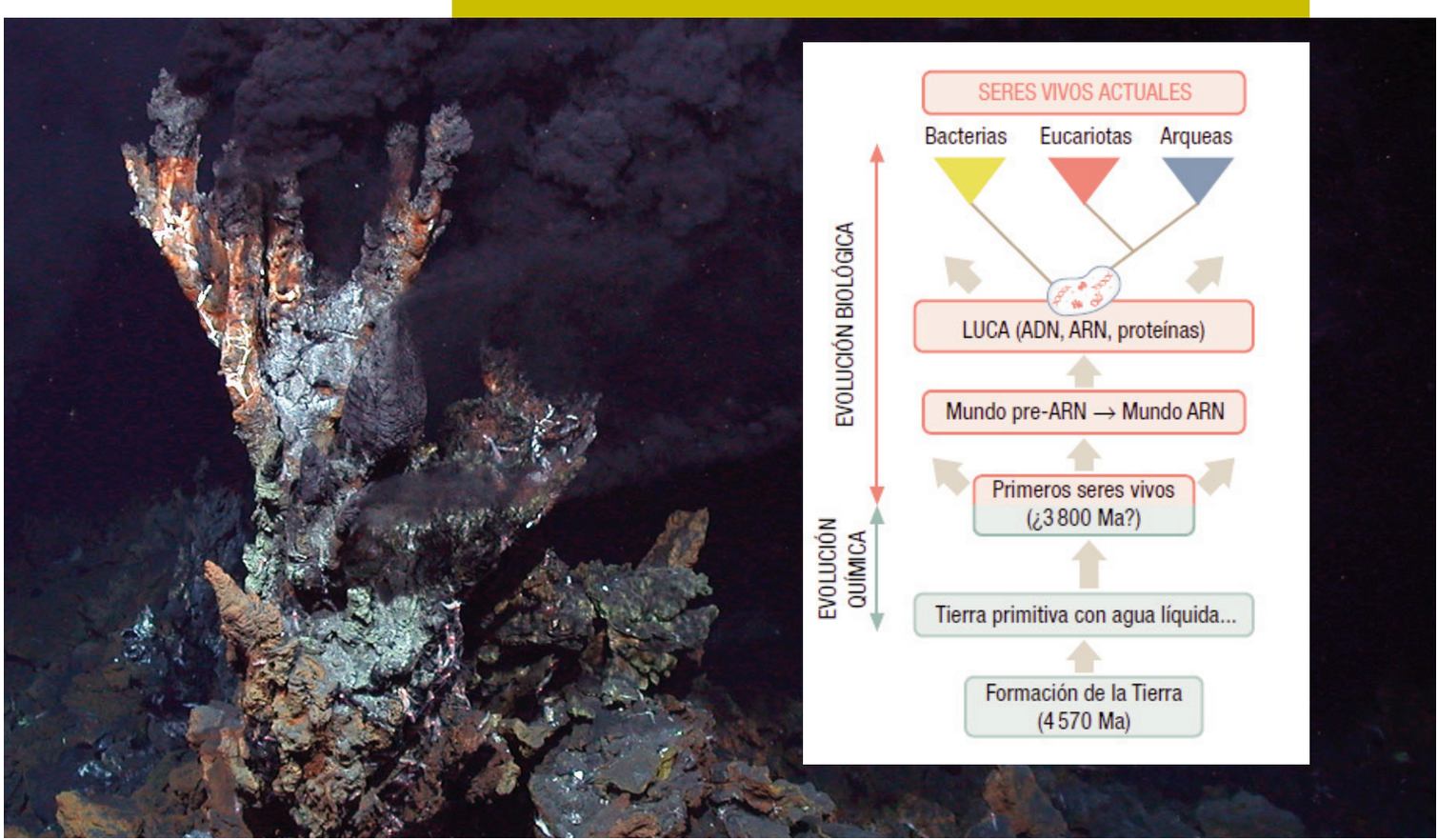
EN LA ACTUALIDAD VIVIMOS UNA SITUACIÓN MUY EXCITANTE, pues el momento en el que verificaremos la segunda posibilidad de Clarke parece para muchos casi inminente, mientras que para otros lo que se avecina es una sucesión de decepciones y falsas alarmas. Lo seguro es que la mera expectativa ya nos plantea cuestiones de alcance, algunas sobre nosotros mismos. ¿Qué es la vida? ¿estamos solos en el universo? ¿somos más responsables con ella por estar solos o por no estarlo? ¿cómo serán los otros y dónde se hallarán? ¿cómo podríamos detectarlos o conocerlos? Y, si son inteligentes, ¿sabríamos (y deberíamos) comunicarnos con ellos?,...

La primera cuestión (qué es la vida) es, en este ámbito, fundamental. Digo "en este ámbito" porque habitualmente tiene poco interés práctico: la vida se estudia en todas las universidades sin que se eche en falta una definición rigurosa. Eso es porque en la Tierra, al menos hasta el advenimiento de las investigaciones sobre vida artificial, no tenemos problemas para distinguir lo vivo de lo no vivo, y además podemos caracterizar toda la vida natural conocida: siempre está basada en las células, que funcionan gracias a la información genética contenida en los ácidos nucleicos (ADN, ARN), y a un metabolismo promovido y controlado mediante la actividad de las enzimas proteicas, que hace posible la interacción con el medio y con otras células, la obtención de energía, el automantenimiento, la reproducción y, en último término, la evolución.

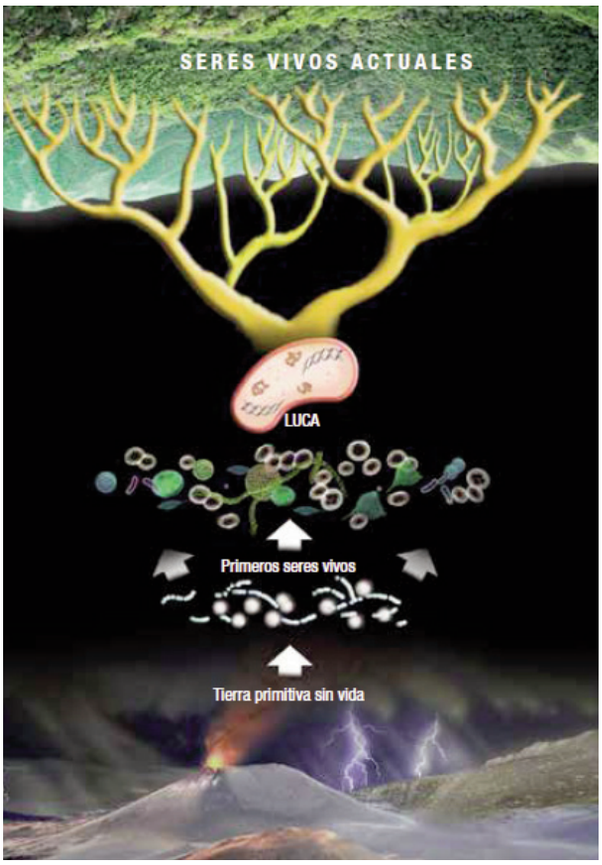
Pero si nos planteamos la vida extraterrestre debemos ampliar horizontes y buscar alguna definición o caracterización general. No se ha conseguido ninguna plenamente satisfactoria, que nos dé garantías de que no deja fuera a ningún tipo de vida o acepte como tal algo que no lo sea. De momento, la definición más seguida es la de la NASA, según la que un ser vivo es "un sistema químico autosostenido capaz de experimentar evolución darwiniana". Tiene inconvenientes, como el no considerar vivos a los individuos estériles (que no pueden experimentar evolución, aunque sí son "producto" de ella), pero se abre a otras formas de vida gracias a que no se restringe a nuestra bioquímica.

En realidad, cuando hoy se afronta la detección de vida en planetas lejanos, lo que se plantea es el uso de "biomarcadores" sencillos que nos informen de que hay vida, aunque estemos lejos de caracterizarla y enten-

Todos los seres vivos actuales conocidos se agrupan en tres "dominios" (bacterias, eucariotas y arqueas) y proceden de un antepasado común complejo, el LUCA. Este (tal vez una población heterogénea) se generaría mediante la evolución de los primeros seres vivos, más sencillos, en las aguas superficiales o profundas de la Tierra primitiva.
De fondo, una chimenea hidrotermal, uno de los ambientes posibles en los que comenzó la vida.



derla. El hallazgo de una proteína, o de ADN, fuera de la Tierra, sería definitivo, de modo que los componentes complejos de los seres vivos terrestres aparecen como excelentes biomarcadores, pero son demasiado específicos, y solo identificables mediante análisis in situ. El biomarcador que hoy se considera más global y práctico es algún estado químico muy alejado del equilibrio termodinámico y que no sepamos explicar mediante ningún fenómeno inorgánico. Por ejemplo, una composición atmosférica de gases (analizable a grandes distancias) que parezca insostenible si no es mediante la actividad biológica, como la presencia simultánea de metano y oxígeno a ciertos niveles. Esta estrategia amplía nuestra visión, aunque probablemente se quede corta porque puedan existir muchos tipos de vida que no generen esos indicadores.



¿Vidas exóticas?

A menudo asociamos la vida a la "complejidad" (otro término temible cuando se intenta definirlo), concretamente a la complejidad química. Esta se basa, en nuestra vida, en la reactividad del carbono, pero ¿podrían existir otras posibilidades capaces de generar una variedad y potencialidad equiparables? No se trata solo de disponer de moléculas complejas, sino de que puedan almacenar información de cara a sustentar una evolución mediante selección natural, y a mostrar actividades suficientemente específicas, sofisticadas y variadas.

Se puede pensar en otras químicas del carbono ("orgánicas"), y de hecho ya se investiga en alternativas a los ácidos nucleicos naturales, que pudieron precederlos en la historia de nuestra vida, y que ocasionalmente podrían abrir otras posibilidades. Pero, al menos de momento, no sabemos imaginar otras bioquímicas basadas en la química orgánica.

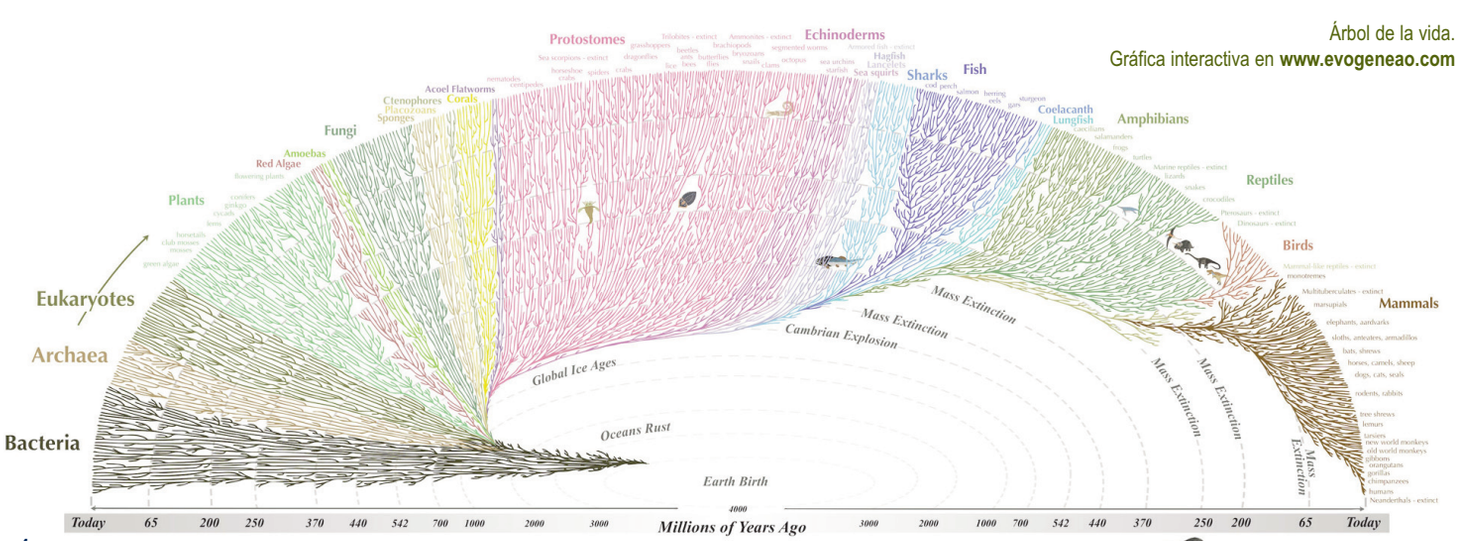
Cuando hoy se afronta la detección de vida en planetas lejanos, lo que se plantea es el uso de "biomarcadores" sencillos que nos informen de que hay vida, aunque estemos lejos de caracterizarla y entenderla

Por otro lado, el que algunos resultados de los experimentos de que hablaremos luego (en particular, algunos aminoácidos) sean coincidentes bajo muchos y diversos supuestos, y con los hallados en material extraterrestre, hace pensar que hay compuestos sencillos de interés biológico que probablemente se hallen en abundancia en todo el cosmos, y sugiere un uso biológico ubicuo.

La coincidencia en moléculas progresivamente complejas es más y más dudosa. En cualquier caso, aunque hubiera una diversidad en las bases químicas, puede que se diera una convergencia evolutiva notable en las formas de vida cósmicas, a semejanza de las convergencias evolutivas entre los organismos terrestres (como vemos en la reinvención de las alas, los ojos, etc). La vida celular sencilla (sin núcleo) de tipo bacteriano o arqueano parece muy probable, más que lo que llamamos vida "compleja" (o "más" compleja), que es de tipo eucariótico (con núcleo), y en nuestro planeta se demoró más de mil millones de años respecto a la simple, de manera que puede ser más difícil de alcanzar, y menos abundante. Algo parecido podría decirse de la vida pluricelular. Sin embargo, dado un tiempo suficiente, no nos deberíamos extrañar si —debido a la convergencia— los organismos alienígenas son no solo de base celular, sino de aspecto "familiar" respecto a los terrestres. Lo que no está tan claro es que la inteligencia tecnológica (con sus posibles variantes) sea un rasgo convergente y estable, de modo que puede ser relativamente rara.

Al margen del carbono, solo el silicio parece capaz de generar un buen andamiaje de enlaces covalentes que lleve a la formación de biomoléculas eficaces. Su similar estructura electrónica hace que ambos elementos tengan propiedades similares. Lo

Árbol de la vida.
Gráfica interactiva en **www.evogeneao.com**



All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct

mismo que el carbono, el silicio puede unirse a otros cuatro átomos, incluidos otros de silicio. Sin embargo, el silicio no se percibe como elemento base de una bioquímica alternativa a la del carbono debido, sobre todo, a la debilidad de los enlaces con el silicio y el hidrógeno (Si–Si y Si–H), frente a la fuerza de los enlaces con oxígeno (Si–O), y a su incapacidad para formar enlaces dobles; también tiene consecuencias graves el que no pueda dar lugar a una molécula equivalente al volátil dióxido de carbono (CO_2). Sin embargo, el silicio sí que puede auspiciar procesos biológicos… basados en el carbono.

El disolvente de la vida

No se concibe una bioquímica en medio gaseoso ni sólido, aunque estas fases tengan papeles cruciales en la dinámica vital. Y, como medio líquido, el agua se nos presenta con el incontestable currículum de que ya ha demostrado su excelencia para la vida. Creemos entender que es así por sus sorprendentes propiedades físicas y químicas, basadas en su estructura atómica —aún no bien conocida, por cierto—. La polaridad (cierta separación de cargas eléctricas) de las moléculas de agua hace que estas se asocien mediante "enlaces de hidrógeno", y esto permite que el agua tenga puntos de fusión y ebullición relativamente altos, de modo que se mantiene líquida en un amplio rango de temperaturas moderadas. Las moléculas dipolares de agua le permiten disolver muchas sustancias de interés biológico, pero también es crucial lo que no disuelven, pues eso promueve procesos tan esenciales para la vida como la formación de las membranas y el plegamiento de las proteínas. Además, el agua no es un mero disolvente inerte, pues su reactividad es fundamental en muchas reacciones bioquímicas.

¿Hay otros medios líquidos que puedan sostener vida? Se han propuesto el amoniaco, ciertos hidrocarburos, el ácido sulfúrico, la sílice, y otros. Aunque para una bioquímica basada en el carbono se ve difícil competir con el agua —tan abundante, por otra parte, en el universo—, alguna de esas alternativas podría ser de interés cuando las condiciones de presión y temperatura no permiten la existencia de agua líquida. Por otra parte, para que fuera posible una vida basada en el silicio sería fundamental un medio no acuoso, tal vez rico en hidrocarburos o en nitrógeno.

Nos quedamos, por tanto, con el carbono como candidato a principal elemento sustentador de cualquier tipo de vida, mediante una química en medio acuoso, aunque mantengamos, como alternativa muy poco probable, la química del silicio en medios no acuosos.

Agua y compuestos orgánicos: si miramos por el universo, se encuentran por doquier. El mayor problema puede ser que el agua abunda, sí, pero más que en forma líquida, como vapor o hielo (este, sobre todo, en sus dos formas de hielo amorfo). Esto ha conducido a que se persiga el agua líquida como el compuesto más limitante para el desarrollo de la vida. La NASA tiene como divisa en su búsqueda de vida extraterrestre la de "sigue el agua". Sin embargo, debe quedar claro que el agua, aunque sea necesaria para la vida, no es suficiente, por lo que no sirve como biomarcador. ¿Qué más se necesita? ¿hay lugares y condiciones que hagan probable la aparición de la vida? Para responder a estas preguntas deberíamos saber cómo se origina la vida.

El origen de la vida

Solo tenemos noticia de un origen de la vida, el de la terrestre. Pero, por desgracia, aunque los avances en este campo son extraordinarios, seguimos con muchas incertidumbres, y seguramente nunca sabremos con seguridad cómo surgieron los primeros organismos. Lo que buscamos es nada más —y nada menos— que una hipótesis explicativa potente, coherente con la vida actual y con las condiciones de la Tierra primitiva. Los datos fósiles sitúan la aparición de la vida hace al menos unos 3.800 millones de años, en una Tierra relativamente tranquila tras su origen hace 4.570 millones de años, que había soportado una época de intenso bombardeo de asteroides y cometas. Estos cuerpos, sin embargo, seguirían aportando mucha agua y compuestos de interés prebiótico.

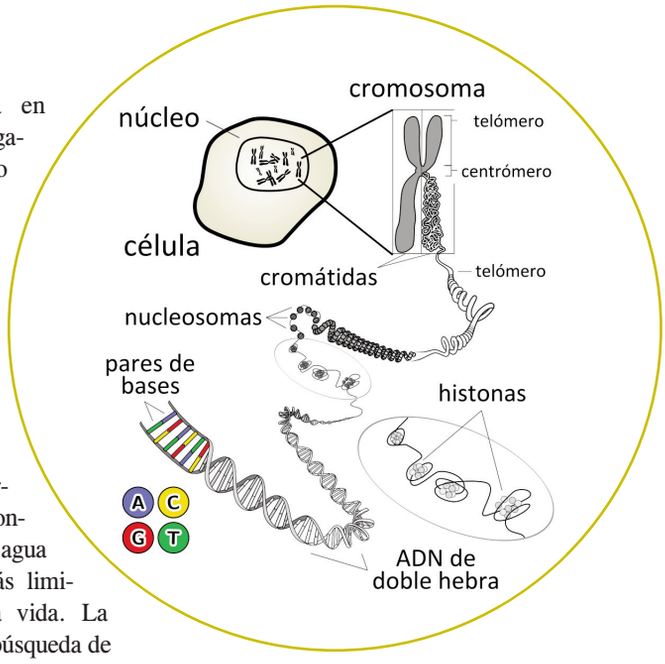
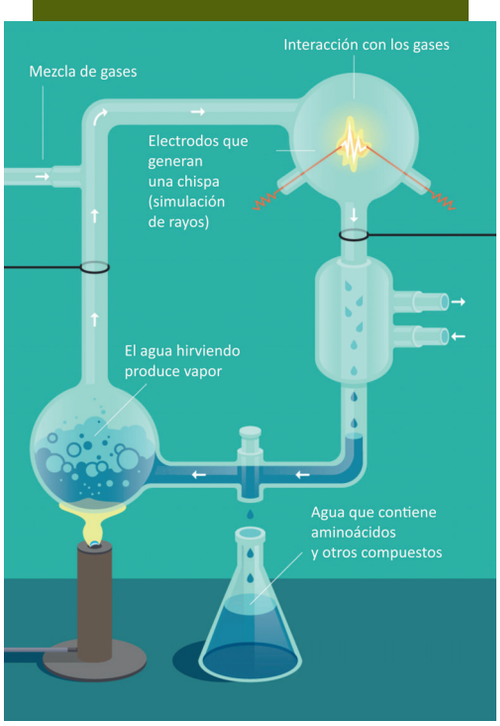
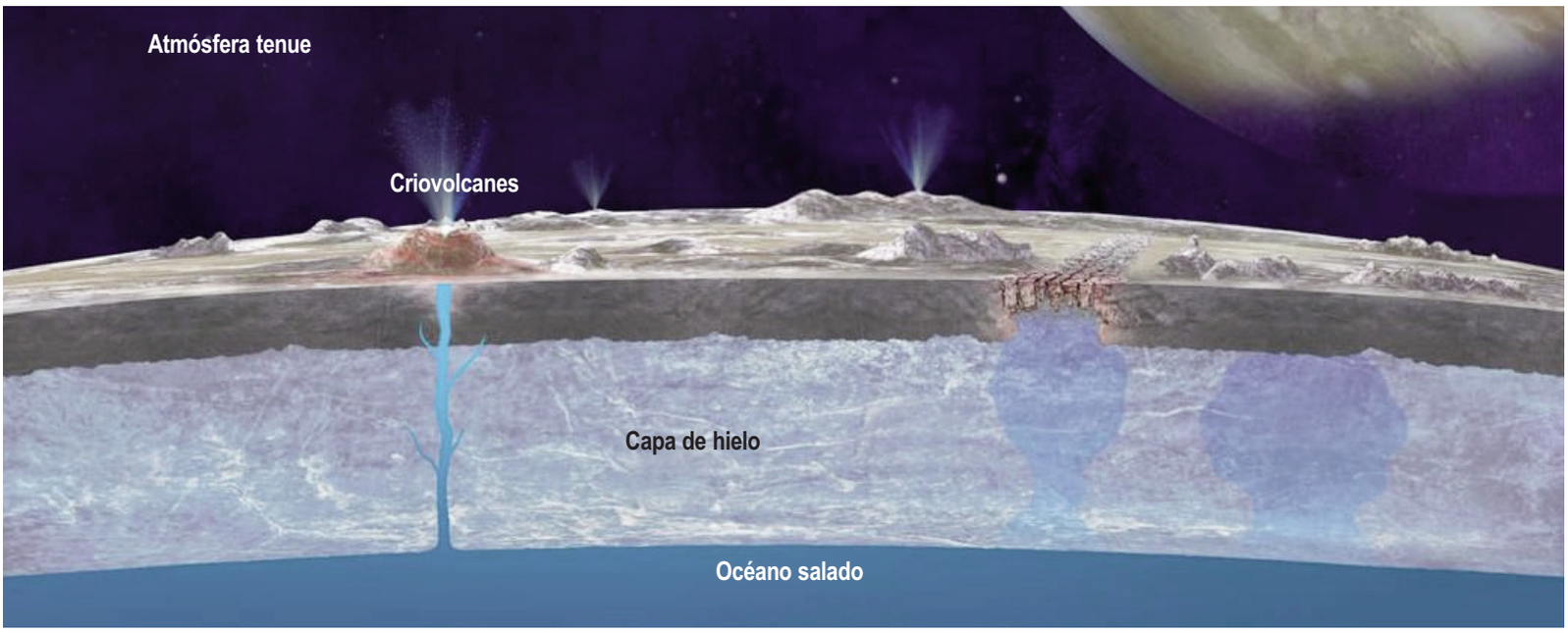


Ilustración del experimento de Miller, que simuló las condiciones en la Tierra anteriores a la aparición de la vida y obtuvo aminoácidos y otros compuestos orgánicos.



Lo que sabemos del origen de la vida procede, por una parte, del análisis de los organismos actuales, que permite establecer un árbol genealógico universal que nos retrotrae a un antepasado común de todos los seres vivos (el célebre LUCA, por las siglas en inglés de "último antepasado común universal"), del que cada día sabemos más. Pero LUCA —probablemente una población heterogénea y compleja— sería un descendiente de los primeros seres vivos. La reconstrucción de estos se intenta en el laboratorio simulando las condiciones de la Tierra primitiva, una estrategia que inició en 1953 el entonces joven químico Stanley Miller, que abrió así, de manera brillantísima, la química prebiótica y el abordaje empírico del origen de la vida.

No podemos entrar aquí en el análisis de los prometedores resultados obtenidos, ni de las dificultades que aún se afrontan. Baste decir que laboriosamente nos acercamos a la explicación de cómo se generaron las tres grandes características de los seres vivos: la compartimentación (membranas), la información genética, y el metabolismo. Parece que hubo una época en la que las dos últimas se apoyaron sobre la actividad de unos ácidos nucleicos, los



Sección del satélite Europa. Destacan los criovolcanes y el gran océano salado que se oculta bajo una capa de hielo y que podría albergar algún tipo de vida. El relieve poco accidentado y el elevado albedo de esta luna de Júpiter se corresponde con una superficie helada, joven y activa.

ARN (se habla por eso del mundo del ARN). La formación de estos ARN aparece, precisamente, como la principal dificultad de los experimentos de simulación —aunque hay progresos alentadores—.

Lo que está claro es que la vida debió aparecer en ambientes alejados del equilibrio termodinámico, con fuentes de energía y materia aprovechables; se vislumbran sobre todo dos escenarios: las aguas someras y las profundidades submarinas. En aguas someras, los primeros seres vivos aparecerían sostenidos sobre todo por la energía solar, en condiciones "suaves" (desde nuestro punto de vista) de presión y temperatura. Por otra parte, conocemos notables ecosistemas en los fondos marinos, en las proximidades de surgencias hidrotermales (fumarolas) que aportan un generoso flujo de energía y materiales y que animan a pensar que la vida pudiera haber aparecido en ese tipo de hábitats, alimentada directamente por energía no solar, sino química. Hay hipótesis muy atractivas en ambos sentidos, aunque aún faltan muchos datos experimentales para decantarnos claramente por alguna.

Aunque los avances en este campo son extraordinarios, seguimos con muchas incertidumbres, y seguramente nunca sabramos con seguridad cómo surgieron los primeros organismos

Con lo que hoy se sabe y no se sabe, lo más prudente es tener en cuenta los dos posibles ambientes, superficial y profundo, a la hora de buscar escenarios extraterrestres. Veamos dónde podemos encontrarlos en nuestra vecindad (el Sistema Solar) y más allá.

Vida en el Sistema Solar

Si buscamos localizaciones para un origen superficial de la vida, nos encontramos con que, en la actualidad, el único sitio del Sistema Solar con agua líquida en la superficie es la Tierra. Sin embargo, hay otros dos planetas de tipo terrestre (rocosos) que al parecer disfrutaron de abundante agua líquida superficial en sus juventudes: Venus y Marte (que, como la Tierra y el resto del Sistema Solar, tienen unos 4.570 millones de años). Diversos datos sugieren que, al menos durante sus primeros centenares de millones de años, el agua líquida abundó en la superficie de ambos, y pudo desarrollarse una vida similar a la terrestre. Incluso cabe la posibilidad de la "panspermia": que la vida apareciera en Venus, la Tierra o Marte, y viajara hasta alguno de sus vecinos merced al medio de transporte que facilitan los impactos meteoríticos, con sus consiguientes escapes de materiales al espacio.

La tal vez trágica pérdida del agua superficial de Venus y Marte tuvo causas distintas. En Venus, demasiado cercano al Sol, se disparó un efecto invernadero con una acumulación enorme de CO_2 atmosférico, de modo que hoy su superficie es un infierno de más de 450 grados de temperatura media y presiones de noventa atmósferas. Marte, por el contrario, es más frío por su alejamiento del Sol, pero no parece que esta sea la clave principal de su deterioro climático y del eventual declive biológico. Marte perdió casi toda su atmósfera, hasta hacerse demasiado tenue para sostener agua líquida y vida superficial, seguramente a causa de su pequeño tamaño. Este imposibilitó que sostuviera una dinámica interna como la terrestre, que, tectónica de placas mediante, recicla el CO_2 atrapado químicamente en las rocas y lo devuelve a la atmósfera. En Marte no se recicló el CO_2. Además, al enfriarse pronto, perdió el escudo magnético que defendía su atmósfera del arrastre por el viento solar. Tanto en Marte como en Venus hay que tener en cuenta, asimismo, los efectos de la rotura de dióxido de carbono y agua atmosféricos por la radiación ultravioleta, que favorecieron la fuga de gases al espacio y, en último término, la pérdida de agua.

Si hubo alguna vez vida en Venus o en Marte, ¿qué fue de ella? Cabe la posibilidad de que se extinguiera, sobre todo en Venus. Pero en Marte es factible que aún resista en el subsuelo. De hecho, hay autores que defienden que hay datos a favor de que es así: sobre todo, los de las sondas *Viking* de los años 70 y los relativos al enigmático metano marciano.

Aunque pueda extrañar, abundan más en el Sistema Solar los ambientes submarinos profundos que los someros, debido a la existencia de océanos subsuperficiales —bajo la superficie sólida—. El más conspicuo es el de Europa, el sexto satélite (por proximidad) del gigante gaseoso Júpiter. Esta luna tiene una superficie con un espesor de entre diez y treinta kilómetros de hielo de agua, surcada por grandes grietas. Bajo ella parece haber un océano salado global con, tal vez, el doble del agua contenida en todos los océanos terrestres juntos. Recientemente se han detectado géiseres por los que escapa al espacio algo de ese agua. ¿Cómo es posible que un cuerpo tan alejado del Sol mantenga agua líquida?

Pues, sobre todo, por el calentamiento debido a las enormes fuerzas de marea producidas por su gran vecino. Y también contribuye el calor liberado por la desintegración radiactiva en su interior.

Lo que inicialmente se descubrió sobre Europa se ha ido extendiendo después a otros satélites. Los jupiterianos Ganímedes y Calisto también pueden poseer enormes océanos subsuperficiales, si bien el de Calisto (en el que la fuerzas de marea producen menos calor) tiene menos interés porque parece que su agua no está en contacto con un subsuelo rocoso, y las interacciones agua líquida-roca pueden ser imprescindibles para que aparezca la vida.

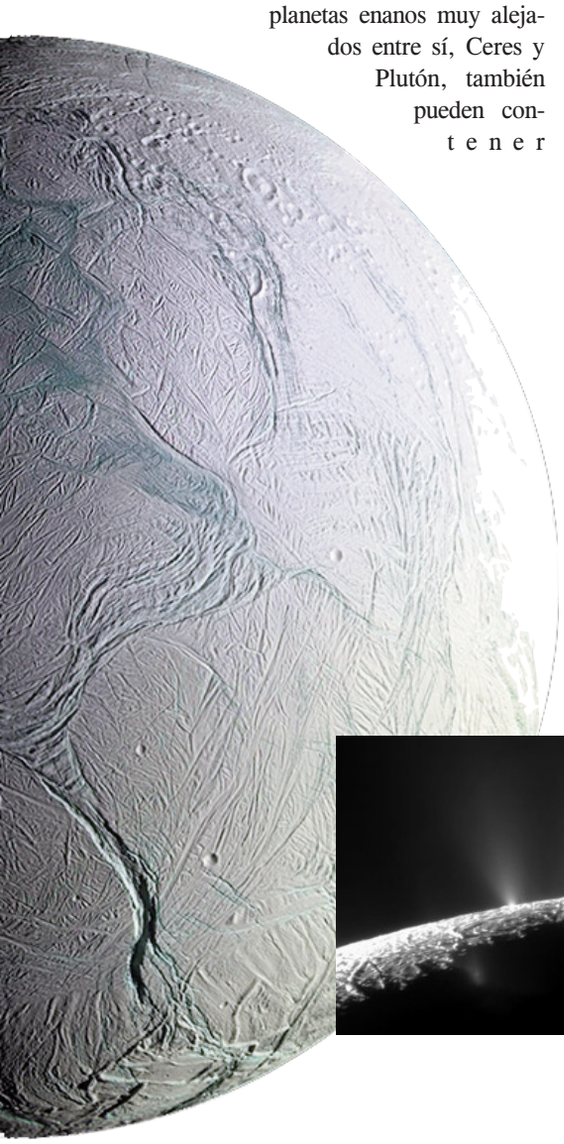
En torno a Saturno destaca, sobre todo, Encélado. En este se han encontrado un centenar de grandes géiseres, alineados a lo largo de cuatro hermosas "rayas de tigre"en el polo sur, que son indicativos de actividad hidrotermal en sus fondos oceánicos. Es decir, unos ambientes que podrían alimentar la aparición de la vida y su mantenimiento.

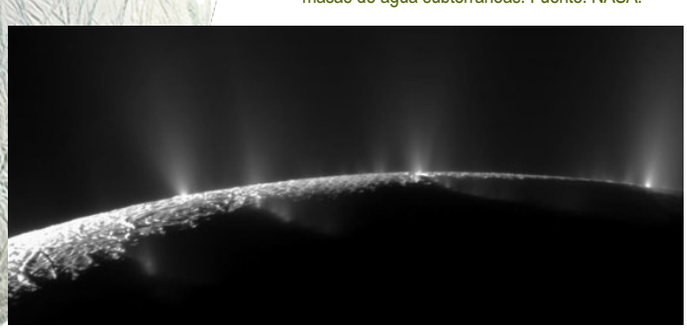
La lista de satélites con probables masas de agua subterránea (con más o menos sales, amoniaco…) sigue extendiéndose: Mimas y Dione en torno a Saturno, Tritón alrededor de Neptuno… Pero los océanos subsuperficiales no se ciñen a los satélites. Dos planetas enanos muy alejados entre sí, Ceres y Plutón, también pueden contener grandes masas de agua bajo la superficie.

En este viaje hacia el exterior del Sistema Solar nos hemos dejado atrás a un gran satélite de Saturno, Titán. Este se distingue de los demás por tener, como la Tierra, abundancia de líquido en su superficie y una atmósfera notable. Pero el líquido no es agua, sino hidrocarburos sencillos (metano y etano sobre todo), en un ambiente asombroso en el que puede desarrollarse una química orgánica extraordinaria. No obstante, sin agua, no parece que Titán pueda llegar muy lejos en el camino hacia la vida. Aunque, atención, porque Titán también parece tener un océano subterráneo de agua y amoniaco con eventuales "escapes" mediante volcanes fríos (criovolcanes).

¿Qué esperamos de todos estos vecinos solares? En primer lugar, averiguar en los próximos años, a través de diversas misiones, muchos datos relacionados con la vida. ¿Tiene que ver con ella el ciclo del metano de Marte?, ¿hay organismos en el subsuelo de este, o al menos restos fósiles? De haberlos, ¿compartiremos ancestros? (¿es posible que seamos marcianos en origen?). Además, ¿hay signos de actividad biológica en algunos de los océanos subsuperficiales citados, e incluso en el agua que puede escapar de ellos a través de los géiseres y criovolcanes?

Es posible que ambientes subacuáticos que no hayan desarrollado vida sí sean compatibles con ella, de modo que existe la —controvertida— posibilidad de "sembrarla". Sin embargo, donde se viene planteando con más seriedad esta intención panspérmica es en Marte. Hace años que se especula con la terraformación de Marte (modificarlo para hacerlo similar a la Tierra), lo que conllevaría un cambio climático colosal, para el que sería necesaria la implantación de organismos que lo propiciaran: tanto naturales terrestres como otros modificados genéticamente mediante la cada vez más poderosa biología sintética. Pero hay grandes dudas acerca de que pueda… y deba hacerse.





Encelado, uno de los satélites de Saturno, presenta indicios de actividad hidrotermal en forma de géiseres, que apuntan a la existencia de grandes masas de agua subterráneas. Fuente: NASA.

Vida en exoplanetas

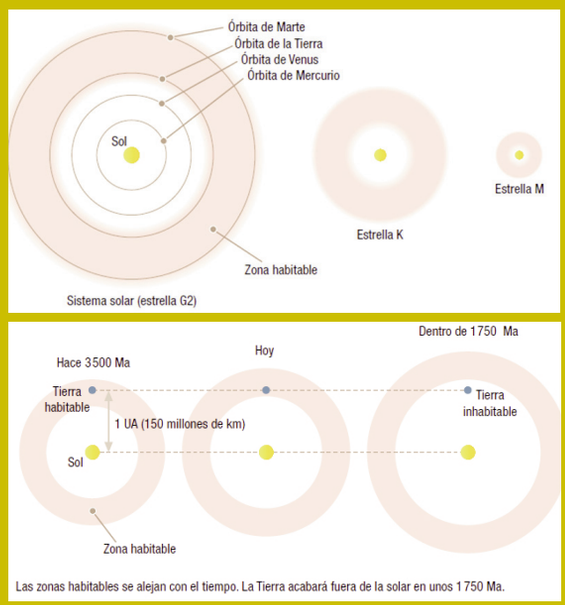
Después de explorar las posibilidades de vida en nuestro Sistema Solar, nos preguntamos si existirá (e incluso abundará) en otros sistemas planetarios. Pensando, de entrada, en vida en aguas superficiales, se define la zona de habitabilidad o zona habitable (ZH) de una estrella como la región a su alrededor en la que las condiciones permiten la existencia de agua líquida permanente y abundante sobre la superficie de un planeta similar a la Tierra, que no debe estar ni demasiado cerca (el agua se evaporaría) ni demasiado lejos (se congelaría). Por eso se la denomina a veces zona "ricitos de oro", según el cuento popular en el que una niña, ante las sopas de tres osos, se toma la que no está ni demasiado fría ni demasiado caliente.

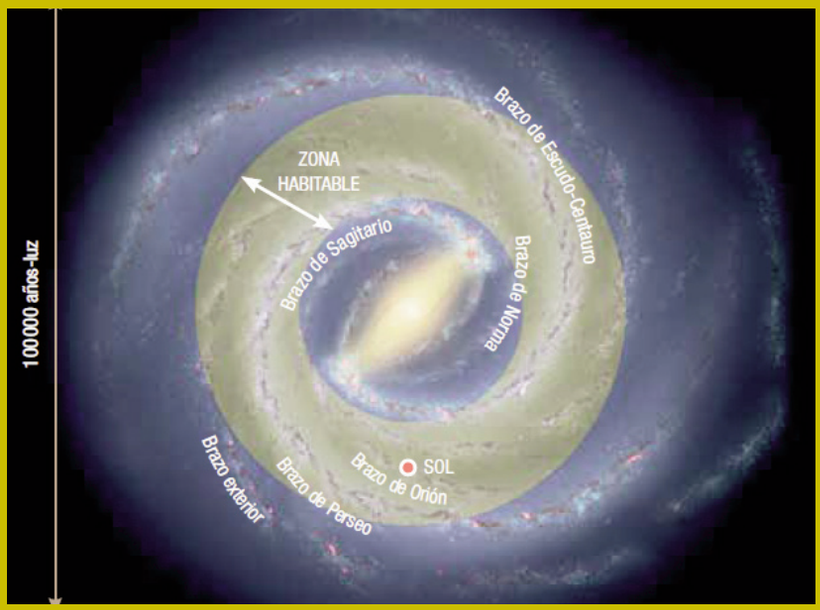
Se la suele considerar un anillo más o menos amplio, localizado para algunos, en el caso del sistema solar, entre 0,99 y 1,7 unidades astronómicas (UA; una UA es la distancia media entre la Tierra y el Sol). Como vemos, la Tierra está peligrosamente cerca del límite interno de la ZH, y en unos cientos de millones de años quedará fuera de ella, pues a lo largo de la vida de una estrella, esta se hace más luminosa y la ZH se va alejando.

En realidad, la habitabilidad no depende solo de la distancia a la estrella. La existencia o no de un campo magnético, de tectónica de placas, de nubes, etc., puede ser decisiva. Una atmósfera rica en hidrógeno puede calentar por efecto invernadero la superficie de un planeta a distancias indefinidamente largas de la estrella, incluso sin orbitar ninguna. Parte de esas características dependen del tamaño planetario. Los planetas rocosos más grandes ("supertierras") pueden tener tendencia a ser mundos-océano, cubiertos totalmente de agua, tal vez demasiada para el desarrollo de la vida más avanzada.

De las zonas habitables nos interesa, además de su extensión, su duración y estabilidad, y todo ello depende en gran medida de la naturaleza de la estrella. En la clasificación de las estrellas más empleada, los principales tipos se denominan, yendo de las más masivas, luminosas y calientes a las menos, con las letras OBAFGKM. Difieren mucho en su capacidad para mantener vida; las estrellas de mayor tamaño (O, B, A y parte de las F) son demasiado energéticas y poco longevas. Para desarrollar la vida más compleja se requieren —según el ejemplo terrestre— al menos unos dos mil millones de años.

El resto de las F, junto con las G y las K, parecen las más adecuadas para acunar vida debido a su estabilidad, amplitud de zona habitable y duración. Las G, que suponen el





Arriba, zonas de habitabilidad del Sol y de estrellas tipo K y M. Debajo, evolución futura de la zona de habitabilidad en torno al Sol.

Zona de habitabilidad de la Vía Láctea.

7% del total, son las que requieren menos explicaciones, pues el Sol es una de ellas. Según nos movemos de las F a las K, disminuye la radiación ultravioleta estelar y, por tanto, la necesidad de protección atmosférica para una vida en superficie. Esta es una de las razones por las que muchos consideran a las estrellas K (enanas naranjas, un 15 % del total) las más acogedoras para la vida.

Considerando diversos factores, el astrónomo estadounidense Geoffrey Marcy y otros han calculado que el 22 % de las estrellas tipo Sol (GK) pueden tener planetas similares a la Tierra en sus zonas habitables. Como estiman en cuarenta mil millones los "soles" en la Vía Láctea, habría en esta unos ocho mil ochocientos millones de "tierras habitables" (en el universo, cientos de billones), muchas de ellas más antiguas que la Tierra.

Las estrellas de tipo M, entre las que se cuentan las enanas rojas, son las más abundantes con diferencia: el 75 % del total. Por su larguísima vida, disponen de muchos miles de millones de años para la aparición y evolución de la vida. Al ser más pequeñas son menos luminosas, y los planetas habitables (siempre potencialmente) tienen que estar mucho más cerca de ellas; el efecto gravitacional hace que se frene la rotación y acaben por mostrarles siempre la misma cara (un acoplamiento de marea, como el que tiene la Luna con la Tierra). Esa cara estaría siempre iluminada y tal vez demasiado caliente, y la otra, oscura y demasiado fría, pero la zona intermedia sería más acogedora, y la circulación atmosférica ayudaría, como un sistema de aire acondicionado, a aliviar los contrastes. Otro posible problema con las estrellas M y parte de las K es que son enormemente activas durante sus primeros miles de millones de años; generan violentas emisiones de radiación, incluida la ultravioleta.

La puesta en funcionamiento de nuevos telescopios debe darnos muchas buenas noticias, no solo por el descubrimiento de más planetas sino por la posibilidad de analizar sus atmósferas

Dado que las estrellas M nacidas en los primeros miles de millones de años del universo hoy seguirán (salvo cataclismos) su curso, y dada su gran abundancia, podrían mantener las formas de vida más extendidas y antiguas del universo. Un estudio liderado por el astrónomo sueco Erik Zackrisson estima que en el universo observable hay unas $7x10^{20}$ (setecientos trillones) tierras (de entre 0,5 a 5 masas terrestres o de 0,8 a 1,5 radios terrestres) y supertierras (de entre 5 a 10 masas terrestres o de 1,5 a 2,5 radios terrestres), de las que el 98% estarían en torno a estrellas M y "solo" unos veinte trillones en más parecidas al Sol (FGK). Las estrellas M también podrían ser las principales incubadoras de nuevas generaciones de vida, pues son las estrellas que se siguen formando con más frecuencia. Se estima que el 92 % de los planetas del universo está aún por nacer.

Hay más aspectos importantes a considerar, como el que quizá la mayoría de las estrellas estén ligadas gravitatoriamente a otras constituyendo sistemas múltiples, lo que complica los análisis. Además, es interesante evaluar la habitabilidad galáctica, baja en las agresivas cercanías de los centros galácticos. Y no todas las galaxias son igual de acogedoras; según la astrofísica Pratika Dayal, las elípticas, con más elementos pesados, son mucho más ricas en planetas habitables que las espirales, de modo que en este sentido no estamos en un entorno privilegiado. Y, naturalmente, en este repaso de la habitabilidad planetaria no debemos olvidar la de los planetas sin estrella y de los satélites tipo Europa, lo que multiplica el número de cuerpos potencialmente habitables en el cosmos.

De los miles de exoplanetas identificados en los últimos años, en julio de 2017 el catálogo de la Universidad de Puerto Rico en Arecibo considera como potencialmente habitables sesenta y dos. Merece destacarse Próxima b, en torno a Próxima Centauri que, a solo 4,2 años luz, es la estrella más cercana al Sol. Y sorprende el sistema Trappist-1 (a treinta y nueve años luz), con tres planetas en la zona de habitabilidad.

En los próximos años, la puesta en funcionamiento de potentes nuevos telescopios (James Webb, PLATO, etc.) debe darnos muchas buenas noticias, no solo por el descubrimiento de más y más planetas habitables, sino por la posibilidad de analizar las atmósferas de muchos de ellos, con la esperanza de encontrar composiciones indicativas o sugerentes de actividad biológica. Si existiera vida extraterrestre tanto en cuerpos del Sistema Solar como en algunos exoplanetas a nuestro alcance telescópico, quizás las noticias nos lleguen antes de estos últimos, pues el análisis in situ de los primeros puede demorarse más; en cualquier caso, no sería una sorpresa ver involucrado en los hallazgos al Instituto de Astrofísica de Andalucía. Y aún cabe que la primera novedad sobre alienígenas provenga de las iniciativas —aquí no descritas— de búsqueda de inteligencia extraterrestre (SETI, por las siglas inglesas).

Mantengámonos a la escucha de todas las posibilidades, intensificando el cuidado de la única y maravillosa vida que, hoy por hoy, seguimos conociendo.

GREST: Primer paso hacia el Telescopio Solar Europeo

CON CUATRO METROS DE DIÁMETRO Y EQUIPADO CON INSTRUMENTACIÓN DE VANGUARDIA, EL TELESCOPIO SOLAR EUROPEO (EST) ESTUDIARÁ EL SOL CON UN NIVEL DE DETALLE SIN PRECEDENTES

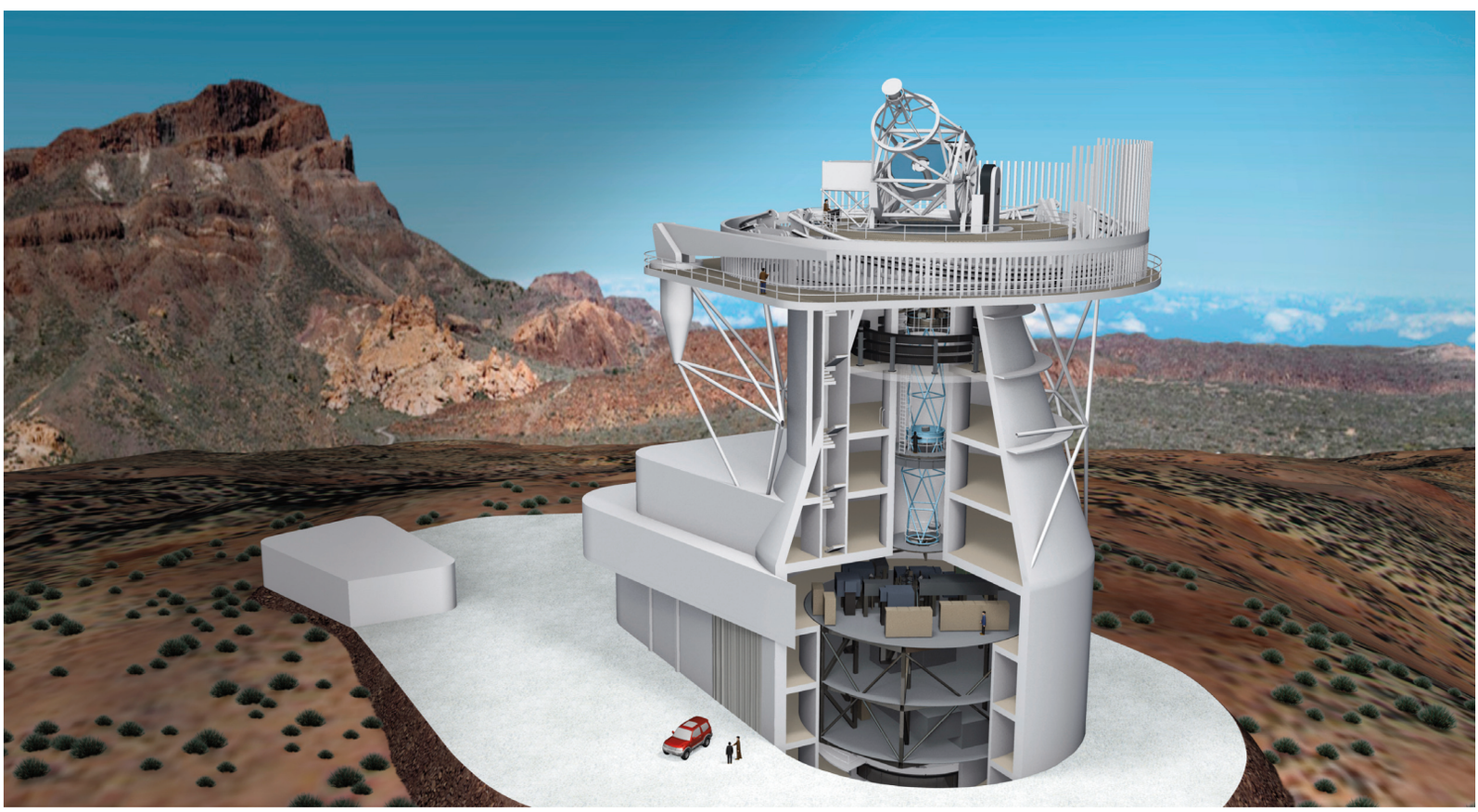
Por Francisco Javier Bailén *(IAA–CSIC)*

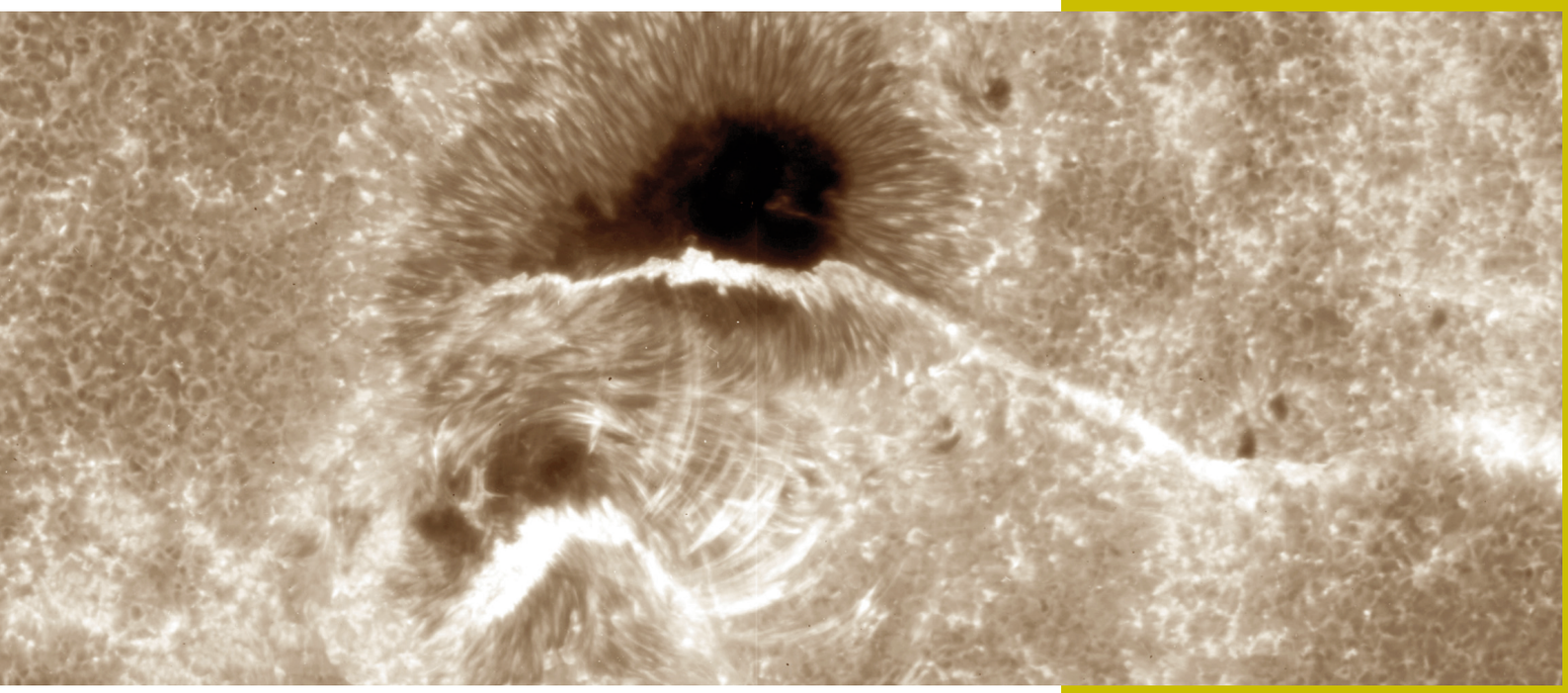
LOS ÉXITOS CONSEGUIDOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS Y LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA POR LA COMUNIDAD CIENTÍFICA EUROPEA en el campo de la física solar con instrumentos como IMaX y SO/PHI, en los que ha habido una alta participación del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), nos indican que es momento de iniciar una búsqueda hacia nuevos retos tecnológicos que permitan estudiar el sol con mayor detalle. El futuro Telescopio Solar Europeo (EST en inglés) se enmarca dentro de este contexto como el instrumento científico en Europa más grande en el ámbito de los telescopios solares terrestres, compitiendo únicamente con el futuro DKIST, su rival estadounidense, y situando a la física europea en una posición de excelencia. El diámetro de su espejo primario será de cuatro metros, muy superior a los 1.5 metros de su predecesor alemán, GREGOR.

Inversión y beneficios tecnológicos y económicos

El EST se consolidará como el proyecto con mayor participación y esfuerzo invertido en la física solar europea hasta ahora. El EST, coordinado por el Instituto de Astrofísica de Canarias, forma parte del ESFRI Roadmap 2016 y cuenta con la mención de instalación científica estratégica con un presupuesto de más de doscientos millones de euros hasta su construcción y un coste de nueve millones de euros anuales durante su operación.

Dado que se construirá en las islas Canarias, no hace falta mencionar que la ciencia española se beneficiará de este proyecto, además de nuestra industria y nuestra economía. Se estima que creará un total de quinientos puestos de trabajo altamente técnicos durante la fase de construcción y de operación, por no hablar del retorno tecnológico e industrial que llevan asociadas las grandes infraestructuras científicas como esta debido a la oportunidad de la industria de beneficiarse de contratos en sectores tecnológicos de alto valor añadido y a la creación de puestos de trabajo estables. Tan solo la operación y el mantenimiento del telescopio generará un retorno económico directo a Canarias de más de siete millones de euros por año (unos doscientos millones de euros a lo largo de toda su vida).





Las fulguraciones solares representan las mayores explosiones del Sistema Solar. Se cree que se producen por lo que se conoce como reconexión magnética (una reconstrucción del campo magnético solar), pero aún no disponemos de pruebas observacionales de ello. El Telescopio Solar Europeo podrá obtenerlas. Fuente: *Hinode's Narrowband Filter Imager.*

Ciencia con el EST

El EST nos permitirá estudiar el Sol con una precisión sin precedentes. Merece la pena destacar que su gran tamañose debe a la necesidad de captar suficientes fotones para medir pequeños cambios en las estructuras magnéticas solares con gran resolución espacial y con mucha sensibilidad, lo que permite detectar los campos magnéticos débiles que aparecen en la fotosfera del sol con tamaños del orden de tan solo diez kilómetros (equivalente a distinguir a una persona situada en Nueva York desde Granada).

Además, deberá hacerlo lo suficientemente rápido como para prevenir que los datos se vean afectados por la rápida evolución del plasma solar. También deberá ser capaz de disipar una enorme parte del calor que recibe del Sol para mantener la calidad de la imagen y evitar deformaciones mecánicas en sus instrumentos y de minimizar la distorsión atmosférica mediante modernas técnicas de óptica adaptativa. Gracias a estas características, el EST nos proporcionará una mayor resolución espacial y espectral y una capacidad de captación de luz sin precedentes que nos permitirá estudiar los procesos físicos de corta duración que ocurren en la atmósfera solar, así como analizar las líneas espectrales débilmente polarizadas, de gran interés en la física solar actual.

En concreto, las preguntas fundamentales que se pretenden responder son las siguientes:

¿Qué nos puede enseñar el Sol sobre los procesos astrofísicos fundamentales? Las observaciones del Sol realizadas hasta ahora revelan una alta complejidad en los patrones de los campos magnéticos y en los movimientos del plasma en la atmósfera solar muy relevantes en el plano físico.

¿Cuál es el responsable de los cambios solares a todas las escalas? El Sol cambia en un amplio rango de escalas espaciales y temporales. A día de hoy no entendemos completamente estos cambios y no somos capaces de predecir aspectos básicos de la variabilidad solar.

¿Cuál es el impacto de la actividad Solar sobre la vida en la Tierra? Las variaciones en la actividad magnética solar inducen cambios en la Tierra que pueden afectar a millones de personas en escalas de tiempo tanto cortas como largas. Necesitamos predecir los cambios en el entorno espacial que son inducidos por el Sol para entender sus conexiones con el clima terrestre.

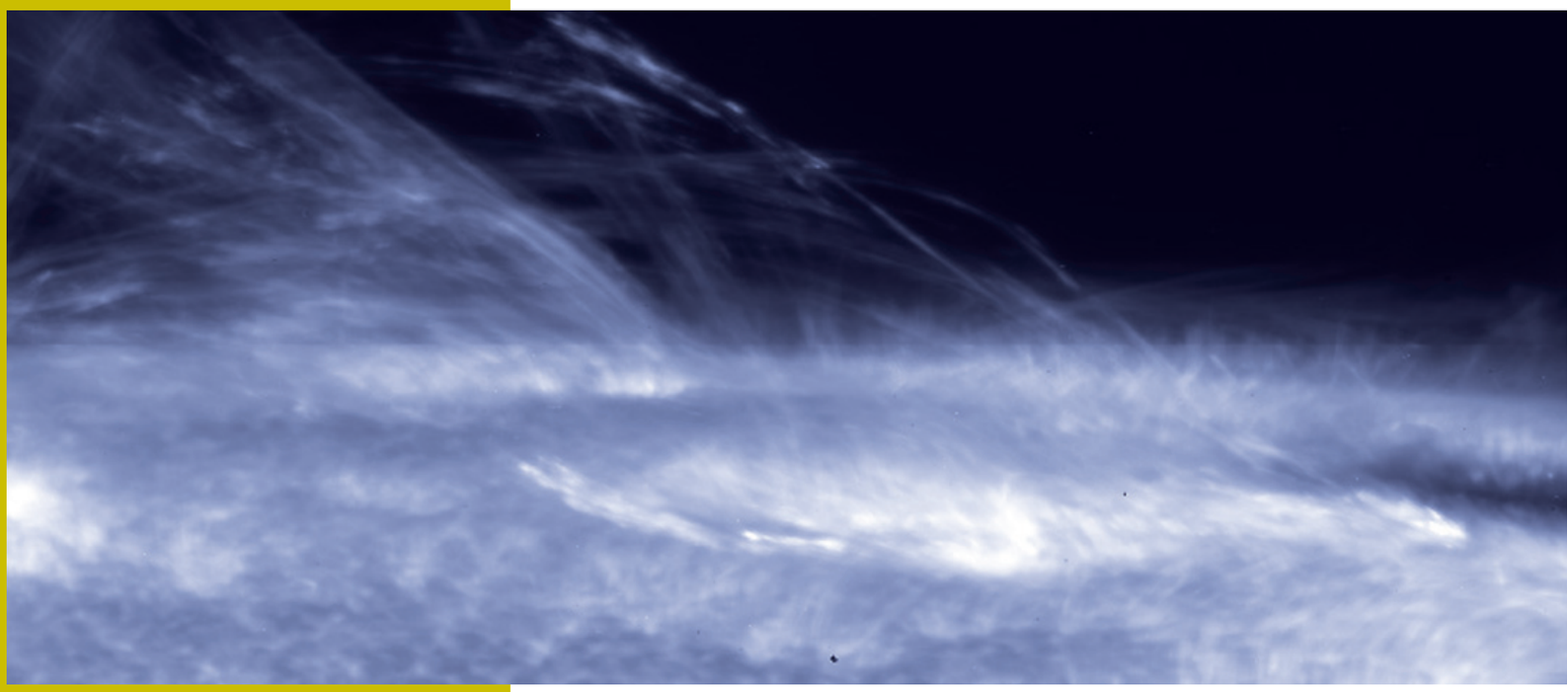
Entender estos procesos físicos es fundamental por varias razones:

Hay una conexión directa entre la Tierra y el Sol. El Sol es de una importancia primordial porque mantiene la vida en la Tierra, y cualquier cambio en él podría tener consecuencias dramáticas para la biodiversidad terrestre. Entre esos cambios se incluyen la eyecciones de masa coronal, que ocurren cuando una gran cantidad de energía, almacenada en los campos magnéticos solares, se transfiere al plasma en escalas de tiempo muy cortas. El plasma, acelerado a velocidades del orden de treinta mil kilómetros por segundo, puede llegar a la Tierra y dar lugar a eventos tan fascinantes como las auroras boreales, pero también a otros fenómenos potencialmente peligrosos (daños en los satélites, sobrecarga de las líneas de transporte eléctrico, exceso de exposición a la radiación para los pasajeros de vuelos transoceánicos, etc).

El Sol es un laboratorio de física básico. La interacción entre el plasma y los campos magnéticos solo puede estudiarse en condiciones físicas extremas, como las que se dan en el Sol. Merece la pena destacar que entender estas interacciones es de vital importancia para el desarrollo de reactores de fusión nuclear, que aspiran a revolucionar el mercado energético en las próximas décadas ofreciendo una forma de obtener energía limpia, segura y prácticamente inagotable.

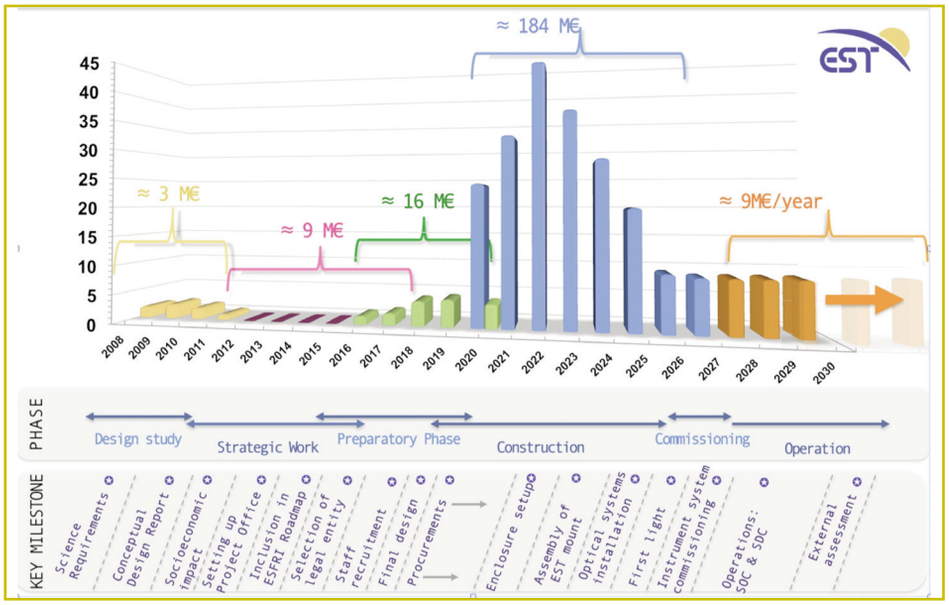
El Sol sirve como modelo básico para entender el resto del universo (¡todas las estrellas son soles!). El EST estudiará procesos solares fundamentales a escalas muy pequeñas, permitiéndonos analizar los fenómenos físicos que ocurren con el mayor detalle posible.

Gracias a sus especificaciones, el EST llenará un hueco que no se ha cubierto aún por ningún otro instrumento, ya sea un telescopio terrestre o una misión espacial: será capaz de estudiar la conexión entre la atmósfera solar, desde las capas más profundas de la fotosfera a las más altas de la cromosfera para revelar las propiedades térmicas, dinámicas y magnéticas del plasma solar. Para ello, el EST realizará medidas de la polarización de la luz a diferentes longitudes de onda y de forma simultánea. Así, nos permitirá comprender mejor cómo emerge el campo magnético de la superficie solar, cómo interacciona con el plasma para transferirle energía y, finalmente, cómo lo emite en forma



Arriba: las prominencias solares son formaciones de plasma frío que aparecen suspendidas sobre la superficie del Sol durante días e incluso semanas. Las observaciones de alta precisión del EST permitirán deteminar cómo se forman y desaparecen. Fuente: *Hinode's Narrowband Filter Imager.*

Dcha: partidas presupuestarias en cada una de las fases del Telescopio Solar Europeo.



de calor o de eventos energéticos violentos.

GREST

Para la construcción del EST es necesario llevar a cabo una serie de desarrollos tecnológicos altamente novedosos que nos aseguren cumplir los objetivos científicos. Es ahí donde entra en juego GREST (*Getting Ready for EST*), proyecto donde se abordarán los retos tecnológicos más importantes para asegurar el éxito del EST. Afortunadamente, la industria europea ha conseguido situarse en primera línea en cuanto a capacidades tecnológicas y conocimiento necesario para abordar estos retos. Tenemos un ejemplo claro en nuestro país, donde estamos a la vanguardia en el desarrollo y aplicación de retardadores ópticos de cristal líquido (ROCLIs), incluidos en un telescopio no terrestre por primera vez dentro de IMaX, instrumento desarrollado al 100% por instituciones españoles que voló en 2009 por primera vez y luego en 2013 sobre nuestra estratosfera a bordo de las misiones Sunrise I y II respectivamente. El desarrollo de IMaX nos ha permitido coliderar actualmente el instrumento SO/PHI, que forma parte de la misión Solar Orbiter de la ESA y que se lanzará en 2018 para orbitar en torno al Sol fuera de la eclíptica (el plano que forma la órbita terrestre) permitiéndonos estudiar por primera vez el campo magnético de los polos del Sol.

El uso de ROCLIs está convirtiéndose en uno de los mayores y más importantes avances en polarimetría solar. Los ROCLIs están basados en el uso de cristales líquidos, materiales cuyas propiedades de birrefringencia dependen del voltaje eléctrico aplicado. Estos materiales usan señales eléctricas de bajo voltaje, evitando el problema de los retardadores ópticos convencionales, que usan motores. Los ROCLIs requieren, por tanto, de un consumo de potencia bajo y no introducen ruido mecánico asociado a vibraciones en el sistema. Además tienen una respuesta rápida, lo que los hace muy útiles para medir la polarización de la luz de forma rápida, y pesan muy poco, requisito imprescindible para misiones espaciales.

El papel de España en el desarrollo GREST es de importancia fundamental en el proyecto. Así, el IAA es el responsable de coordinar uno de sus mayores retos: el desarrollo de (ROCLIs) de gran formato. Los actuales ROCLIs tienen tamaños que apenas exceden los 2.5x2.5 centímetros. La llegada de una nueva generación de telescopios e instrumentos, especialmente los detectores de gran formato, junto a la necesidad de estudiar el Sol en el infrarrojo, hacen necesario el desarrollo de grandes celdas de cristal líquido. En concreto, necesitamos celdas de unos 15x15 centímetros (tamaño que en la fase del proyecto en la que nos encontramos ya hemos conseguido superar), unas seis veces mayor al actual, lo que requiere de un gran esfuerzo debido a la complejidad de su proceso de fabricación. Además necesitamos que tengan una buena calidad óptica y que permitan una modulación muy rápida de la señal para cumplir los objetivos del EST. El reto está servido.

EN BUSCA DE LAS PRIMERAS GALAXIAS

LAS GALAXIAS TIENEN UNA IMPORTANCIA FUNDAMENTAL A LA HORA DE COMPRENDER CÓMO SE ORGANIZA NUESTRO UNIVERSO Y CUÁLES SON SUS PROPIEDADES, YA QUE TRAZAN CÓMO SE DISTRIBUYEN EN EL ESPACIO LA MATERIA Y LA ENERGÍA. DEL CONOCIMIENTO DE QUE EL SOL, NUESTRA ESTRELLA, ESTÁ SITUADO EN UNA GALAXIA, LA VÍA LÁCTEA, QUE SE PENSABA QUE OCUPABA TODO EL UNIVERSO, SE HA PASADO EN MENOS DE UN SIGLO A SABER QUE EL NÚMERO ESTIMADO DE GALAXIAS SE HALLA EN TORNO A LOS DOS BILLONES (NO, NO ES UNA INCORRECTA TRADUCCIÓN DEL INGLÉS), Y ESO QUE SOLO INCLUYE LA PARTE OBSERVACIONAL DEL UNIVERSO*

1 LOS LADRILLOS DEL UNIVERSO

Las galaxias se consideran los ladrillos fundamentales a partir de los que se estructura el universo, al igual que las células son consideradas como las piezas básicas de las que se compone un organismo vivo, aunque, a su vez, también puedan descomponerse en otros elementos que las formen. Hoy en día se tiene un conocimiento bastante preciso de los distintos tipos de galaxias y de sus distintas componentes. La mayoría de las galaxias tienen una forma espiral, ya que las estrellas siguen un patrón de varios brazos espirales en torno a un centro común reconocible en las imágenes. Sin embargo, la mayoría de la materia de las galaxias se concentra en una esfera con diámetros de decenas de miles de años luz, que recibe el nombre de halo, compuesta en su mayor parte por la escurridiza, e incomprensible todavía hoy para nosotros, materia oscura. En ese halo esférico suelen observarse poblaciones muy viejas de estrellas, agrupadas en enjambres de decenas de miles conocidos como cúmulos globulares. Además, las galaxias espirales muestran en su centro un agujero negro con masas equivalentes a millones de veces la de nuestro Sol. También en la zona central se observa un bulbo de estrellas de distintas poblaciones, que se extienden por encima del disco. Ese disco, por otra parte, suele extenderse mucho más allá de lo que parecen trazar las estrellas, ya que también está compuesto de gas neutro que llega a distancias de varias veces el radio aparente del disco.

2 LA FORMACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LAS GALAXIAS

Aún no se entienden muy bien los mecanismos a través de los que se forman las estructuras en que se concentran las estrellas en una galaxia espiral a partir del gas concentrado en torno a los halos de materia oscura, pero distinguimos varios factores fundamentales: la caída del gas hasta el plano de rotación; la velocidad a la que el gas se consume para formar nuevas estrellas; la atracción gravitatoria y la aceleración del gas hacia el agujero negro supermasivo en el centro; el aporte constante de gas desde el exterior de la galaxia a través de la llamada red cósmica y la fusión con otras galaxias satélite mucho más pequeñas.

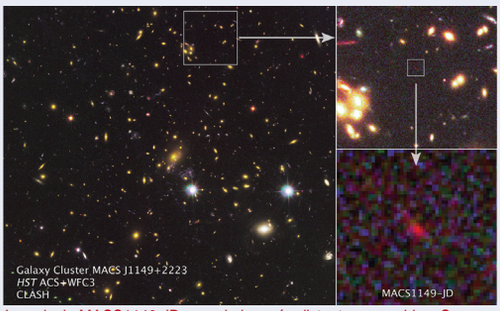
La interacción entre galaxias no es un mecanismo menor en la evolución de estos objetos, como demuestra el hecho de que en las regiones del universo donde hay un mayor número de galaxias, los cúmulos galácticos, la mayoría de las galaxias tienen una forma elíptica, donde se ha perdido toda estructura espiral, las estrellas siguen trayectorias aleatorias no confinadas en un plano y se ha perdido todo vestigio de gas y formación estelar. Nuestra propia galaxia, que hasta ahora ha mantenido su forma espiral porque está situada en un entorno poco poblado, aunque no exento de pasadas y numerosas fusiones con galaxias enanas, acabará fusionándose con Andrómeda, otra galaxia espiral de tamaño similar. Andrómeda se sitúa a más de dos millones de años luz, pero se acerca hacia nosotros a más de doscientos kilómetros por segundo, lo que acabará produciendo dentro de unos cinco mil millones de años un encuentro entre ambas que, lejos de dar lugar a colisiones entre estrellas, sí alterará el patrón espiral de los dos objetos y el remanente de gas será posiblemente expulsado para acabar dando lugar a una sola galaxia elíptica con el doble de masa. La propia galaxia de Andrómeda quizá sufrió en su pasado una fusión de carácter no suficientemente grande para alterar su disco, pero sí para que se aprecien en su centro dos agujeros negros supermasivos en vez de uno.

El par de galaxias en interacción conocido como Los ratones. Fuente: NASA.

* Es necesario hacer esta distinción ya que, debido a su expansión, hay una parte del universo cuya existencia desconocemos porque su luz aún no ha llegado hasta nosotros.

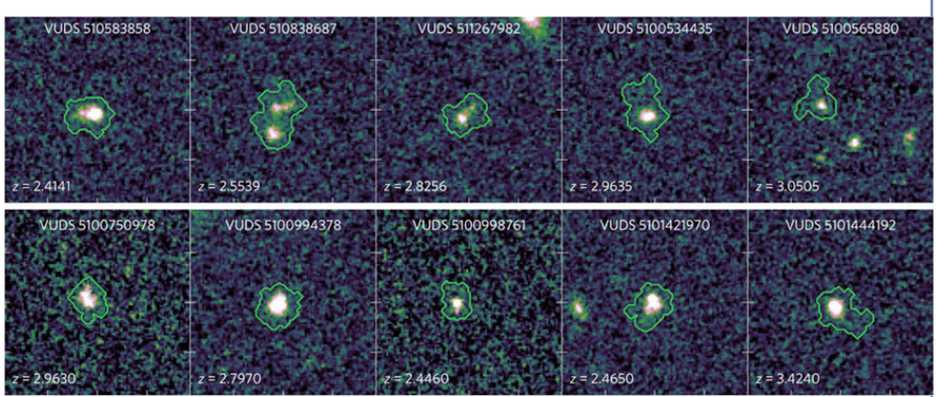
3 LAS PRIMERAS GALAXIAS

Por todo ello, para intentar comprender cómo se forman y cómo evolucionan las galaxias cobra gran importancia poder observarlas en el momento de su formación y así poder entender mejor cuáles de estos elementos intervienen de una manera más relevante. La formación de las primeras galaxias precede a un momento de gran interés en la evolución misma del universo: la llamada reionización. Este proceso produjo que el gas que quedaba entre las incipientes galaxias, predominantemente hidrógeno neutro formado cuando el universo se había enfriado lo bastante tras el Big Bang, se volviera a ionizar por efecto de la radiación de las primeras generaciones de estrellas muy masivas y la radiación procedente de los primeros agujeros negros supermasivos en el centro de los cuásares. De esta forma se terminaba con la llamada edad oscura, durante la que el gas se concentró en torno a los halos de materia oscura para formar las primeras galaxias, pero rodeadas de una gran cantidad de gas neutro que absorbía gran parte de la radiación.



La galaxia MACS1149-JD, una de las más distantes conocidas. Se cree que pudo formarse hace unos 13.500 millones de años.

4 LAS ANÁLOGAS DE LAS PRIMERAS GALAXIAS



Otra manera de estudiar las primeras galaxias, al menos en tanto no dispongamos de grandes telescopios que permitan la observación directa de las edades oscuras, es el estudio de galaxias análogas a las primeras galaxias, aunque en épocas ligeramente posteriores a la de la reionización, que se calcula en torno a unos setecientos millones de años después del Big Bang. Uno de los estudios más recientes que desvela muchas de las propiedades de estos análogos en épocas no mucho más tardías a la de la formación de todas las galaxias, solo dos mil millones de años después del Big Bang, ha sido publicado recientemente en *Nature Astronomy*, liderado por Ricardo Amorín, del Instituto Kavli de Cosmología y en el que he participado.

El artículo describe las propiedades de diez galaxias observadas en esta época posterior a la reionización (imagen superior) pero con propiedades que, se piensa, son muy similares a las de las primeras galaxias, ya que se encuentran en un momento en el que están formando estrellas a un ritmo mucho mayor al de las galaxias con una masa similar en otras épocas del universo. Conviene recordar que podemos observar las propiedades de las galaxias en estas u otras épocas de la evolución del universo porque la luz que nos llega desde ellas es finita y tarda casi doce mil millones de años en alcanzarnos, por lo que tenemos acceso a una valiosa instantánea de cómo eran en el preciso instante en el que emitieron su luz. Consecuentemente, el estado evolutivo de esas mismas galaxias hoy en día será muy diferente, aunque para poder saberlo habría que esperar no solo los doce mil millones de años que ya ha tardado la luz en mostrarnos cómo eran en las primeras fases de su evolución, sino mucho más a causa de la constante expansión del universo.

Otro de los indicios que muestran que estas galaxias son jóvenes procede de los espectros tomados por VIMOS, uno de los instrumentos del VLT (Very Large Telescope, ESO) situado en Chile. El análisis de las líneas emitidas por iones de oxígeno y carbono revela que estas galaxias son muy pobres en estos elementos comparadas con galaxias parecidas, lo que demuestra que han evolucionado poco: las distintas generaciones de estrellas no han podido expulsar los elementos pesados creados en su interior una vez consumidos los elementos ligeros y haber explotado como supernovas. Otra característica notable del análisis de los espectros es que se pueden medir las velocidades con que el gas es expulsado de la galaxia a causa de los fuertes vientos estelares y las explosiones de supernova que siempre acompañan a los fenómenos de formación estelar masiva. Esos movimientos del gas son compatibles con una polución de metales del medio intergaláctico y la posible inhibición de más procesos de formación estelar en las nubes de gas que se encuentran o están cayendo en la galaxia.

Otra fuente de información en el análisis de estas galaxias la han aportado imágenes de gran resolución tomadas con el telescopio espacial Hubble. En ellas se observan morfologías complejas, lejos de la usual forma espiral o elíptica que se observa en galaxias de épocas posteriores. Esa morfología indica el papel activo que la fusión entre galaxias, la caída de gas desde fuera de los objetos y la expulsión del gas debido a vientos tiene en la formación de los discos.

Todas estas características hacen pensar que el proceso de modelado de las galaxias para formar sus elementos no se produjo a un ritmo lento y sostenido, sino que las fuerzas que intervinieron en su formación actúan de forma violenta, irregular y, a veces, simultánea. Eso mismo puede ser incluso más acentuado cuando los ambientes en que viven las galaxias son tan densos y poblados que se producen encuentros y barridos de gas con gran vigor y frecuencia. Sin duda el papel de las nuevas instalaciones y observatorios espaciales que van a estar disponibles en la próxima década nos ayudarán a confirmar si este escenario también se produce justo a las puertas de las edades oscuras, momento en que la mayoría de las galaxias, incluso la nuestra, se formaron.

...Bernd Funke (IAA)

Nueva interacción Sol-Tierra

Nacido en 1968 en Hannover (Alemania), licenciado y doctorado en la Universidad de Karlsruhe. Desde el año 2000 trabaja en el IAA, comprometido con la observación de la atmósfera terrestre y el estudio de sus procesos radiativos, dinámicos y químicos. Actualmente es científico titular del CSIC.

El instrumento espacial que me guió como hilo conductor a lo largo de mi trayectoria científica fue, sin duda alguna, el *Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding*, o MIPAS en breve. Un espectrómetro infrarrojo de alta resolución espectral que mide las emisiones térmicas de la atmósfera terrestre en el limbo y permite la obtención de perfiles verticales de temperatura y concentraciones de un gran número de compuestos químicos mediantes métodos de inversión. Ideal para el estudio de la estratosfera terrestre, un *trending topic* a finales de los 80 cuando MIPAS fue propuesto como instrumento principal de la misión ENVISAT de la ESA, solo pocos años después del descubrimiento del agujero de ozono provocado por los CFCs de origen humano.

Me tropecé con MIPAS durante mis años predoctorales, muchos años antes de su lanzamiento, involucrándome en el desarrollo de métodos de inversión. Realicé mi tesis doctoral sobre la inversión del óxido nítrico (NO), un compuesto clave para la química de la estratosfera debido a su capacidad de destruir eficientemente el ozono mediante reacciones catalíticas. Desgraciadamente, el óxido nítrico es un compuesto muy difícil de observar, debido a que sus débiles emisiones están también afectadas por el no-equilibrio termodinámico local y tiene una distribución altamente inhomogénea en la atmósfera.

ENVISAT, también llamado el "ómnibus espacial" por su enorme tamaño, fue finalmente lanzado en marzo del 2002. Algo tarde para el estudio de las causas del agujero del ozono pues, como sabemos hoy día, para entonces el ozono ya estaba en pleno proceso de recuperación. Sin embargo, las impresionantes observaciones de MIPAS obtenidas durante los diez años siguientes nos han permitido avanzar significativamente en muchos temas claves de la investigación de la atmósfera media, mas allá del agujero del ozono, y también nos han dejado algunas sorpresas.

Una de estas sorpresas ocurrió en el 2004, cuando estábamos analizado los datos del óxido nítrico obtenidos el año anterior. Aún no nos fiábamos mucho de nuestros resultados debido a las dificultades de invertir los perfiles de este compuesto cuando observamos aumentos de varios órdenes de magnitud de su concentración en la mesosfera y alta estratosfera polar durante el invierno austral. Aumentos similares los detectamos en los dos hemisferios a finales de octubre. ¿Artefacto observacional o realidad? Sabíamos por algunos estudios anteriores que semejantes aumentos podrían producirse por el impacto de protones energéticos solares que, guiados por el campo magnético terrestre, precipitan sobre la atmósfera polar, aumentan su ionización y generan compuestos químicos reactivos.

Impresión artística del satélite ENVISAT.

Una nueva interacción

Efectivamente, el 31 de octubre 2003 se produjo una tormenta solar de elevada magnitud. Recibió, por la fecha en que ocurrió, el nombre de Tormenta de Halloween y podía ser la clave para explicar nuestros resultados. Pero, ¿y los aumentos del óxido de nitrógeno a lo largo del invierno austral? Bueno, también se podían explicar por las partículas energéticas pero, en este caso, por electrones que, "atrapados" en la magnetosfera, logran escapar y precipitar sobre la termosfera polar (entre 95 y 110 kilómetros) al ser perturbados por el viento solar. El óxido nítrico producido a estas alturas se transporta hacia la estratosfera pero solo durante el invierno polar, cuando la circulación meridional va dirigida hacia los polos y hacia abajo, y la oscuridad de la noche polar evita su destrucción fotoquímica. Después de varios meses de meticulosas comprobaciones finalmente nos fiamos de nuestros resultados y pudimos publicar por primera vez un análisis global y cuantitativo de los efectos de una tormenta solar, así como de la precipitación de electrones magnetosféricos sobre nuestra atmósfera.

Hoy día, tras analizar una década de observaciones de MIPAS, sabemos mucho más: los aumentos del óxido nítrico debido a la precipitación de electrones magnetosféricos ocurren en cada invierno polar en los dos hemisferios, contribuyendo en hasta un 10% al nitrógeno reactivo disponible en la atmósfera terrestre. Y también sabemos que dejan su huella en el ozono estratosférico reduciendo su concentración en hasta un 30%. Estos efectos varían sustancialmente a lo largo del ciclo solar. Aproximadamente cada once años, unos dos o tres años después del máximo de las manchas solares, el viento solar aumenta debido a la intensificación de los agujeros coronales, y da lugar a grandes perturbaciones magnetosféricas y a la precipitación de electrones. También hemos observado los efectos de otras tormentas solares aunque de menor intensidad. Así, tras la variabilidad de la radiación solar, ¡las partículas energéticas representan una nueva interacción Sol-Tierra! Algunas simulaciones de modelos climáticos sugieren incluso un efecto notable sobre el clima (al menos a nivel regional) aunque aún es pronto para sacar conclusiones definitivas.

Hace poco ha comenzado una nueva fase del proyecto internacional de intercomparación de modelos climáticos (CMIP6), cuyo objetivo es contribuir al Sexto Informe de Evaluación (AR6) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), previsto para el año 2021. En esta fase, los modelos climáticos van a considerar por primera vez los efectos de las partículas energéticas. ¡Pronto sabremos si esta nueva interacción Sol-Tierra afecta realmente al clima! ¿Y MIPAS? Han pasado ya cinco años desde que se perdió el control de ENVISAT debido a un fallo de comunicación. El ómnibus espacial sigue orbitando (menos mal) y tal vez MIPAS sigue tomando medidas que nunca se conocerán... Sin embargo, MIPAS nos ha proporcionado varios millones de perfiles de temperatura y concentraciones de compuestos minoritarios de la atmósfera y tan solo una parte de esta valiosa base de datos está explotado científicamente. Aún quedan muchos años de análisis de datos y trabajo científico. ¿Quizás allí se esconda un nuevo Moby Dick?

La ausencia de premios Nobel a científicas: Jocelyn Bell

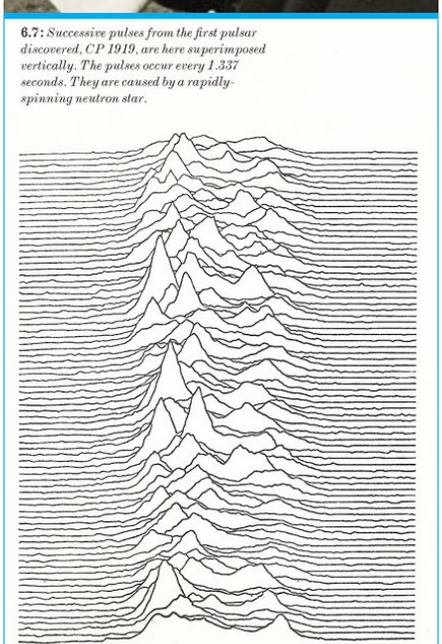
POR JOSEFA MASEGOSA (IAA)

Jocelyn Bell Burnell (1943) nació en Belfast (Irlanda) en una familia acomodada. Su padre era un arquitecto del Observatorio Armagh, lo que influyó en la vocación temprana de Jocelyn hacia la astronomía. Jocelyn cuenta que comenzó su carrera profesional a la edad de once años, cuando no pasó el examen que determinaba las aptitudes para realizar una carrera superior universitaria. Pero creyó que se merecía una segunda oportunidad y así la consiguió, a la edad de trece años, en una escuela de York en Inglaterra. En 1965 se graduó en Glasgow en contra de todas las recomendaciones del equipo de profesores, que le aconsejaron que abandonara, ya que era la única mujer en la licenciatura de física. En 1968 obtuvo su doctorado en astronomía por la Universidad de Cambridge.

Durante su tesis, dirigida por el profesor Anthony Hewish, Jocelyn trabajó en un proyecto de radioastronomía diseñado para estudiar el centelleo de fuentes de radio compactas. Su principal responsabilidad en el proyecto residía en la monitorización de las señales en radiofrecuencias procedentes de las fuentes observadas.

Los púlsares

En noviembre de 1967, Jocelyn detectó unas señales anómalas recibidas en el radiotelescopio. En principio pensó que podrían deberse a ruido de los detectores, pero siguiendo la fuente durante varios días pudo descubrir que no eran una señal espuria de los telescopios y que los pulsos mostraban una frecuencia de 10.3 milisegundos. No se conocía ningún objeto que variara de forma tan rápida, lo que hizo que Jocelyn aludiera a los "hombrecillos verdes". En principio Hewish no le dio mucho crédito al descubrimiento, pero la tenacidad de Jocelyn, que registró este evento durante ocho semanas, permitió la primera detección de un púlsar. Los cálculos realizados por ella y Hewish mostraron que podía tratarse de una estrella de neutrones rotando a gran velocidad. Jocelyn Bell Burnell había hecho uno de los descubrimientos más importantes del siglo XX. Este trabajo se publicó en la revista *Nature* en 1968 con Hewish, Bell, Pilkington, Scott y Collins como autores.



Arriba, Jocelyn Bell. Debajo, pulsos detectados en el púlsar CP1919, o púlsar de Cambridge.

El mérito negado

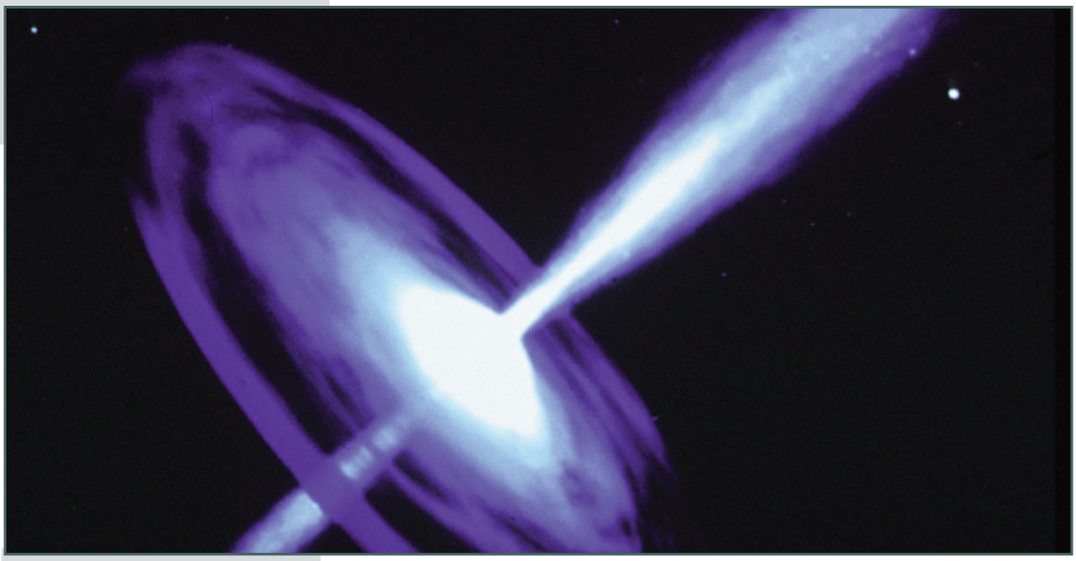
La estrella detectada por Jocelyn se conoce como el púlsar de Cambridge y se bautizó como CP1919. El nombre de Jocelyn desapareció, como ha ocurrido la mayoría de las veces en las que una mujer ha sido la autora de un descubrimiento científico. En 1974 los profesores de Cambridge Ryle y Hewish fueron galardonados con la más alta distinción en ciencia, el premio Nobel de Física por el hallazgo de los púlsares. En la comunicación del premio puede leerse "por su trabajo pionero en radio-astrofísica: Ryle por sus observaciones e invenciones, en particular en la técnica de síntesis de apertura, y Hewish por su papel decisivo en el descubrimiento de los púlsares". En el discurso de Anthony Hewish ante el comité del Nobel, él reconoce el papel decisivo de Jocelyn Bell en el descubrimiento de los púlsares y acaba el discurso agradeciendo su trabajo "por su cuidado, diligencia y persistencia que llevó al descubrimiento de los púlsares". A pesar de que el trabajo se publicó en la revista *Nature* en 1968 como Hewish, Bell, Pilkington, Scott y Collins, y que era bien conocido para toda la comunidad la participación activa de Jocelyn en este acontecimiento, no se la tuvo en cuenta para el premio Nobel. Lo más sorprendente es que Jocelyn no cejó en su empeño de continuar adelante e incluso se sintió orgullosa del honor recibido por Hewish.

Al terminar su tesis en Cambridge continuó con una carrera muy activa en astronomía en la Universidad de Southampton (1970-1973), el *University College* de Londres(1974-1982) y el Observatorio Real de Edimburgo (1982- 1989). Desde 1989 es profesora titular de la *Open University*. Por último hay que resaltar que en los últimos años de carrera profesional, entre 2001 y 2004, fue decana de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Bath; entre 2002 y 2004, presidenta de la *Royal Astronomical Society*; entre 2008 y 2010 fue presidenta del Instituto de Física del Reino Unido y desde 2014 presidenta de la Royal Society de Edimburgo. En 2013 fue elegida vicerrectora de la Universidad de Dublín. Recientemente se le ha reconocido su mérito y ha recibido múltiples honores, entre lo que me gustaría destacar el doctorado honoris causa por la Universidad de Durham en 2007, la medalla de oro del CSIC en 2015 y el doctorado honoris causa por la Universidad de Valencia en 2016.

Quiero terminar mi pequeño homenaje a Jocelyn con una frase suya (*Science* 304, p. 489, 2004): "Las mujeres y las minorías no deberían hacer toda la adaptación. Es tiempo de que la sociedad se mueva hacia las mujeres, no las mujeres hacia la sociedad".

El núcleo galáctico que se apagó y volvió a encenderse

El estudio de la radiogalaxia gigante PBCJ2333.9-2343 concluye que ha sufrido un episodio de actividad reiniciada, un fenómeno poco habitual que en este caso se ha manifestado en un cambio de orientación de los chorros que emergen del núcleo



Concepción artística de una galaxia activa, con dos chorros relativistas que emergen del núcleo. Fuente: Dana Berry (STScI).

El nombre de la galaxia es PBC J2333.9-2343, una radiogalaxia gigante que muestra características peculiares cuando se observa a diferentes frecuencias del espectro electromagnético, debido probablemente al tempestuoso pasado que ha vivido durante los últimos millones de años. Su núcleo está compuesto por un agujero negro supermasivo y dos chorros relativistas apuntando en direcciones opuestas. Al parecer, hace millones de años el núcleo de la galaxia era activo pero algo sucedió –probablemente una fusión entre dos galaxias– haciendo que la emisión del núcleo se extinguiese para volver a encenderse años después; sin embargo, durante esta nueva fase activa la dirección de los chorros parece haber cambiado de una forma excepcional.

Un grupo de científicos, liderado por trabajadores del Instituto de Astrofísica y Planetología Espacial (IAPS-INAF) de Roma y donde también colaboran científicos del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha observado esta galaxia a diferentes longitudes de onda, utilizando varios telescopios en tierra y en el espacio, entre ellos el satélite de rayos X XMM-Newton de la Agencia Espacial Europea (ESA), el telescopio óptico San Pedro Mártir en México, o el radiotelescopio de altísima resolución VLBA. El trabajo ha sido recientemente publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

EL caso de PBC J2333.9-2343 es realmente peculiar. La imagen en la banda de radio del cartografiado celeste *NRAO VLA Sky Survey* muestra dos lóbulos que se extienden alrededor de cuatro millones de años luz, mientras en el centro se observa un núcleo al parecer bastante brillante, lo cual en principio parece un tanto extraño porque el núcleo y los lóbulos no parecen estar conectados. Al analizar este núcleo con más detalle -utilizando los instrumentos de alta resolución ya mencionados– han descubierto que en el núcleo de la galaxia hay un blazar, es decir, un chorro de material relativista que está apuntando en la dirección del observador. De hecho, los datos del radiotelescopio de altísima resolución VLBA confirman la presencia de este chorro apuntando en dirección a la Tierra.

En el caso de que los dos lóbulos extensos que se ven en el VLA tuviesen la misma dirección del chorro que se observa en el VLBA, la proyección lineal daría lugar a una extensión mayor de cuarenta y dos millones de años luz, mientras que las galaxias más grandes jamás observadas tienen dimensiones que no superan los dieciséis millones de años luz. Por tanto, es bastante improbable que estos chorros estén relacionados directamente.

Actividad reiniciada

Alternativamente, este grupo de científicos, liderado por Lorena Hernández García y Francesca Panessa, han explicado esta discrepancia como un cambio en la dirección del chorro. Para poder entender por qué estas dos estructuras coexisten en la misma galaxia necesitamos hablar de escalas temporales, puesto que una galaxia puede vivir miles de millones de años y durante su vida experimentar diversas fases de actividad nuclear y fases más tranquilas. Los chorros se producen en el núcleo cuando está activo, y el tiempo necesario para que estos viajen hasta distancias que las caracterizan como radiogalaxia gigante puede llegar a ser del orden de cientos de millones de años. Sin embargo, la escala temporal para pasar de actividad a inactividad puede ser más corta, incluso de unos pocos miles de años. Por tanto, lo que vemos en la imagen del VLA es la emisión de dos fases de actividad diferentes, donde los lóbulos son parte de la emisión de antiguos chorros que vivieron muchos años pero actualmente no son activos, es decir, son la reliquia de una vieja actividad nuclear. Por otra parte, el potente núcleo es debido a un nuevo episodio de actividad nuclear que está sucediendo actualmente y donde el chorro se está expulsando en una dirección alternativa.

No es la primera vez que se observa un cambio en la dirección de un chorro relativista. Sin embargo, este tipo de cambio se puede observar en la morfología de la galaxia a longitudes de onda de radio, que viene caracterizada por dos pares de lóbulos en forma de X que se pueden ver en escalas espaciales diferentes, es decir, se pueden observar los viejos chorros que se extienden hasta distancias más grandes, y los nuevos a distancias más cortas. Así, el caso de PBC J2333.9-2343 es extraordinario en el sentido de que no se observa esta morfología, sino que las diferentes fases de actividad se han podido detectar mediante métodos indirectos. Aún queda descubrir a qué se debe esta actividad reiniciada (del inglés *restarting activity*) en los núcleos de las galaxias. Digamos que para cambiar la dirección de un chorro relativista algún suceso violento ha debido suceder en el centro de la galaxia, por ejemplo la fusión entre dos galaxias o

Concepción artística de un blazar. Fuente: *NASA/Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab.*

algún cuerpo menor, de modo que a la vez de reactivar el núcleo también produzca este cambio. Hasta el momento son pocas las galaxias donde se ha detectado actividad reiniciada, y todas ellas se clasifican como radiogalaxias gigantes. Sin embargo, debido al impacto que los chorros relativistas pueden tener sobre la galaxia anfitriona, entender cómo funciona esta actividad reiniciada es de esencial importancia para comprender la naturaleza y evolución de las galaxias, así como para poder estimar escalas temporales en las cuales este tipo de actividad está sucediendo, puesto que, como es obvio, el tiempo en el que vivimos los humanos es mucho menor que estas escalas y, por tanto, no somos capaces de estudiar la evolución de las fases activas e inactivas durante nuestra corta vida. En su lugar, los astrónomos observamos muchas galaxias en diferentes estadios, de modo que podamos entender su evolución.

Así pues, este grupo de científicos seguirá trabajando en el descubrimiento de galaxias donde la actividad se ha reiniciado, y continúan trabajando con datos de PBC J2333.9-2343 con el propósito de comprender qué ha sucedido en las partes más internas de esta galaxia.

Lorena Hernández García (IAPS-INAF)

OCTOCAM, liderado por el IAA, será el próximo instrumento de Gemini

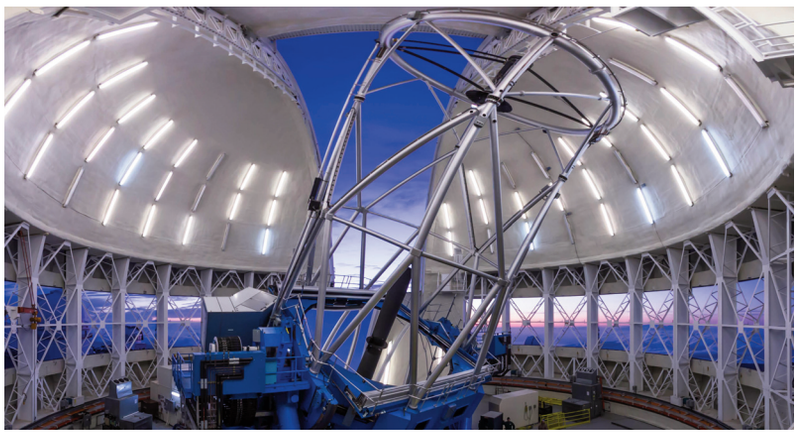
OCTOCAM multiplicará la potencia del telescopio Gemini Sur observando simultáneamente en ocho bandas

▶ 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 a todo el cielo. En 2014, Gemini realizó una llamada para estudios de viabilidad de futuros instrumentos, entre los seleccionados se hallaba OCTOCAM, un ambicioso proyecto encabezado por investigadores del grupo HETH (*High Energy Transients and their Hosts*) del IAA-CSIC. El proyecto ha sido seleccionado para su construcción y financiado con un presupuesto de quince millones de dólares.

"OCTOCAM se ha diseñado para revolucionar la investigación en múltiples campos de la astrofísica. Para ello, un amplio grupo internacional de investigadores ha seleccionado los casos científicos más punteros de cada rama, y eso se ha utilizado para definir las características técnicas que permitirán a OCTOCAM contribuir a responder a las grandes preguntas que nos plantea la astrofísica", apunta Antonio de Ugarte Postigo, investigador del IAA-CSIC que lidera el proyecto.

OCTOCAM utilizará ocho detectores de última generación para observar simultáneamente en el óptico y en el infrarrojo, y alcanzará velocidades de lectura de decenas de milisegundos. Estas características, unidas a su excepcional sensibilidad, lo convierten en un instrumento sin igual hasta la fecha, capaz de multiplicar por ocho la potencia de un gran telescopio.

Aunque el instrumento se ha diseñado para satisfacer las necesidades de muchas áreas de investigación, OCTOCAM está optimizado para el estudio de objetos transitorios: eventos muy energéticos y distantes como las explosiones de rayos gamma o las supernovas. "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.



OCTOCAM se instalará en el telescopio Gemini Sur, en Chile, y dará soporte al proyecto LSST (*Large Synoptic Survey Telescope*), un telescopio que detectará miles de objetos transitorios cada noche. Así, OCTOCAM aportará una visión privilegiada de los distintos tipos de supernovas, de sus estrellas progenitoras y de la física de la explosión; de la formación y evolución de las estrellas de neutrones; de las explosiones de rayos gamma, que permiten explorar el universo hasta la época de la formación de las primeras estrellas; o de los agujeros negros, tanto estelares como supermasivos.

OCTOCAM trabajará además 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 la evolución química de las galaxias, entre otros.

El instrumento, que se entregará en 2022, será el primero liderado desde fuera de los miembros asociados a Gemini.

¿Por qué es importante detectar agua en el espacio?

De las nubes a los ríos, y de los glaciares a los océanos, el agua se encuentra en todo el planeta Tierra. Menos conocido es, sin embargo, cuán abundante es la molécula en el espacio

A diferencia de lo que ocurre en la Tierra, la mayor parte del agua que se halla en el espacio toma la forma de vapor o de capas de hielo adheridas a los granos de polvo interestelar. Esto se debe a que la densidad extremadamente baja del espacio interestelar, billones de veces menor que la del aire, impide la formación de agua líquida.

Las moléculas de agua experimentan fluctuaciones en su nivel de energía. Este hecho nos permite observarlas y se conoce como transiciones del agua. Cada transición tiene asociada una longitud de onda exacta en la que las moléculas de agua emiten luz (invisible al ojo humano) cuando van de un estado cuántico a otro.

La mayoría de estas transiciones no son muy energéticas, por lo que las observamos en el infrarrojo lejano, con longitudes de onda que oscilan entre las cincuenta y las mil micras. Observar las transiciones del agua desde tierra resulta muy difícil porque el vapor de agua de la atmósfera bloquea casi por completo la emisión procedente del espacio. Sin embargo, las mejoras en la tecnología y el desarrollo de nuevos telescopios permiten detectar algunas de las transiciones que antes nos estaban vedadas. Para observarlas hay que ir a observatorios situados a gran altitud y en lugares extremadamente secos, como el *Atacama Large Millimeter Array* (ALMA), situado en el desierto de Atacama (Chile) a cinco mil metros sobre el nivel del mar.

En un estudio que hemos publicado recientemente en *Astronomy & Astrophysics* utilizamos ALMA para detectar por primera vez en el espacio la transición del agua a 670 micras procedente de una galaxia espiral situada a unos 160 millones de años luz. La emisión de vapor de agua en esta galaxia se origina en su núcleo, donde se concentran los procesos de formación de estrellas y cuyo diámetro mide unos quince millones de veces la distancia de la Tierra al Sol.

Pero, ¿qué distingue esta transición del agua de otras observadas en el pasado? Nuestro análisis muestra que las moléculas de agua incrementan su emisión cuando entran en contacto con fotones de luz infrarroja y este aumento en la actividad hace que sean más fáciles de detectar. Las moléculas de agua se sienten atraídas por fotones con longitudes de onda de 79 y 132 micras que, cuando se absorben, dan lugar a la transición del agua que observamos a 670 micras. Por esta razón, esta transición concreta del agua tiene la capacidad de mostrarnos la intensidad de la luz infrarroja en el núcleo de galaxias, a escalas espaciales mucho más pequeñas que las permitidas por observaciones infrarrojas directas.

La luz infrarroja se produce durante eventos como el crecimiento de agujeros negros supermasivos o episodios extremos de formación estelar. Estos acontecimientos ocurren generalmente en ambientes extremadamente oscurecidos donde la luz óptica es absorbida casi por completo por granos de polvo. La energía absorbida por estos granos de polvo aumenta su temperatura y hace que empiecen a emitir radiación térmica en el infrarrojo.

El estudio de estos eventos oscurecidos puede darnos mucha información sobre cómo se comporta el universo, por lo que la detección de transiciones de agua, que pueden capturar esta luz infrarroja, resulta fundamental.

En el futuro, planeamos observar esta transición del agua en otras galaxias donde el polvo bloquea la luz óptica. Esto revelará lo que se esconde detrás de estas nubes de polvo y nos ayudará a entender cómo las galaxias evolucionan desde espirales con altas tasas de formación de estrellas, como la Vía Láctea, hasta galaxias elípticas envejecidas donde ya no nacen nuevas estrellas.

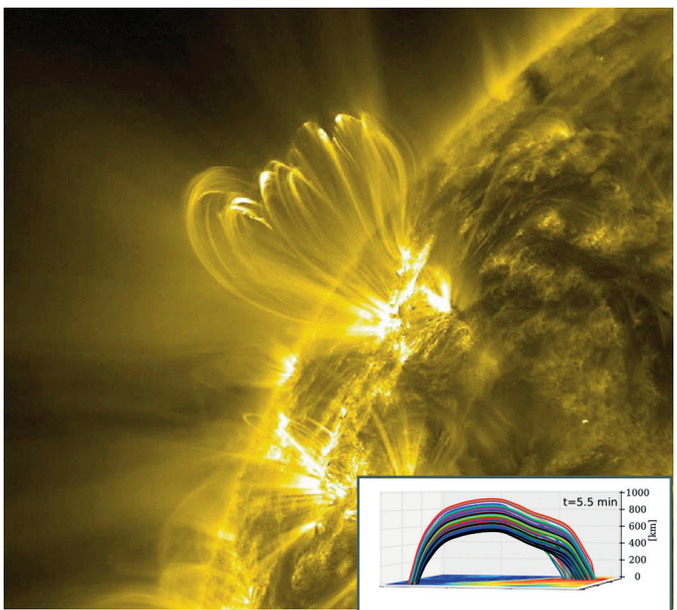
Miguel Pereira Santaella
(Universidad de Oxford)

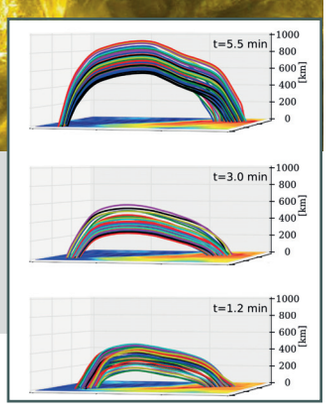
Este artículo ha sido publicado previamente en el blog de ciencia de la Universidad de Oxford (Oxford Science blog).

El observatorio ALMA.

El instrumento español IMaX analiza en detalle cómo se comporta el Sol en plena actividad

IMaX es un magnetógrafo desarrollado para la misión SUNRISE, que observó el Sol desde un globo estratosférico en el Ártico





Arriba, bucles magnéticos en el Sol (NASA). A la derecha, reconstrucción de la evolución de un bucle magnético a lo largo de varios minutos con datos de IMaX.

La publicación estadounidense *The Astrophysical Journal* ha publicado un suplemento de diecisiete artículos sobre los resultados de la misión SUNRISE, un telescopio solar de un metro de diámetro que, durante sendos viajes de cinco días en globo circunvolando el Ártico, estudió la superficie del Sol con un detalle de unos cien kilómetros, una resolución única. Si en su primer vuelo SUNRISE permitió analizar lo que se conoce como el Sol en calma, que mostró una actividad inesperada, el segundo vuelo ofreció una excelente vista de las regiones activas del Sol.

La actividad solar ha sido asociada a pequeñas edades de hielo en la Tierra o apagones a gran escala, como el que afectó a toda la provincia de Quebec (Canadá), debido a una tormenta solar en 1989. También puede deteriorar los satélites en órbita y producir cortes en las comunicaciones. "Vivimos en la atmósfera extendida de una estrella, el Sol, de modo que resulta imprescindible conocer su comportamiento e intentar predecirlo", apunta Jose Carlos del Toro Iniesta, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que dirige y coordina la participación española en SUNRISE y cuyo grupo participa en catorce de los diecisiete artículos del suplemento.

La clave de la actividad

El Sol muestra un ciclo de once años a lo largo de los que la actividad, traducida en el número de manchas y de fenómenos violentos, asciende hasta alcanzar un máximo y disminuye después hasta el mínimo solar. El origen de esta actividad reside en el campo magnético, que se genera en el interior del Sol y constituye un vínculo con las capas externas y un medio de almacenamiento, transporte y liberación de energía a lo largo de la superficie y la atmósfera solar. Un campo magnético que, finalmente, determina lo que se conoce como el "clima espacial" de todo el Sistema Solar.

Pero aún no se comprenden del todo la estructura interna, las interacciones o los procesos físicos que gobiernan las estructuras magnéticas del Sol, y el instrumento IMaX está resultando extremadamente eficiente para ahondar en estas cuestiones.

Regiones activas, bombas y tubos magnéticos

El campo magnético emerge hacia la superficie generalmente en forma de bucles, cuyos pies presentan polaridades opuestas. Este sería el origen de lo que se conoce como región activa, y en este segundo vuelo IMaX pudo observar, con alta resolución, los primeros pasos en la aparición de dos de ellas. Así pudo describirse con extremo detalle cómo el campo magnético interactúa con el material de la superficie del Sol, arrastrándolo en su camino. Este material, que funciona como lastre, termina por caer siguiendo las líneas de campo magnético y forma cascadas a los pies del bucle, que anclan el campo magnético a la fotosfera, o superficie visible del Sol. Finalmente, se detecta un aumento del brillo y un descenso del flujo magnético, que los investigadores interpretan como una reconexión magnética, o reconstrucción del campo magnético solar.

Estas reconexiones magnéticas, que tienen lugar frecuentemente en el Sol y en las que la energía magnética se convierte en calor, generan a veces fenómenos más intensos, e IMaX detectó y analizó lo que se conoce como bomba de Ellermann, un aumento explosivo y localizado del brillo y la temperatura que se relaciona con las regiones activas jóvenes y aún en desarrollo.

Se cree que las bombas de Ellermann responden a reconexiones magnéticas y se observan como llamaradas que parecen arraigadas a la fotosfera. Sin embargo, los datos de IMaX y las simulaciones computacionales asociadas muestran que esos drásticos cambios en la arquitectura del campo magnético solar se producen a mayor altura, unos doscientos kilómetros por encima de la fotosfera.

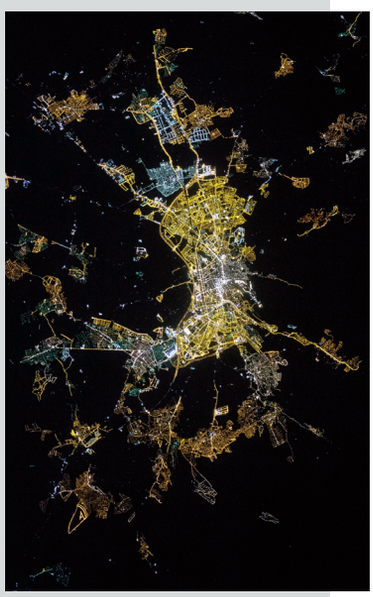
Otro resultado destacable de IMaX analiza los tubos a través de los que emerge el campo magnético. En ocasiones, estos tubos pueden convertirse en circuitos por los que fluye el plasma solar, y deberían observarse como un par de concentraciones magnéticas con distintas polaridades unidas por una serie de líneas de campo magnético.

"La observación directa de estas líneas había resultado imposible hasta ahora, pero los datos adquiridos con IMaX han permitido no solo resolver la topografía magnética de un tubo en tres dimensiones, sino también seguir su evolución durante tres minutos", destaca Jose Carlos del Toro Iniesta (IAA-CSIC). La reconstrucción muestra cómo el arco asciende mientras sus pies van separándose, y la secuencia finaliza cuando la estructura sobrepasa la fotosfera, lo que indica que muy posiblemente estas estructuras también puedan observarse en la cromosfera, o la envoltura externa del Sol. "La misión SUNRISE, e IMaX concretamente, se han revelado como potentes herramientas para el estudio del Sol. Ya estamos preparando un tercer vuelo de la misión que tendrá lugar en 2021, con un nuevo IMaX+ y otro instrumento, el espectropolarímetro SCIP, adelanta Jose Carlos del Toro (IAA-CSIC). El primero seguirá siendo íntegramente español y el segundo lo hacemos con nuestros colegas japoneses de NAOJ".

Silbia López de Lacalle (IAA)

Los niveles de contaminación lumínica podrían doblarse si se ignora el color de la iluminación

Los sensores más usados son ciegos al color de la iluminación



Arriba, imagen de la iluminación nocturna en la Península Ibérica tomada desde la Estación Espacial Internacional. Fuente: NASA.
Dcha. Imagen de la ciudad de Granada tomada por los astronautas de la Estación Espacial Internacional. Se aprecian claramente los diferentes colores de las nuevas instalaciones de alumbrado LED (color ocre, blanco y azulado) y en color naranja y amarillo las lámparas de sodio. Fuente: Cities at Night/IAA/UCM/ESA/NASA 2015.

▶ La preocupación por la contaminación lumínica surgió en el ámbito astronómico, por la pérdida de calidad del cielo que perjudica las observaciones y que ha provocado incluso el cierre de observatorios históricos, como el de Monte Wilson en Los Ángeles. Sin embargo, en la última década han proliferado estudios que relacionan el exceso de iluminación nocturna con problemas en nuestra salud y con perjuicios en los ecosistemas que, sumados al derroche energético, muestran la importancia de regular la contaminación lumínica.

Ahora, un estudio liderado por el IAA muestra que los sensores más comunes para monitorizar la contaminación lumínica en todo el mundo -*Sky Quality Meter* (SQM) y los satélites VIIRS y DMSP- tienen una limitación fundamental para trazar la evolución de la contaminación lumínica: son sensores "daltónicos" y no ven en color.

"Aunque las imágenes de iluminación nocturna que estamos acostumbrados a ver muestran color, se trata de una interpretación artística de imágenes en blanco y negro -apunta Alejandro Sánchez, investigador del IAA que encabeza el estudio-. Así, el recientemente publicado Atlas Mundial de la Contaminación lumínica solo representa la punta del iceberg, como los autores ya reconocían en el artículo, ya que fue calibrado principalmente con este tipo de dispositivos".

En el estudio se muestra cómo el sensor más popular para trazar la evolución de la contaminación lumínica desde tierra, el SQM, podría estar dando valores iguales para una ciudad iluminada con sodio y otra con LEDs blancos de 3000 kelvin cuando, en realidad, puede haber un 100% más de contaminación lumínica en el segundo caso (los kelvin son la medida empleada para medir la temperatura de color de los LEDs).

"Esto es muy importante porque nos hallamos en un momento crucial: en ciudades de todo el mundo se están sustituyendo las lámparas de sodio tradicionales por dispositivos LED, y vemos que en este caso es fundamental controlar el color ya que podemos tener la falsa sensación de estar reduciendo la contaminación lumínica cuando en realidad la estamos duplicando", señala Alejandro Sánchez (IAA-CSIC).

El estudio indica cómo el cambio a LEDs blancos puede llegar a contaminar lo mismo que las tradicionales lámparas de sodio, pero para ello es necesario bajar la potencia al menos a un 42% y no emitir luz directa por encima de la horizontal.

Gracias a las conclusiones de este estudio, ratificadas por un informe del Departamento de Energía de Estados Unidos, los Ayuntamiento de Montreal y Quebec han decidido modificar su plan de alumbrado público, reduciendo a un tercio la intensidad de los nuevos LEDs, con el compromiso de no usar iluminación que supere los 2700 kelvin.

"La contaminación lumínica es un problema serio, que debe abordarse desde las agendas políticas. No solo por sus consecuencias sobre nuestra salud o los ecosistemas, sino porque solo en España supone un derroche de entre 655 y 1255 millones de euros anuales", señala Sánchez (IAA-CSIC).

Soluciones al problema

Existen actualmente sistemas para controlar de manera eficiente la evolución de la contaminación lumínica mediante nuevos sensores: la Universidad Complutense de Madrid ha diseñado un sensor sensible al color y Unihedron, el fabricante del SQM, trabaja en la solución del problema. También pueden resultar muy eficaces las imágenes tomadas por los astronautas con cámara reflex desde la Estación Espacial Internacional, un recurso empleado en el proyecto *Cities at night* (www.citiesatnight.org).

Además, el uso de nuevos modelos de propagación de la contaminación lumínica que tengan en cuenta estos factores es fundamental para su control. Otra solución reside en el uso de LEDs de tipo ámbar o temperatura de color inferior a 2200 k, que no presentan el problema que presenta el cambio de iluminación a LED blancos.

La calidad del cielo desde el IAA

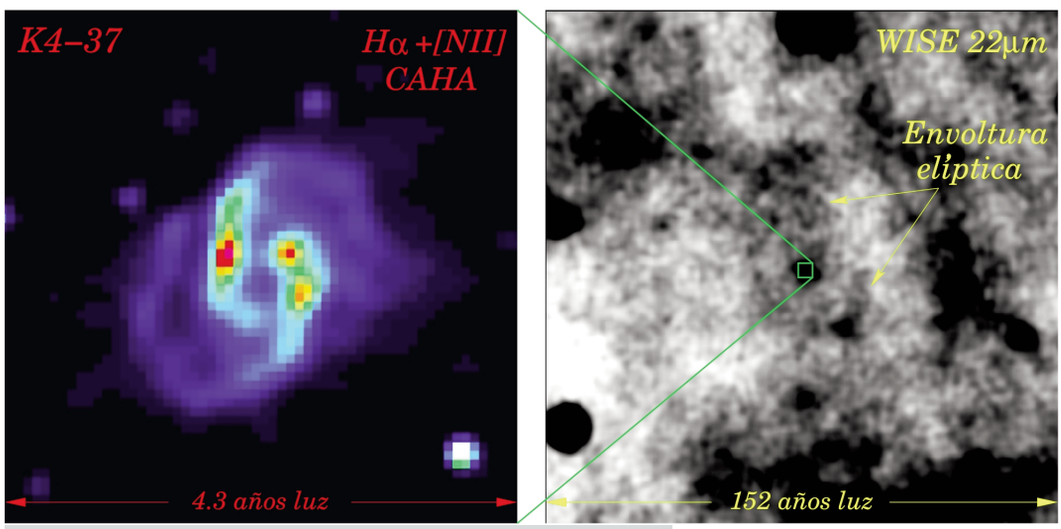
El IAA-CSIC creó en 2016 la Oficina de Calidad del Cielo para asesorar a instituciones y proteger los observatorios de Andalucía. En el primer año de existencia ha resuelto ya más de cincuenta consultas y lleva a cabo un trabajo de control vía satélite de las fuentes de contaminación que afectan a los observatorios.

Entre los trabajos que realiza la oficina se encuentra un estudio de la relación entre la luz detectada desde satélite y cáncer de mama y próstata, un nuevo programa de modelización 3D de la contaminación lumínica, la teledetección usando globos estratoféricos, y un concurso de fotografías de contaminación lumínica en espacios protegidos. La Oficina también asesora a municipios que quieran promover el astroturismo en su región y obtener certificaciones de calidad del cielo.

Gran parte de estos trabajos se realizan dentro del proyecto Europeo *Stars4all*.

Rebobinando la evolución estelar: los últimos 400.000 años de pérdida de masa de una estrella

El estudio de K4-37 permite trazar la historia desde sus últimas fases hasta su fin como estrella. La investigación emplea datos del Observatorio de Calar Alto y del de San Pedro Mártir (México)



Izda: imagen en falso color de K4-37, obtenida con CAFOS en el telescopio de 2.2 metros del Observatorio de Calar Alto (CAHA). Las zonas en azul oscuro muestran las regiones más débiles de la nebulosa, y las rojas y amarillas las más brillantes. Dcha: imagen de archivo del satélite WISE, donde el color oscuro muestra regiones más brillantes y se señala la posición de la envoltura elíptica de polvo detectada.

Las nebulosas planetarias constituyen la última fase en la evolución de las estrellas con una masa inicial de entre 0,8 y 8 masas solares, y aparecen como una estrella central compacta (los restos de la estrella progenitora) rodeada de una envoltura brillante de gas en expansión, producto de la fase anterior de gigante roja durante la que la estrella expulsa sus capas externas. En unas decenas de miles de años las planetarias se dispersan en el medio interestelar y, aunque a día de hoy se conocen más de tres mil quinientas, la carencia de observaciones adecuadas de muchas de ellas impide situarlas en un contexto evolutivo general. El estudio de K4-37, una de estas planetarias aún no observadas, ha aportado nuevas pistas hacia ese contexto.

"Disponíamos de imágenes de K4-37 obtenidas con CAFOS, un instrumento del telescopio de 2.2 metros del Observatorio de Calar Alto, hace casi veinte años. Debido a la baja calidad del cielo no nos pareció un objeto atractivo, pero nuevos datos obtenidos en 2014 y con mejores condiciones revelaron interesantes detalles, lo que nos impulsó a estudiar a fondo esta nebulosa", apunta Luis Miranda, investigador del IAA-CSIC que encabeza la investigación.

Una nebulosa con varios ejes y una vieja envoltura de polvo

Las nuevas imágenes muestran la configuración que ya se conocía, en la que destacan un toroide ecuatorial y dos lóbulos bipolares (una estructura típica en muchas planetarias). Además, las imágenes revelan distorsiones en los lóbulos y, a partir de la reconstrucción de la estructura tridimensional de la nebulosa, ha podido determinarse que el toroide central y los lóbulos no son perpendiculares entre sí, sino que su proyección en el cielo hace que se observen como tales.

"Nuestro análisis muestra la existencia de tres ejes diferentes en K4-37, lo que indica que no se trata de una simple nebulosa bipolar sino de un objeto más complejo cuya formación requiere la intervención de varias eyecciones bipolares y en distintas direcciones. La edad estimada de la nebulosa, unos diez mil años, implica que K4-37 se halla en un estadio muy avanzado en su evolución", señala Miranda.

Los investigadores han logrado, además, recabar información sobre la estrella progenitora de la nebulosa planetaria, que se halla a unos 45.700 años luz de distancia. Mediante el estudio de las abundancias de ciertos elementos químicos presentes en K4-37, que son el resultado de las reacciones nucleares que tuvieron lugar en la estrella a lo largo de su vida y que están estrechamente relacionados con su masa inicial, se ha establecido que la estrella progenitora tenía una masa inicial de entre cuatro y seis masas solares. Igualmente, se ha calculado el tamaño de la nebulosa en el rango óptico, unos 2,3 x 0,8 años luz.

El análisis de las imágenes de la nebulosa en el catálogo del satélite WISE, que observa en el infrarrojo, reveló otro detalle inesperado. "Hallamos que la nebulosa se encuentra rodeada por un enorme envoltura elíptica de polvo, de unos 43 x 26 años luz de tamaño, con una edad de unos 430.000 años. Si la edad de la nebulosa en el óptico marca, aproximadamente, el momento en el que la estrella central entró en la fase de nebulosa planetaria, la envoltura elíptica corresponde a la etapa previa de gigante roja, en la que tiene lugar una gran pérdida de masa", indica Miranda (IAA-CSIC).

Este tipo de envolturas de polvo se han observado en estrellas muy evolucionadas, como resultado de la interacción entre el gas expulsado en las últimas fases y el medio interestelar. Sin embargo, se trata de la primera vez que esta estructura se detecta en una nebulosa planetaria envejecida y, además de mostrar un tamaño muy superior a las conocidas, su forma elíptica resulta poco compatible con la forma esférica en la que se espera se produzca la eyección de material en las gigantes rojas. Los investigadores sugieren que esa forma elíptica podría deberse a la interacción con el campo magnético interestelar o a la existencia de una estrella compañera.

"Existe un gran contraste entre la sencilla forma de la envoltura elíptica y la compleja estructura de la nebulosa. Esto apunta a que, justo en el periodo anterior a la entrada en la fase de planetaria o durante la misma, se produjo un cambio fundamental en algunas de las propiedades de la estrella que generó esas morfologías.

Curiosamente, la estrella central del K4-37 aún no ha podido detectarse, y puede que se trate de una estrella binaria, lo que explicaría la complejidad de la nebulosa", concluye Luis Miranda (IAA-CSIC). La investigación ha sido fruto de una colaboración entre el IAA-CSIC, el Instituto de Astronomía-UNAM y la Universidad de Sonora.

SALA limpia

por Miguel Abril (IAA)

la respuesta:

¿Tomarán las máquinas el control algún día y se rebelarán contra nosotros?
1. Sí.
2. No.
3. Da igual, porque de todas formas los caminantes blancos van a terminar con todos.

El concepto de inteligencia artificial está implícito en el desarrollo de las computadoras desde sus orígenes. A pesar de que los ordenadores son básicamente máquinas de calcular muy rápido y con mucha precisión, y está claro que eso no es lo que entendemos por inteligencia, ya en 1950 Alan Turing, en su ensayo *Computing Machinery and Intelligence*, se planteaba si alguna vez se podría diseñar una máquina que pensase por su cuenta. La respuesta a su propia pregunta fue el test que lleva su nombre y que ha dado pie a innumerables argumentos de películas de ciencia ficción (*Blade Runner* y *Ex-Machina* son dos ejemplos evidentes). Probablemente el público general, más allá de los expertos en el tema, empezó a tomarse en serio la idea de que las máquinas pudieran superar a los humanos en 1997, cuando el ordenador *Deep Blue* venció al campeón mundial Gary Kasparov en una serie de seis partidas. Claro que esa tampoco es la prueba definitiva, porque el ajedrez está muy relacionado con la memoria y el cálculo de probabilidades, y eso a ellos se les da muy bien. Hoy hay aplicaciones informáticas capaces de realizar funciones tradicionalmente más asociadas a capacidades humanas, como escribir ciertos textos periodísticos en diarios y revistas (Los Angeles Times y Forbes, por ejemplo). No es que te mueras de risa con ellos, pero dan información precisa y concreta, y con toda seguridad con menos faltas de ortografía que las que se descubren últimamente en la prensa escrita. Actualmente se investiga en el desarrollo de máquinas que aprenden de sus propios errores y otros aspectos más propios de la inteligencia humana que de la programación tradicional de algoritmos, como la detección de patrones. Diversos proyectos se centran en la interacción máquinas-cerebro, desarrollando interfaces de control de sistemas complejos mediante sensores que recogen las ondas cerebrales. Otra iniciativa, bautizada como *Human Brain Project*, pretende realizar una simulación en supercomputadora del cerebro humano, que resultará fundamental para conseguir a medio plazo una interfaz de interconexión entre este y las máquinas (BIC, *Brain Interface Computer*). Mención aparte merece el proyecto *Inititative 2045*, cuyo objetivo es nada más y nada menos que transferir la estructura cerebral humana completa a un avatar. La cosa tiene su miga, y da pie a discusiones filosóficas. ¿Dónde reside el espíritu humano? ¿Existe un alma separada del cuerpo físico, o ambas son parte de lo mismo? Si, como sostienen algunos, el cerebro no solo alberga recuerdos y conocimientos, sino que también nuestra consciencia y nuestra alma son pura química que se desarrolla en la red neuronal, la transferencia de dicha red a una máquina compleja equivaldría a convertirnos en seres inmortales.

Pero vamos a lo interesante: la pregunta. ¿Tomarán las máquinas el control algún día y se rebelarán contra nosotros? A mí estas cosas siempre me habían parecido una chorrada. Mucha máquina, mucha máquina, pero mientras el doctor Doofenshmirtz de turno (reto a los más frikis del lugar a que recuerden quién es este villano) se siga acordando de ponerle a sus creaciones un botón de apagar, no vamos a dejar de tener el control. Ahora, sin embargo, no lo tengo tan claro. Un botón de apagar te serviría si viniera un Terminator a por ti y te diera tiempo a despistarlo bailando 'Despacito' (es solo una opción, hay otras) para que tu compañero de aventuras en el Día del Juicio Final pudiera deslizarse por detrás hasta encontrar el interruptor. Porque sí, un *Terminator* es una máquina de alta tecnología, pero algún tipo de baterías debe llevar, digo yo. Por suerte o por desgracia, la situación es bastante más compleja. Un ataque de las máquinas no tendría su origen en robots individuales que te dispararan proyectiles explosivos o te cortaran en dos con un láser de alta potencia (qué pena, porque matarte, te mata, pero mola un montón), sino en el descontrol generalizado del entramado tecnológico que hemos montado para sostener nuestra civilización. Dos pruebas del poco control que tenemos sobre el monstruo que hemos creado se han dado hace solo unos días. La primera, el ciberataque a empresas a escala mundial que se produjo a principios de mayo de 2017 y que trajo en hacker, perdón, en jaque, a toda la seguridad del planeta. Según parece, no tuvo consecuencias más graves porque a un chaval de catorce años se le ocurrió comprar un dominio de internet por diez libras. No, yo tampoco entiendo nada. La segunda, el caos informático originado por la caída de servidores de la compañía British Airways, que dejó a miles de viajeros en tierra sin necesidad de que ningún avión se averiase ni ningún controlador decidiera pedir un aumento de sueldo. Así que la situación, más que "¡Las máquinas se han vuelto locas! ¡Entretén al Terminator, a ver si puedo rodearlo y encuentro el botón!", sería más parecida a "¡Las máquinas se han vuelto locas! ¡Apaga la nube!". Y no, amigo, la nube no se puede apagar. Y, si se consiguiera hacer, tal vez anularíamos la amenaza de las máquinas, pero a la vez provocaríamos el descontrol en procesos fundamentales en la vida moderna (medios de transporte, generación y distribución de energía, coordinación de fuerzas del orden, gestión de emergencias, por poner unos pocos ejemplos) y la pérdida irreparable de datos críticos para el funcionamiento de nuestra sociedad tecnológica. En último término, las consecuencias podrían ser tan graves como… ¡la pérdida de la receta de las torrijas de la abuela! Salvo para los seguidores de esta sección, claro, que en su momento (ver número 44) fueron debidamente informados de estos riesgos y la almacenaron en un trozo de papel o en tablillas de barro cocido con escritura cuneiforme. Conclusión: cuidado con las máquinas, que son más traicioneras que el colesterol malo. Todo esto podría parecer una simple paranoia de este humilde articulista, si no fuera porque lo respaldan opiniones de gente que sabe mucho más. Como Elon Musk, que afirma que "la IA es potencialmente más peligrosa que las armas nucleares", o un tal Stephen Hawking: "Una vez que los seres humanos desarrollen la IA, esta despegará por sí misma y se rediseñará a un ritmo cada vez mayor. Los seres humanos, limitados por la lenta evolución biológica, no podrán competir". Hawking también dice que mejor no contactar con civilizaciones extraterrestres, que si vienen va a ser peor. Igual tienes razón, Stephen, pero… qué curiosidad, ¿no?

la pregunta:

Que no, que no hay pregunta. Una vez más mi capacidad de enrollamiento me ha llevado a quedarme sin espacio. Necesitaría una nanopregunta… Uhmmmm… Nano… Robots… ¡Venga, vale!: en el próximo número, robots diminutos.

POR MAYRA OSORIO (IAA-CSIC)

¿PUEDE UNA ESTRELLA DESENCADENAR LA FORMACIÓN DE OTRA?

Pilares científicos

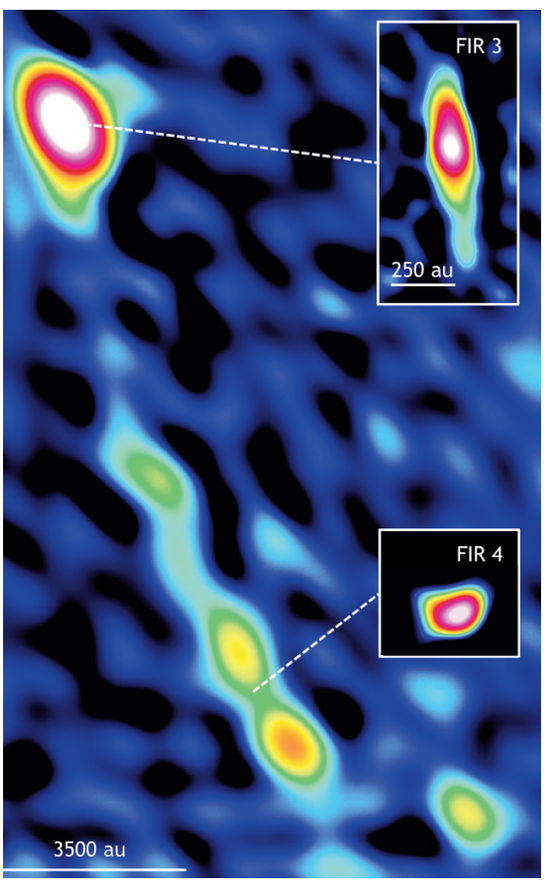
Las estrellas de baja masa, como el Sol, se forman a partir de fragmentos de grandes nubes de gas y polvo, que se contraen hasta que se forma un objeto central, o protoestrella, que crece acumulando material mediante un disco en rotación a su alrededor. Simultáneamente, la estrella expulsa el material sobrante a lo largo de su eje polar en forma de un potente chorro, o jet.

La región conocida como OMC-2, situada a una distancia de unos mil cuatrocientos años luz en la nube molecular de Orión, es una de las regiones de formación estelar más activas conocidas. Una región así resulta única para estudiar cómo nacen las estrellas, observando objetos de diferentes edades, masas y situados en diversos entornos. Desde hace algunos años la protoestrella HOPS 108 (HOPS son las siglas en inglés de *Herschel Orion Protostar Survey*), que no parecía ser intrínsecamente muy luminosa, llamó la atención porque parecía coincidir con una fuente intensa de radiación infrarroja y radio llamada FIR 4.

Recientemente, investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) han coordinado un estudio que emplea nuevas observaciones en radio con el *Karl G. Jansky Very Large Array* (VLA), que arroja nueva luz sobre el origen este objeto.

Comparando los nuevos datos con los obtenidos dieciocho años atrás, los investigadores han logrado establecer el origen y medir las velocidades de las fuentes de emisión radio de la región.

El nuevo trabajo permite concluir que la intensa emisión en radio que se observa en las cercanías de HOPS 108 en realidad forma parte de un potente jet que emerge de la estrella vecina HOPS 370 (también conocida como FIR 3) moviéndose a gran velocidad, mientras que la emisión en radio de HOPS 108 es intrínsecamente mucho más débil. Puesto que HOPS 108 es más joven, y se encuentra justo en la trayectoria del jet que emerge de HOPS 370, resulta atractivo considerar la posibilidad de que este haya sido el responsable de su nacimiento. El chorro de HOPS 370 pudo haber chocado con una región más densa, comprimiendo el gas y provocando inestabilidades que resultarían en su colapso y la formación de HOPS 108. Puesto que el chorro de HOPS 370 se mueve a gran velocidad, pudo haber alcanzado la posición donde se encuentra HOPS 108 en solo unos pocos cientos de años, siendo por tanto una posibilidad muy viable. Este escenario de formación estelar inducida había sido sugerido debido a la evidencia de choques en la proximidad de este objeto. Los nuevos datos confirman los detalles de este escenario de formación inducida y aclaran el origen de la baja luminosidad de la protoestrella HOPS 108 y la alta luminosidad de la emisión observada en sus cercanías, que sería debida a los choques del potente jet de HOPS 370.



La protoestrella HOPS 370 y su jet, que parecen haber inducido la formación de HOPS 108. En los recuadros se muestran imágenes individuales de las estrellas. Fuente: Osorio et al., NRAO/AUI/NSF.

Incertidumbres

Dentro de este escenario, hay una característica de HOPS 108 que desconcierta: presenta una velocidad de unos treinta kilómetros por segundo en dirección opuesta a la dirección del jet arrojado por HOPS 370, lo que implica que o bien esa velocidad se adquirió recientemente o que la estrella se formó en una región distante de donde el jet impacta con la nube, de modo que la hipótesis de la formación estelar parecería inviable.

Se trata de una velocidad similar a la medida en otras estrellas, también de Orión, que se conocen como "estrellas fugitivas", y que muestran velocidades anormalmente altas en relación al medio interestelar en el que se encuentran. El origen de estas velocidades podría deberse a interacciones violentas entre los componentes de un sistema múltiple de estrellas, cuyo resultado suele ser la expulsión a alta velocidad de la estrella menos masiva. Sin embargo, existe la posibilidad de que esa velocidad observada en HOPS 108 sea aparente, debido a la eyección de material de la propia estrella. Los investigadores están planeando futuras observaciones para aclarar este punto.

DESTACADOS

ESTE VERANO, SÚBETE A UN OBSERVATORIO

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y el Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) desea brindar a los ciudadanos la posibilidad de visitar el Observatorio de Sierra Nevada y la Radioantena de 30 metros durante este verano. Las actividades se realizarán en colaboración con el Albergue Universitario de Sierra Nevada y Azimuth, empresa especializada en la enseñanza y divulgación de la ciencia, y en particular de la astronomía

Fechas y plazas:
15 y 22 de julio, 19 y 26 de agosto.
40 personas por día.

http://www.iaa.es/noticias/este-verano-visita-dos-observatorios

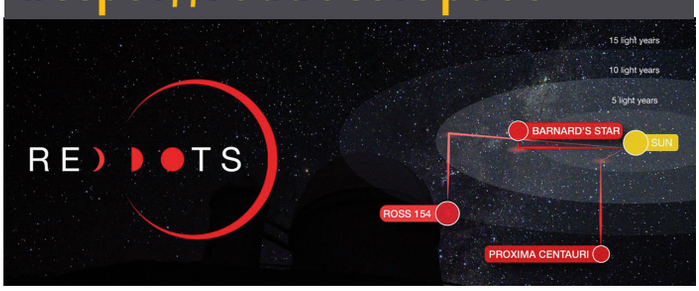
CAMPAÑA RED DOTS

El equipo responsable de la campaña *Pale Red Dot*, en la que participa el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y que el año pasado descubrió un planeta alrededor de la estrella más cercana a nuestro Sol, Próxima Centauri, ha reanudado su búsqueda de planetas similares a la Tierra con una nueva iniciativa.

La campaña Red Dots seguirá a los astrónomos mientras usan el cazador de exoplanetas HARPS para buscar planetas alrededor de algunos de nuestros vecinos estelares más cercanos: Próxima Centauri, la estrella de Barnard y Ross 154.

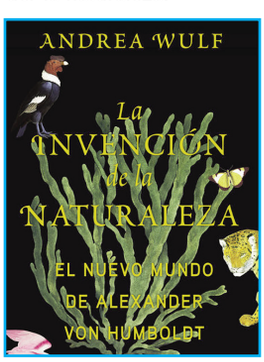
Las observaciones del telescopio se complementarán con una campaña de divulgación.

https://reddots.space



LIBROS DE DIVULGACIÓN. NUESTRAS RECOMENDACIONES

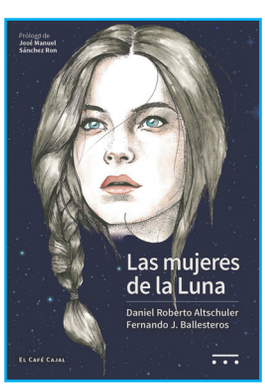
La invención de la naturaleza [Andrea Wulf]
Este libro revela la extraordinaria vida del visionario naturalista alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) y cómo creó una nueva forma de entender la naturaleza.



El ojo desnudo
[Antonio Martínez Ron]
Un viaje desde el ojo de los primeros hombres que observaron el cielo a simple vista hasta el de aquellos que dieron la vuelta a los instrumentos para mirar dentro de nosotros mismos. Una aventura apasionante que nos habla de qué somos y por qué hemos construido un mundo a partir de lo que nuestros ojos nos han dictado desde el principio, y de cómo hemos superado nuestras limitaciones para convertirnos en la especie que todo lo ve.

Las mentiras científicas sobre las mujeres
[S. García Dauder y Eulalia Pérez Sedeño]
A lo largo de la historia de la ciencia, las mujeres han sido objeto de afirmaciones, hipótesis y teorías que han inducido a errores muy graves, justificando su estatus subordinado e invisibilizando, ocultando e inventando temas relacionados con su cuerpo y su salud. Este libro aporta una visión crítica de la historia de la ciencia para fomentar una investigación que sea consciente de los sesgos de género y los efectos de la ignorancia, con el objeto de hacer una ciencia mejor y más responsable.

Las mujeres de la Luna
[Daniel Roberto Altschuler y Fernando J. Ballesteros]
En la superficie de la Luna contemplamos nuestra historia. Los accidentes selenográficos constituyen un registro intacto de la formación de la zona del Sistema Solar más cercana a la Tierra. Su nomenclatura es el reflejo de los claroscuros de nuestra sociedad. De las 1586 personas honradas con un nombre de cráter, únicamente 28 son mujeres y en su mayoría pertenecen a Europa y EE. UU.



A través de las páginas de este libro nos brindan la oportunidad de conocer mejor la vida de estas veintiocho mujeres.

CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden rellenar la solicitud en http://divulgacion.iaa.es/visitas_iaa