

I NFORMACIÓN Y A CTUALIDAD A STRONÓMICA

<http://www.iaa.es/revista>

OCTUBRE DE 2012, NÚMERO 38

La importancia del cielo oscuro

Viajes en el tiempo

Astrología amorosa para escépticos

El origen de la vida

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

<http://www.iaa.es>

Imagen: Dan & Cindy Duriscoe, FDSC, Lowell Obs., USNO

Directora: Silbia López de Lacalle. Comité de redacción: Antxon Alberdi, Carlos Barceló, René Duffard, Emilio J. García, Pedro J. Gutiérrez, Susana Martín-Ruiz, Pablo Santos y Montserrat Villar. Edición, diseño y maquetación: Silbia López de Lacalle. Comité asesor: Rafael Garrido, José Juan López Moreno, Jesús Maíz y José Vílchez. Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando como fuente "IAA: Información y Actualidad Astronómica" y al autor o autores.

Instituto de Astrofísica de Andalucía
c/ Camino Bajo de Huétor 50, 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es

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

SUMARIO

REPORTAJES

La importancia del cielo oscuro ...2

Viajes en el tiempo ...6

CIENCIA EN HISTORIAS. Vera Rubin, la madre de la materia oscura ...11

DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS. Astrología amorosa para escépticos ...12

EL "MOBY DICK" DE... Miguel Ángel Pérez Torres (IAA)...14

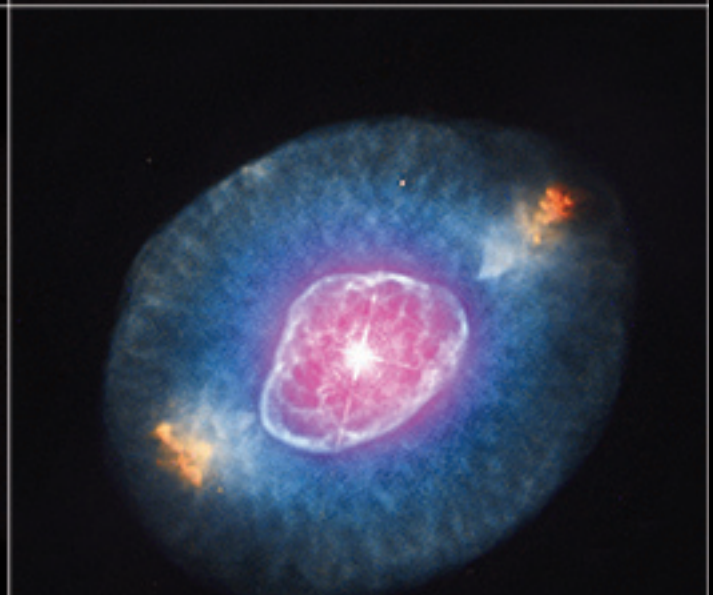
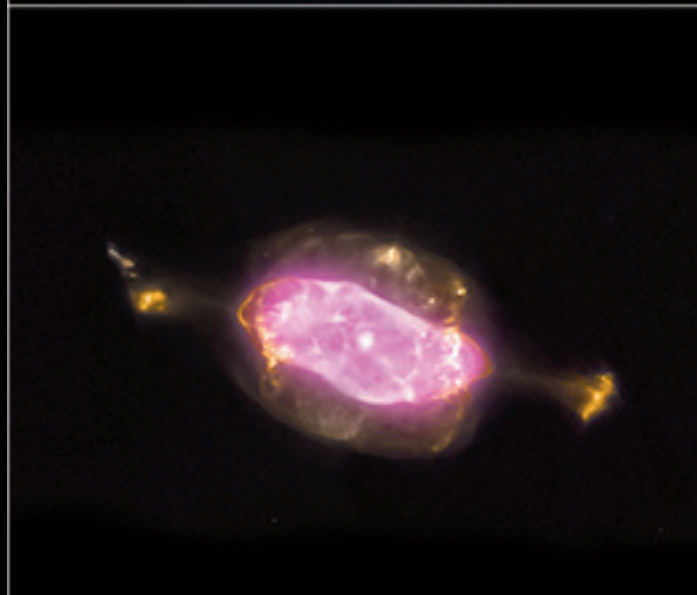
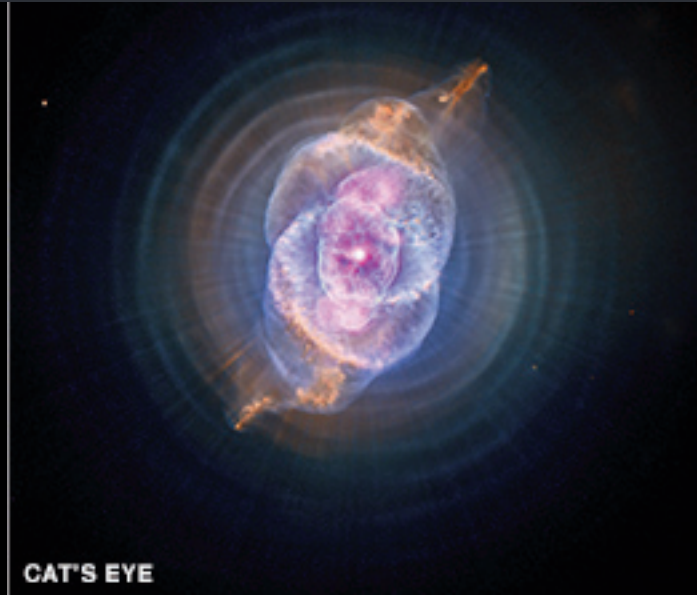
ACTUALIDAD ...15

ENTRE BASTIDORES ...20

SALA LIMPIA ...21

CIENCIA: PILARES E INCERTIDUMBRES. El origen de la vida ...22

RECOMENDADOS ...24



Estas cuatro imágenes, correspondientes a NGC 6543, NGC 7662, NGC 7009 y NGC 6826, forman parte del archivo obtenido por el satélite Chandra en su primera búsqueda sistemática de nebulosas planetarias en la vecindad solar, un proyecto denominado ChanPlaNS y en el que participa Martín Guerrero, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). La emisión en rayos X (NASA/CXC/RIT/J.Kastner et al) aparece en morado, y la emisión en óptico (NASA/STScI) en rojo, verde y azul.

La importancia del cielo oscuro

LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA NO AFECTA SOLO A LOS ASTRÓNOMOS, SINO TAMBIÉN A LOS ECOSISTEMAS Y A NUESTRA PROPIA SALUD

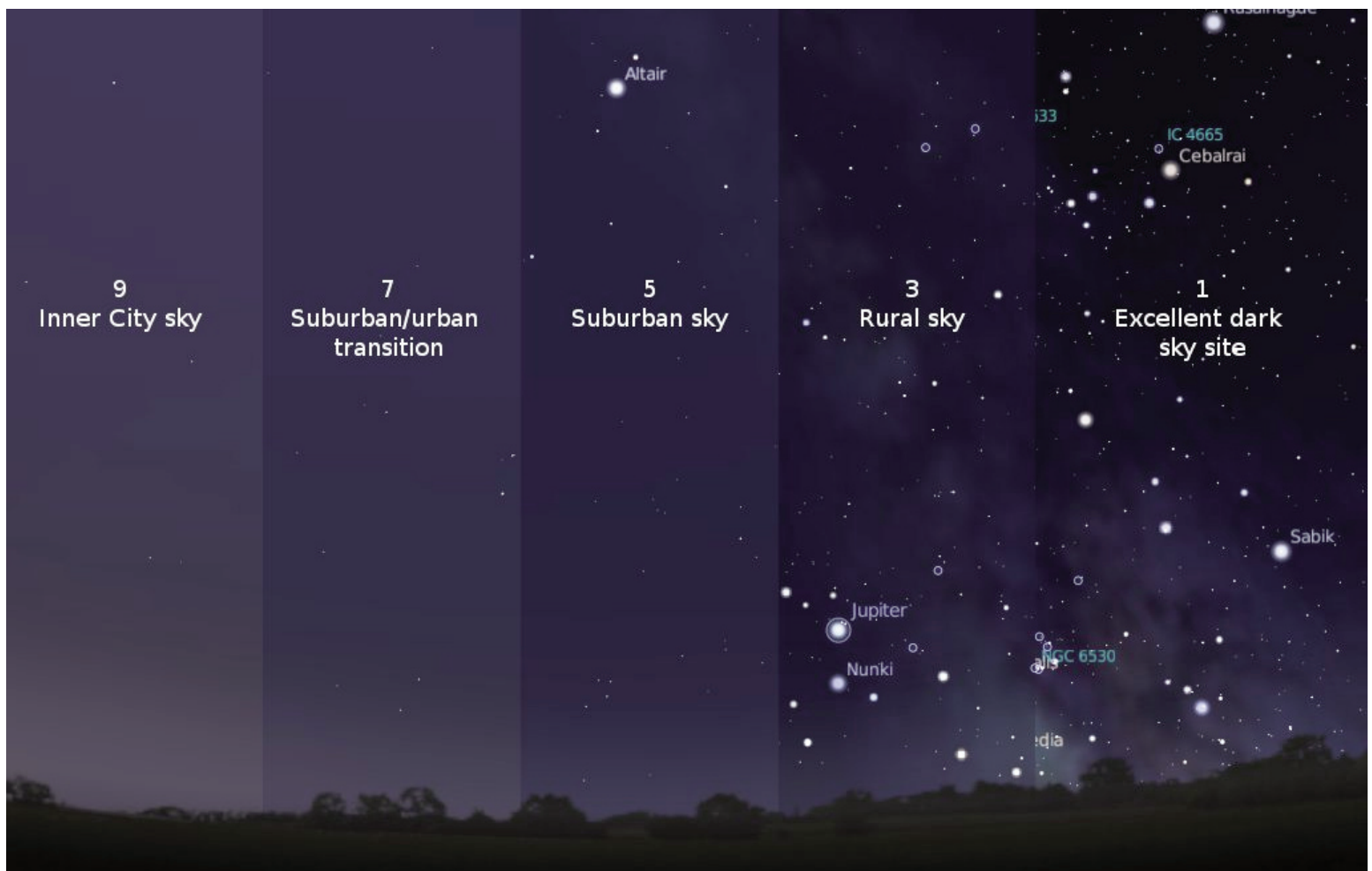
Por Silbia López de Lacalle (IAA-CSIC)

Asociación Internacional para los Cielos Oscuros (*International Dark -Sky Association*) estima que cada año se gastan dos mil doscientos millones de dólares en iluminación redundante, lo que supone 3,6 millones de toneladas de carbón o 12,9 millones de barriles de petróleo. Si necesitamos porcentajes, aquí va uno: se calcula que aproximadamente el 30% de la iluminación artificial empleada en Estados Unidos constituye un gasto inútil. Pero, además del derroche, existe otro factor de deterioro producto de la contamina-

SE DICE QUE LOS ÁRABES Y LOS ROMANOS EMPLEABAN LAS ESTRELLAS PARA DETERMINAR quién disponía de suficiente agudeza visual para ser arquero y quién, por el contrario, pasaba a integrar líneas de batalla con una mortalidad más elevada. En concreto se empleaba la estrella Mizar, que forma parte de la constelación de la Osa Mayor y que muestra una compañera algo más débil hacia el este, la estrella Alcor. Quien fuera capaz de observar ambas pasaba la prueba. Un dato -o leyenda, no queda muy claro en las fuentes- que hoy día puede parecer excéntrico (con lo fácil que es usar un panel con letras de distintos tamaños), pero que pone de manifiesto un hecho incontestable: ya no podemos ver las estrellas. Aunque la Osa Mayor es una de las constelaciones más brillantes, en las ciudades

con altas tasas de contaminación lumínica no puede observarse. Tanto Alcor como Mizar desaparecen, al igual que la propia Vía Láctea: en 2001 se publicaba el primer Atlas mundial de luminosidad nocturna artificial según cuyos datos la mitad de los europeos y dos tercios de los norteamericanos ya no pueden contemplarla.

Algunos podrán pensar que la contaminación lumínica, derivada de un exceso de iluminación nocturna o de una iluminación incorrecta (¿por qué algunas farolas iluminan hacia arriba?), constituye un problema que solo atañe a los astrónomos y que puede solucionarse con unas buenas persianas, pero se equivocan. Por un lado, produce un terrible derroche de energía en una época de recursos cada vez más escasos. Pongámoslo en dinero, una magnitud que no deja indiferente a casi nadie: la



ción lumínica que apenas empieza a conocerse: su efecto sobre los ecosistemas y sobre nuestra propia salud. Se calcula que un 63% de la población mundial y un 99% de la población de Europa y Estados Unidos (excluyendo Alaska y Hawaii) vive en áreas donde, según la escala elaborada por la Unión Astronómica Internacional, la contaminación lumínica es un hecho “oficial”, es decir, donde la noche es un 10% más brillante que la luminosidad natural del cielo por encima de los 45 grados. Ahora, ¿en qué momento se convierte el exceso de luz en un problema para la salud?

¿Tocino y velocidad?

Aunque la relación entre las farolas y la enfermedad parezca equivalente a la del tocino y la velocidad, existen evidencias cada vez más robustas que enlazan contaminación lumínica y salud. Nuestra vida ha sido orquestada para aprovechar los ciclos

terrestres, donde los principales compases proceden de los ritmos del día y la noche o del paso de las estaciones. Y nuestro cuerpo está dotado de relojes que nos permiten anticiparnos ventajosamente a los cambios periódicos, como el reloj circadiano, que mide intervalos de veinticuatro horas y gobierna los ritmos bioquímicos y fisiológicos. La relación entre los relojes de la vida y el envejecimiento es doble, ya que no solo envejecen nuestros ritmos biológicos, sino que ocurre también al revés: las alteraciones de los ritmos circadianos, mantenidas durante largo tiempo, producen un envejecimiento acelerado y se han rela-

Aunque la luz artificial nocturna no sea la causa directa de una enfermedad concreta, sí puede hallarse en su origen

cionado con numerosos problemas de salud, entre los que se incluyen la depresión, el insomnio, las enfermedades cardiovasculares e incluso el cáncer.

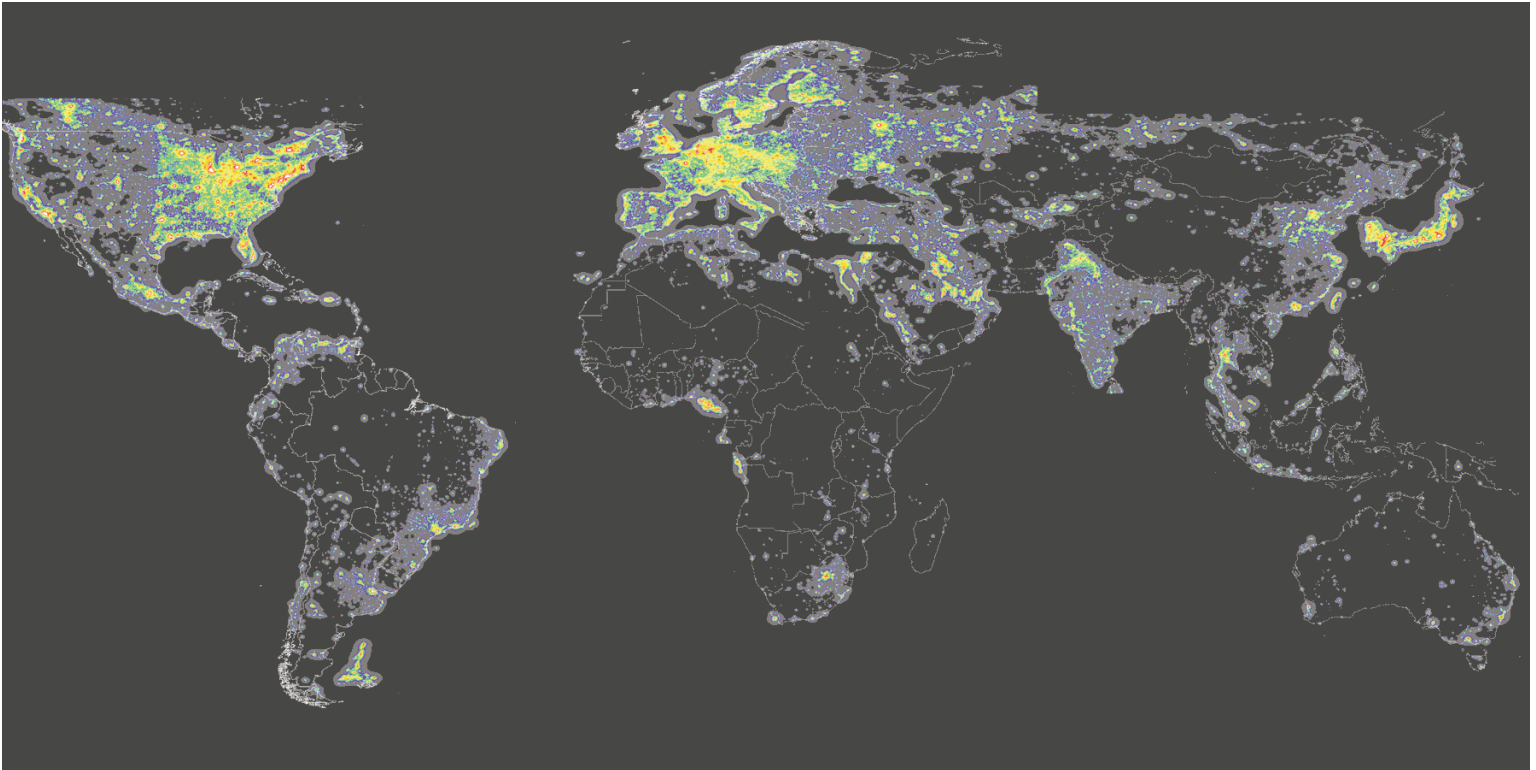
Así, aunque la luz artificial nocturna no sea la causa directa de una enfermedad concreta, sí puede hallarse en su origen: “Esta asociación no demuestra que la luz artificial cause el problema, pero los estudios de laboratorio muestran que la exposición a la luz durante la noche puede alterar el ritmo circadiano y la fisiología neuroendocrina, y por lo tanto acelerar el crecimiento de un tumor”, dice George Brainard, profesor de neurología del Jefferson Medical College. Por ejemplo, se han realizado estudios que asocian el cáncer de mama con profesiones que implican turnos nocturnos, como la de enfermería, y algunas investigaciones señalan significativas correlaciones estadísticas entre la incidencia de esta enfermedad y la cantidad de luz artificial nocturna existente en su zona residencial.

Animales insomnes

Aunque los estudios que atribuyen a la contaminación lumínica el desarrollo de ciertas enfermedades en humanos aún resultan escasos, en el mundo animal existen ejemplos dramáticos que muestran los perjuicios de vivir en un mundo sin noche. Los animales han establecido un reloj que sincroniza sus actividades con las de su ecosistema y que viene regido por los ciclos de día y noche: salen a cazar cuando sus presas son vulnerables y se esconden y duermen cuando sus depredadores están en activo. Para algunos animales, vivir en un entorno donde no oscurece nunca equivale a no disponer de reloj biológico, lo que los condena a buscar pareja para reproducirse cuando no toca, ser devorados o morir de hambre.

El ritmo circadiano no solo afecta a la organización de tareas, sino que también controla el uso de la energía en muchas especies a través de la regulación de la temperatura. Los pájaros, por ejemplo, experimentan un descenso de su temperatura corporal durante la noche como método de ahorro de energía, y en el caso de las especies más pequeñas, como las golondrinas o los colibríes, el descenso es tan pronunciado que raya la hipotermia (mantiene la temperatura justa para seguir con vida, lo que se conoce como torpor). En estas especies la existencia constante de luz puede obligarles a mantener su temperatura corporal alta en todo momento, lo que puede derivar rápidamente en un balance de energía negativo y conducirlos a la muerte por inanición.





Atlas de la iluminación artificial del cielo nocturno (<http://www.lightpollution.it>). Los colores corresponden a los ratios entre la iluminación artificial y el brillo natural del cielo: <0.01 (negro), 0.01-0.11 (gris oscuro), 0.11-0.33 (azul), 0.33-1 (verde), 1-3 (amarillo), 3-9 (naranja), 9-27 (rojo), <27 (blanco).

El exceso de iluminación nocturna se ha revelado como un problema serio para las aves, también cuando vuelan. Como bien señala Tesla, las luces pueden desorientarlas hasta hacer que mueran exhaustas, pero en una cantidad que, como mínimo, debería levantar alarmas. Este año se publicaba un estudio que contabilizaba por primera vez el daño que las luces de las torres de comunicación producen en la población de aves, sobre todo migratorias, y se obtuvo una cifra de 6,8 millones de aves muertas anualmente -los investigadores señalaban que esta cantidad es veintisiete veces superior a la que ocasionó el derrame de crudo del Exxon Valdez ocurrido en Alaska en 1989, un hito en los desastres ambientales y que mató alrededor de 250.000 aves.

También las tortugas sufren la contaminación lumínica, en ocasiones con consecuencias fatales: cuando las crías salen a la superficie desde sus nidos bajo la arena de las playas buscan un horizonte brillante hacia el que dirigirse. En condiciones normales, durante la noche ese horizonte será el mar, pero si una urbanización en la playa tiene las luces encendidas las tortugas errarán el camino y terminarán en las garras de sus depredadores o muriendo por no alcanzar el agua.

Muchas especies animales se hallan expuestas al peligro que supone la tendencia del ser humano a convertir la noche en día, pero se han documentado efectos nocivos del exceso de iluminación incluso

en especies vegetales. En el año 2000 se publicaba un artículo sobre un tipo de plancton que, en condiciones naturales, se halla en las zonas profundas durante el día pero emerge hacia la superficie al abrigo de la noche para aprovisionarse de algas. La iluminación de las carreteras y viviendas cercanas desalienta a estos pequeños organismos a subir a la superficie, donde pueden detectarlos sus depredadores, lo que podría suponer una explosión de la población de algas y alterar la cadena alimentaria del lago.

Previsiones y soluciones

Si el ritmo actual de aumento de la contaminación lumínica continúa (entre un 5 y un 10% anual), se estima que para el año 2025 los cielos oscuros se habrán extinguido por completo en la parte continental de Estados Unidos. Y es que aunque existan zonas no iluminadas, como los parques naturales, estas también pueden contaminarse debido a un fenómeno que se conoce como *skyglow*, producto de la luz reflejada por la humedad y el polvo en suspensión, que puede iluminar zonas a grandes distancias -por ejemplo, la cúpula brillante de Las Vegas afecta a unos diez parques naturales, entre ellos el del Gran Cañón, que se halla a 240 kilómetros de distancia.

La buena noticia es que, a diferencia de

otros tipos de contaminación, se trata de un problema que presenta fácil solución. Existen ejemplos diáfanos de un uso adecuado de la iluminación nocturna, como el de Flagstaff, en Arizona, que introdujo la primera ordenanza para la iluminación en 1958 y donde, a día de hoy, sus 60.000 habitantes pueden disfrutar de la observación a simple vista de la Vía Láctea desde el porche de sus casas. También existen iniciativas como el programa *Lights Out* desarrollado en la ciudad de Chicago y que ha conseguido que cada vez más rascacielos apaguen las luces innecesarias en épocas de migración lo que, según el *Chicago's Field Museum*, ha salvado más de diez mil aves migratorias.

El cielo oscuro forma parte de nuestra herencia cultural y su pérdida, además de nociva para nuestra salud, sería una verdadera lástima. Algo que, en cierto modo, ya está ocurriendo: cuando, en 1994, un terremoto produjo un apagón en Los Ángeles, los servicios de emergencia y los observatorios recibieron cientos de llamadas de gente preguntando si la repentina aparición de las estrellas y de una "nube plateada" (¡la Vía Láctea!) había provocado el terremoto. Según el director del observatorio Griffith de Los Ángeles, algunos de los inquietos ciudadanos se resistían a creer que esa era la apariencia "normal" del cielo.



Viajes en el tiempo... o ponga un *terminator* en su pasado

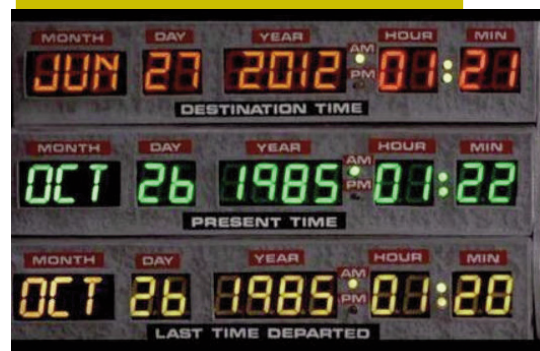
TODOS NOS HEMOS PREGUNTADO ALGUNA VEZ SI SE PUEDE VIAJAR EN EL TIEMPO. SOBRE EL PAPEL EXISTEN LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA HACERLO, PERO DE MOMENTO LAS MÁQUINAS DEL TIEMPO SOLO APARECEN EN LAS PELÍCULAS

Por Emilio J. García
(IAA-CSIC)

RECONOZCO QUE SOY DE LOS QUE PUEDEN PASAR HORAS ESTRUJÁNDOSE LA MENTE con las paradojas y paranoias temporales que genera la saga de Cameron, Schwarzenegger y compañía, así como con las muchas películas que tratan (con diferente acierto) el fascinante tema de los viajes temporales. Siempre me hago las mismas preguntas: ¿es científicamente posible viajar en el tiempo? Y, lo que es más inquietante, ¿se podría hacer vestido o no habría más remedio que hacerlo desnudo como todos los

terminators de la saga? Desgraciadamente, para esta segunda pregunta no tengo aún contestación, pero sí en cambio para la primera. Y la respuesta es afirmativa: en principio sí se podría viajar en el tiempo. Y digo “en principio” porque, aunque (que sepamos) nadie ha construido todavía una máquina del tiempo como la de H.G. Wells, o como el maravilloso DeLorean de *Regreso al futuro*, sobre el papel existen los fundamentos teóricos para poder hacerlo. El culpable de esta afirmación es Albert Einstein, sin duda el científico más cinematográfico de la historia (con permiso del Dr. Frankenstein y de Stephen Hawking). Con su teoría de la Relatividad revolucionó nuestro concepto sobre el espacio y el tiempo. Estos dejaron de ser el escenario absoluto e inmutable en el que acontecían nuestras vidas para convertirse en unos actores más, modificables según las circunstancias. En contra del sentido común, Einstein demostró que el tiempo transcurre mucho más lentamente para un observador que se esté desplazando a una velocidad cercana a la de la luz que para un observador en reposo, y el mismo efecto se produce si el observador está próximo a un intenso campo gravitatorio. Es un fenómeno conocido como dilatación temporal y ha sido demostrado experimentalmente hasta la

sociedad empleando relojes atómicos muy precisos. Lo increíble es que esto abre una puerta para viajar al futuro. Imaginemos que soy Charlton Heston en el *Planeta de los Simios*, y que en mi viaje espacial he alcanzado una velocidad cercana a la de la luz, o que he pasado tiempo sometido a la intensa



Regreso al futuro

gravidad de una estrella. Debido a esto, mis segundos, mis minutos, mis años, han transcurrido (sin que yo lo percibiera) mucho más lentamente que los terrestres. Lo que para mí han sido unos pocos años, para la sociedad en la Tierra han sido miles, los suficientes como para que, al regresar, me encuentre con que lo único que queda de esta es un montón de simios parlanchines. Es decir, habría hecho un viaje al futuro de la Tierra. Como la maniqué que observa el protagonista de *El tiempo en sus manos*, la vida terrestre habría pasado para mí a cámara rápida. Esto no es ciencia-ficción: de hecho, cuando cogemos un avión, viajamos unos pocos nanosegundos en el futuro respecto a los que se quedan en tierra, una cantidad que desgraciadamente no da como para conocer la próxima combinación de la bonoloto. Además, tendríamos una pequeña pega a la hora de regresar al presente para echar los números ganadores en el quiosco: mientras el viaje al futuro no presenta problemas conceptuales, las leyes de la Física no se muestran tan complacientes a la hora de plantear un viaje al pasado.

¿Peligra, entonces, la base científica del continuo trasiego de *terminators* al pasado para cargarse al pobre John Connor? Pues no del todo, y curiosamente gracias a *Contact*.

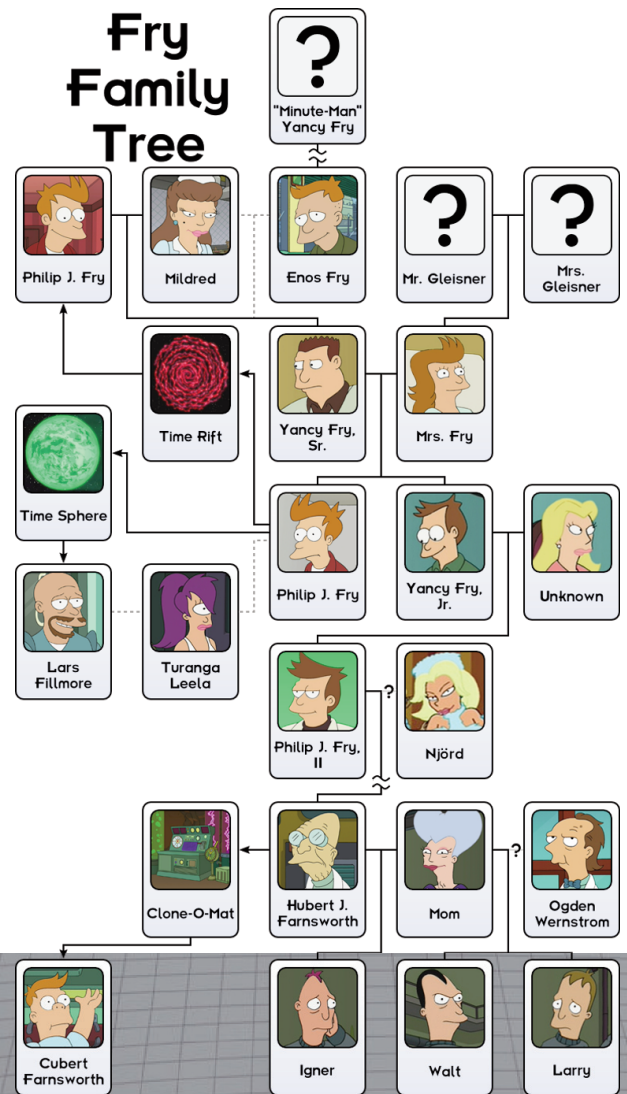
En 1985, Carl Sagan pasaba por un apuro para finalizar su famosa novela. Necesitaba un medio de transporte que permitiera transportar a la protagonista (la futura Jodie Foster) de la Tierra a la estrella Vega en pocos segundos, y sin que fuera un desbarre desde el punto de vista científico. Ni corto ni perezoso llamó a su amigo y experto en

Relatividad, Kip Thorne, que recogió con entusiasmo el envite. Thorne desarrolló una posible solución (ya conocida) de las ecuaciones de Einstein: un agujero de gusano, una especie de eurotúnel a lo bestia que podría, a modo de atajo, conectar diferentes puntos del espacio, y así sacar del atolladero a Sagan. Pero además Thorne se percató de que, en determinadas condiciones, un agujero de gusano serviría también de tunel del tiempo, tanto hacia el futuro como hacia el pasado, pero con dos importantes exigencias: la primera es que para mantener el agujero de gusano lo suficientemente estable como para viajar a través de él necesitaríamos de una energía muy exótica, una energía “negativa”, que contrarreste el efecto de la gravedad. La segunda es que nunca podríamos viajar a un instante anterior a la construcción del agujero de gusano. Así que los guionistas de *Terminator 5* tendrán que estrujarse las meninges si quieren resolver cómo diablos logra Skynet crear un agujero de gusano, o cómo logra hacer viajar a los *terminators* a un instante anterior a la creación de este y, lo que es más paradójico, con lo que cuesta crear y mantener un agujero de gusano, explicar por qué Skynet no centra tanto esfuerzo en matar a John Connor en su presente y punto.

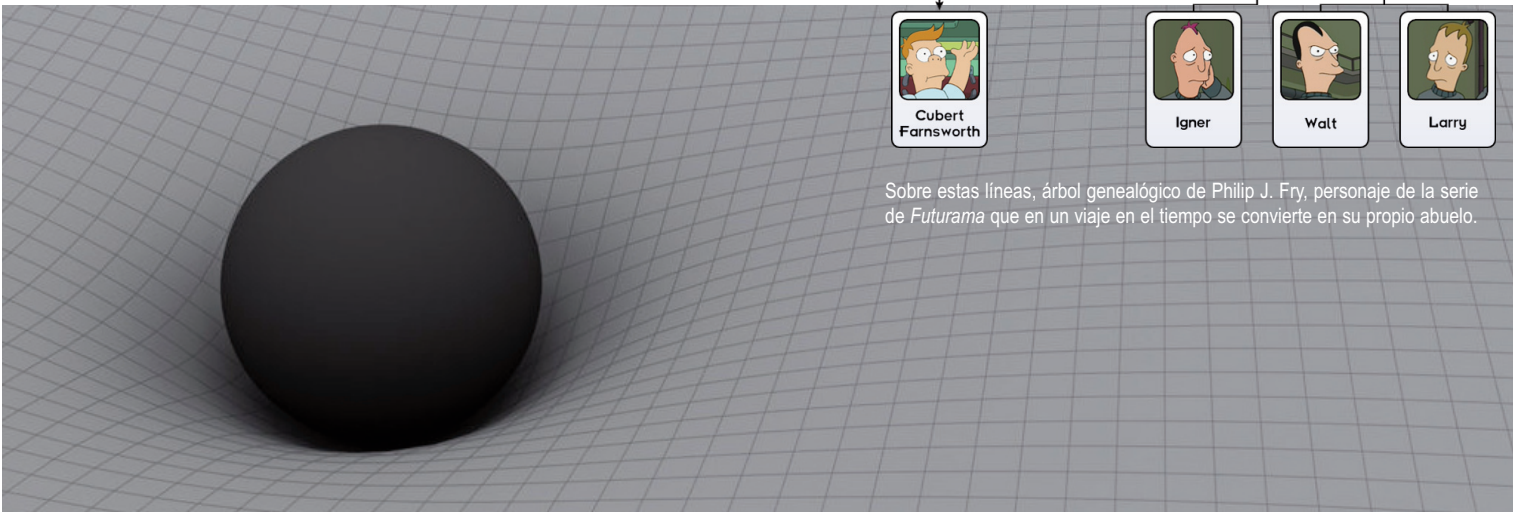
Y ahora que hablamos de paradojas, los *terminator* son un auténtico muestrario de estas....

Paradoja's Salvation o ¿Qué pasa si viajo al pasado y mato a mi madre?

Veámos que física actual no se opone, al menos en la teoría, a la posibilidad de realizar viajes en el tiempo. Pero también adelantábamos que, mientras los viajes al futuro no ofrecen “excesivos” problemas conceptuales, la posibilidad de un hipotético viaje al pasado



Sobre estas líneas, árbol genealógico de Philip J. Fry, personaje de la serie de *Futurama* que en un viaje en el tiempo se convierte en su propio abuelo.

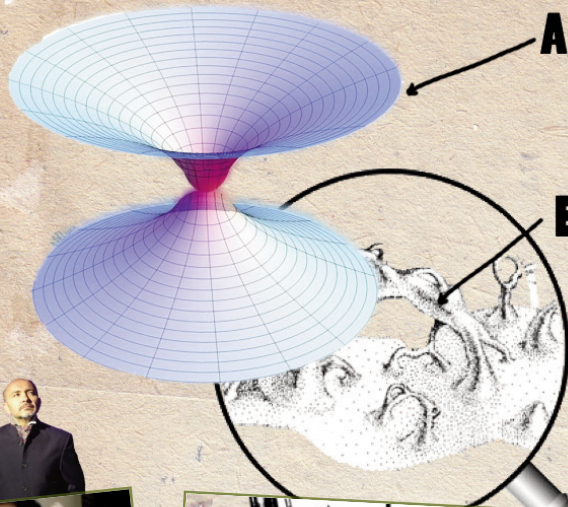


CÓMO CONSTRUIR UNA MÁQUINA DEL TIEMPO

INGREDIENTES

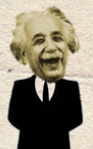
1. Espuma espacio temporal
2. Energía exótica (kinder)
3. Batidora de luz (o cuerpo muy masivo en su defecto)

Se extrae un agujero de gusano de la espuma espacio temporal y se hace crecer....



Agujero de gusano

Espuma Espacio Temporal



Fotogramas del videoblog de Tesla en el que su "yo" del futuro (varios de ellos) se transportan al pasado para llevar al joven Tesla el secreto de la máquina del tiempo. Vídeo completo en: teslablog.iaa.es

produce toda una suerte de paradojas que han llevado a más de un físico, y a algún que otro director de cine, a sufrir auténticos dolores de cabeza.

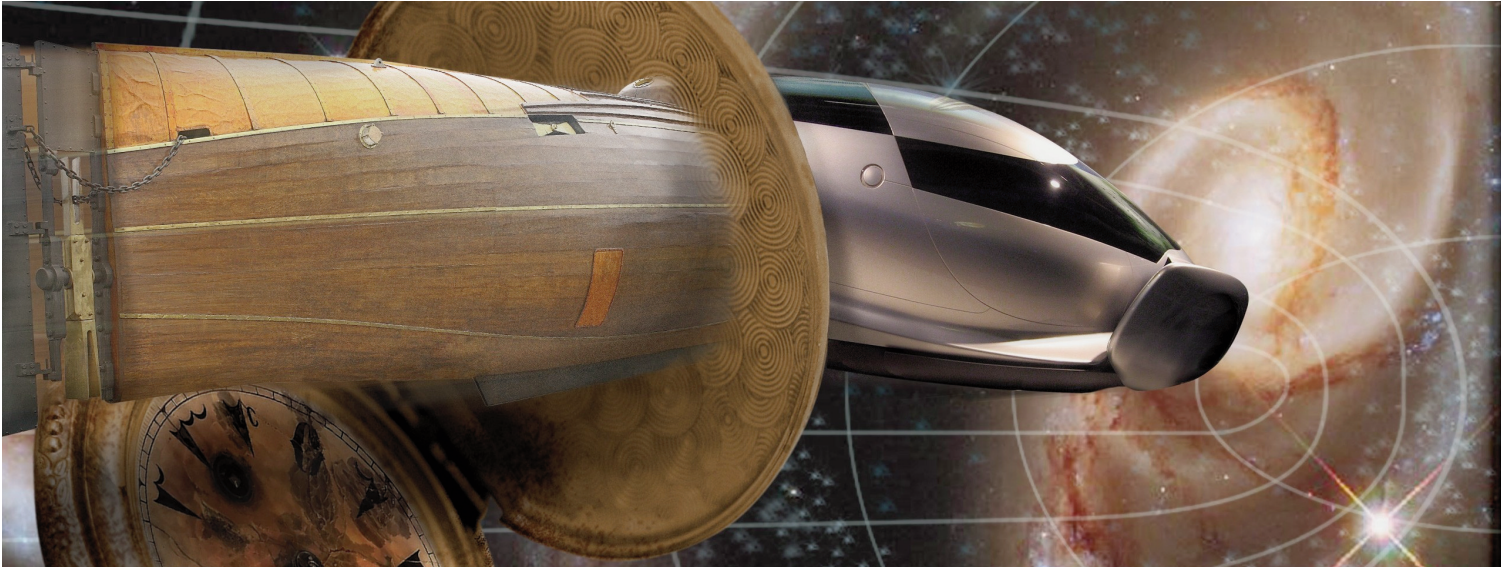
El problema reside en que, para la física clásica, el tiempo es como en una película, una sucesión de fotogramas donde cada uno precede al posterior; el pasado precede al futuro y todo efecto tiene una causa anterior. Así pues, cambiar el pasado implica forzosamente (desde el punto de vista de la física clásica) cambiar el futuro. Basta recordar el destrozo temporal que provocan los turistas cazadores de dinosaurios de *El sonido del trueno* (basada en un magnífico cuento de Bradbury). De hecho, esta es la premisa en la que se basa Skynet para enviar sus *terminators* al pasado para eliminar al molesto (en el futuro) John Connor, o en su defecto a la madre que lo parió.

Pero, ¿qué ocurre cuando cambiar el pasado entra en conflicto directo con el presente? Algunos habrán oído hablar de paradoja del abuelo, que sostiene que si uno viaja al pasado y mata a su abuelo (por evitar matar a la madre, que es más violento aunque con un efecto parecido) antes de que este se case con su abuela, nuestro viajero jamás habría nacido, luego ¿cómo diablos está allí matando a su abuelo? El viaje al pasado puede dar un juego de paradojas tan retorcido como el que envuelve a Philip J. Fry, el protagonista de *Futurama*, que termina siendo ¡su propio abuelo! (aunque en este caso es mejor no entrar en detalles).

Pero esta no es la única paradoja temporal que aparece en la saga de los robots asesinos. En *Terminator II* se muestra que el origen de Skynet se encuentra en uno de los chips futuristas

encontrado en los restos del primer *terminator* (esta idea argumental la eliminan en la tercera parte, al igual que la calidad de la serie), es decir, un *terminator* que fue construido ¡por el propio Skynet! Esta es la llamada paradoja del conocimiento, o lo que es lo mismo: el conocimiento que se necesita para ingeniar un artefacto (en este caso el chip base de Skynet) ¡surge del propio artefacto!

Llegado este punto, ¿se pueden evitar de alguna manera estas paradojas? Sea cual sea su naturaleza, todas ellas aparecen en el instante en el que el viajero del futuro interfiere con el pasado de tal manera que el futuro se ve comprometido. Por tanto, una opción para evitarlas sería que la naturaleza, de alguna manera, impidiera que nuestro turista temporal actuara sobre lo que le rodea. Pero, ¿cómo lograr esto?, ¿se quedaría mági-



camente paralizado cada vez que intentara hacer algo?, ¿surgiría un Terminator de la nada para fulminar a todo aquel que pretendiera interferir en el pasado? Cualquiera de estas posibilidades va en contra de algunos principios fundamentales de la física, y de paso aniquilaría nuestra idea de libre albedrío. Quizá los viajes al pasado plantean tales problemas que la propia naturaleza se oponga a ellos denodadamente. Esto es lo que Stephen Hawking denomina la “conjetura de protección cronológica” Pero no está todo perdido. Aún hay una posibilidad de seguir metiendo a Sarah Connor en problemas y sin temor a ir en contra de la física, gracias a un genial matemático llamado Hugh Everett III y a su interpretación de la física cuántica, la llamada interpretación “de los muchos mundos” o de los “mundos paralelos”.

Las paradojas temporales surgen de considerar el tiempo bajo la óptica de la física clásica, pero sabemos que esta física, aunque permite volar a los aviones y explica por qué gira la Tierra alrededor del Sol, no es la mejor representación de la naturaleza, y menos de la parte microscópica de esta. En este reino de lo más pequeño gobierna la física cuántica, y lo hace con unas leyes aparentemente muy diferentes de las que rigen nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, para la física cuántica toda partícula (un electrón, un protón, etc.) se halla en una superposición de muchos estados posibles, cada uno con una probabilidad diferente. Es decir, la posición de la partícula en el espacio, su velocidad, su tiempo de desintegración, o cualquier otro parámetro observable puede tener a priori cualquier valor posible, cada uno

acompañado de una probabilidad característica. Para la física cuántica, el mundo microscópico es como una baraja de cartas: cada carta representa un estado posible pero no todas tienen igual probabilidad de salir. Cuando en un laboratorio se mide alguna de estos

¿Peligra, entonces, la base científica del continuo trasiego de Terminators al pasado para cargarse al pobre John Connor? Pues no del todo, y curiosamente gracias a Contact

¿Se pueden evitar de alguna manera estas paradojas? Una opción para evitarlas sería que la naturaleza, de alguna manera, impidiera que nuestro turista temporal actuara sobre lo que le rodea

parámetros se obtiene un valor y solo uno de toda la plétora de valores posibles. Pero, ¿por qué uno y no otro? Parece que el observador, al medir, se quedara con una sola carta de la baraja y el resto se desvaneciera extrañamente. Esta cuestión atrajo multitud de interpretaciones de toda índole, pero la más revolucionaria fue la que compuso la tesis doctoral de Hugh Everett. Everett se atrevió a lanzar una idea tachada por muchos de ciencia ficción: siguiendo con la analogía de la baraja ¿y si cada carta de la baraja representara una realidad diferente de la del resto? Es más, ¿y si cada una de estas realidades tuviera su

propia copia del observador? En este caso, dependiendo del universo o realidad en la que se encontrara cada observador a la hora de medir, solo obtendría el resultado propio de su universo, es decir, solo sacaría la carta de su realidad. Así pues, según esta interpretación existen infinitud de universos muy similares o muy diferentes entre sí, con diferentes copias de John Connors, Skynets y terminators, o incluso vacío de todos ellos. Una suerte de *Mundos de Coraline*, donde cada universo se embarca en su propio futuro independientemente del resto. Bajo esta visión de la realidad, viajar en el tiempo -ya sea al pasado o al futuro- implica pasar a otro universo paralelo y cualquier paradoja se desvanece. Si en un viaje al pasado mato a mi propio abuelo, no corro peligro alguno porque en dicho universo ¡nunca he nacido en el futuro! Tras una sufrida y muy atacada tesis, Hugh Everett abandonó sus ideas y se embarcó en lides más bélicas, ya que pasó a formar parte del Pentágono en plena época nuclear. Lo curioso es que en 1971 construyó un prototipo de máquina bayesiana, una suerte de máquina que “aprendía” de la experiencia y que podía tomar decisiones, y que fue utilizada por el Pentágono para su desarrollo de misiles balísticos, vamos, una suerte de pre-Skynet. Paradójico, ¿no? A pesar de que terminó alcohólico y aquejado de una especie de autismo social, las ideas de Everett fueron creciendo hasta el punto de que hoy día son la base para disciplinas científicas tan “reales” como la computación cuántica. Quién sabe si estas mismas ideas nos permitirán viajar al pasado... en el futuro.



el "Moby Dick" de...

...Miguel Ángel Pérez Torres (IAA-CSIC)

Arp 299

Nada hacía prever que el viernes 1 de febrero de 2008 iba a ser diferente de otro día, excepto por el estrés habitual provocado por la fecha límite de las propuestas a la red europea de radiointerferometría intercontinental (EVN). Había finalizado una propuesta por la mañana, así que podía relajarme. Sin embargo, sobre las cinco de la tarde se me iluminó una bombilla y rescaté del cajón una idea que me había pasado por la cabeza tiempo atrás: observar la galaxia Arp 299, a ciento cincuenta millones de años luz de nosotros, con la red del EVN, que por aquel entonces ofrecía de modo novedoso un sistema de correlación *online*, lo que permitía obtener detecciones en tiempo real. Creo que escribí la propuesta en apenas dos horas, pues tenía ya otros compromisos para las siete de la tarde.

"Lo que encontramos fue espectacular: una verdadera fábrica de supernovas y remanentes de supernova"

Arp 299, un sistema de dos galaxias en interacción, es una galaxia luminosa en el infrarrojo. En efecto, la emisión global Arp 299 está dominada por la radiación infrarroja, equivalente a la emisión global de 650.000 millones de soles. Mi interés por la galaxia se debía a la correlación existente entre la luminosidad a longitudes de onda centimétricas y la luminosidad infrarroja. Esta correlación se explica por el simple hecho de que, si tenemos estrellas masivas formadas recientemente, estas emiten enormes cantidades de radiación ultravioleta, que es emitida de nuevo a longitudes de onda infrarrojas debido a la ingente cantidad de polvo que existe alrededor de las estrellas. Por otra parte, las estrellas masivas explotan como supernovas a los pocos millones de años de su nacimiento, emitiendo enormes cantidades de radiación sincrotrón a longitudes centimétricas.

El objetivo que mi equipo y yo nos marcamos se centraba en obtener de modo directo, independientemente de los modelos, la tasa de explosión de supernovas



Miguel Ángel Pérez Torres nació en Teruel. Cursó estudios universitarios en la Universidad Estatal de Moscú, donde se licenció en Astronomía y Astrofísica. Realizó el doctorado en Valencia, dos estancias posdoctorales en Italia y otras dos en el IAA, centro del que es científico titular desde 2009.



Arp 299. Fuente: Gemini Observatory/AURA and Ángel R. López-Sánchez (AAO/Macquarie Univ.)

en la región nuclear de Arp 299A, que a su vez está directamente relacionada con la tasa de formación estelar de estrellas masivas. Escogí el núcleo A porque la mitad de la emisión infrarroja y casi el 70% de la emisión radio proceden de esa región, por lo que la tasa esperada de supernovas era de prácticamente una al año. Observamos con la red del EVN en abril y diciembre de 2008 y lo que encontramos fue espectacular: una verdadera fábrica de supernovas y remanentes de supernova. Más de veinte objetos en una región de apenas cuatrocientos cincuenta años luz de diámetro, y todos ellos con luminosidades típicas de supernovas (1).

Descubrimientos en cascada

A raíz de este descubrimiento propusimos un monitoreo con la red del EVN y, entre otros resultados, descubrimos la localización exacta del agujero negro de Arp 299A (2), que se halla rodeado de supernovas. De hecho, una supernova explotó a tan solo siete años luz del agujero negro. A principios de 2012 publicamos la evolución temporal de las fuentes en Arp 299A durante dos años y medio (3) y dimos nuestra primera estimación del valor de la tasa de supernovas, que situamos en 0,80 supernovas por año. Teniendo en cuenta que no somos sensibles a supernovas muy débiles, y que solo estamos viendo las supernovas de la región nuclear, esto sugiere un claro des-

ajuste entre las predicciones y nuestras observaciones, aunque para obtener conclusiones definitivas esperaremos a tener un mayor número de observaciones.

Nuestros datos de Arp 299A también nos han servido para mostrar la evidencia de discos nucleares en galaxias con brotes de formación estelar, y encontramos que la densidad superficial de supernovas disminuye de modo inver-

samente proporcional a la distancia (4). Más recientemente, hemos obtenido espectaculares resultados en otras zonas nucleares de Arp 299, entre los que destaca la detección de una explosión en el núcleo de Arp 299B. Nuestras observaciones con la red del EVN muestran una evolución temporal de las curvas de luz que sugiere que se trata de una de las supernovas más brillantes en radio jamás observadas. Asimismo, en el núcleo C' hemos detectado la contrapartida en radio de la supernova SN 2010P, que se detectó a principios de 2010 en el infrarrojo, y que ha tardado bastante en aparecer en radio. Estos resultados verán la luz en 2013 y, a juzgar por lo que estamos encontrando, más sorpresas esperan a la vuelta de la esquina.

Desde aquella tarde de febrero de 2008, Arp 299 se ha convertido en mi Moby Dick particular, y parece que por ahora no se deja atrapar definitivamente. Aunque en realidad no me importa: nunca he vuelto a escribir otra propuesta en tan poco tiempo, ni nunca dos horas de trabajo me han reportado tanta satisfacción. ¡Gracias, Arp 299!

(1) Pérez-Torres et al. 2009, A&A, 507, L17

(2) Pérez-Torres et al. 2010, A&A, 519, L5

(3) Película en <http://www.iaa.es/~torres/research/arp299a-the-movie.mov>. Referencia: Bondi, Pérez-Torres, Herrero-Illana, Alberdi 2012, A&A, 539, 134

(4) Herrero-Illana, Pérez-Torres & Alberdi 2012, A&A, 540, L5

Vera Rubin:

La madre de la materia oscura

POR JOSEFA MASEGOSA (IAA-CSIC)

Vera Rubin (1928-) nació en Filadelfia (EEUU) en una familia judía de clase media. A los diez años ya quedó fascinada por las órbitas de las estrellas cuando exploraba el cielo desde su dormitorio en Washington D.C. A pesar de que su padre no estaba convencido sobre el futuro de una carrera profesional en astronomía, ayudó a Vera a construir un telescopio y la acompañaba a las reuniones de astrónomos aficionados. En su época escolar ya notó las dificultades que le acarrearía el futuro como mujer astronoma. Ella cuenta que su profesor de física en la escuela secundaria simplemente ignoraba a las chicas. Estas experiencias tempranas le hicieron buscar un lugar con una atmósfera más favorable. Encontró su lugar en el *Vassar College*, una escuela situada en Nueva York caracterizada, desde su fundación en 1865, por la promoción de las mujeres en todos los campos del saber. Vera oyó hablar de esta escuela extraordinaria a través de la lectura de los trabajos de María Mitchel, primera directora de esta institución. Allí estudió desde 1945 hasta terminar sus estudios en astronomía en 1948. Durante las vacaciones de verano trabajó como computadora en el *Naval Research Observatory*. En el verano de 1947 conoció a Robert Rubin y se casó con él el año siguiente. En 1948 se incorporó en la Universidad de Cornell ya que su marido, miembro de la armada, fue destinado allí para estudiar química. Vera estudió física en Cornell con los eminentes científicos Philip Morrison, Richard Feynman y Hans Bethe. Bajo la supervisión del Dr. Stahr realizó su tesis de máster en dicha universidad sobre la distribución de las velocidades de las galaxias. Cuando el Dr. Stahr le sugirió que él mismo presentaría su trabajo en la reunión de la *American Astronomical Society* para ayudarla por su reciente maternidad, ella rechazó la oferta. Vera presentó su trabajo en dicha reunión y los resultados fueron tan discutidos que el *Washington Post* publicó "Joven madre encuentra el centro de la creación o algo parecido". Cincuenta años más tarde unos amigos publicaron en el mismo periódico "Abuela mayor consigue la medalla de la Ciencia". Su ambición por continuar en astronomía y el apoyo constante de su esposo y sus padres

la llevaron a matricularse en la Universidad Georgetown donde existía un grado en astronomía. Durante dos años su marido la acompañó a las clases nocturnas, mientras sus padres cuidaban a su hijo. En 1954 terminó su tesis doctoral en la que mostró que las galaxias se agrupaban en grandes asociaciones. Este trabajo se anticipó quince años a la evolución natural del conocimiento pero no consiguió que se publicase en *Astrophysical Journal*. Vera permaneció dando clases e



Vera presentó su trabajo en la reunión de la *American Astronomical Society* y los resultados fueron tan discutidos que el *Washington Post* publicó "Joven madre encuentra el centro de la creación o algo parecido"

investigando en Georgetown durante diez años, en los que además nacieron sus otros tres hijos. Es interesante saber que todos ellos sienten una profunda admiración por su madre y se dedican a la investigación científica: David es geólogo, Judith astrofísica, Karl matemático y Allan geólogo. Gracias al encuentro casual de Vera con Margaret y Geoffrey Burbidge en la reunión anual de la *American Astronomical Society* en 1962, se trasladó en 1963 a la Jolla para trabajar con ellos. Vera nos cuenta que fue la primera vez que sintió que sus ideas en astronomía eran escuchadas. En 1964, a su vuelta a Washington, aceptó el trabajo que

le ofrecieron en el Departamento de Magnetismo Terrestre de la *Carnegie Institution*, donde ha continuado trabajando hasta la actualidad. En 1964 fue la primera mujer que utilizó el telescopio de Monte Palomar de forma legal.

Velocidades de galaxias y materia oscura

En 1964 inició su larga colaboración con el astrónomo Kent Ford sobre estudios de velocidades de galaxias. Sus resultados le llevaron a las mismas conclusiones que ya había establecido años atrás durante la realización de su tesis de máster, pero el ambiente tan poco favorable y competitivo que se generó a su alrededor la motivaron a cambiar su campo de actividad hacia estudios sobre la estructura de las galaxias espirales. Estos estudios culminaron con el estudio sistemático de curvas de rotación de galaxias de diferentes tipos morfológicos. En contra de las expectativas, todas las curvas de rotación eran bastante parecidas y mostraban un aplastamiento hasta distancias muy lejos del centro, postulándose como única explicación plausible que hay diez veces más materia que la estrictamente luminosa. Inmediatamente después de dicho descubrimiento, se dio cuenta que este resultado apoyaba el trabajo de Zwicky de 1930 sobre la existencia de una gran cantidad de materia oscura en el universo.

Desde 1978 Rubin y su grupo han analizado más de doscientas galaxias y han mostrado que al menos el 90% de la materia del universo se halla en forma de materia oscura. Vera Rubin continúa aún explorando este importante descubrimiento para entender el universo que nos rodea.

Su trabajo le valió la concesión de casi todos los honores en astronomía salvo el premio Nobel: Medalla de Oro de la *Royal Astronomical Society* (Reino Unido) en 1996, premio *Henry Norris Russell Lectureship* (*American Astronomical Society*, USA) en 1994, premio Jansky (*National Radio Astronomical Observatory*, USA) en 1994, premio Gruber de Cosmología (Fundación Gruber, USA) en 2002 y Medalla Bruce en Astronomía (*Astronomical Society of the Pacific*, USA) en 2003.

En 1993 recibió la Medalla Nacional de la Ciencia, la más alta distinción a la ciencia que otorga el congreso de Estados Unidos.

ASTROLOGÍA AMOROSA PARA ESCÉPTICOS

ÉRASE UNA VEZ UNA BELLA PRINCESA CON MOÑITOS. SE LLAMABA LEIA ORGANA, NACIÓ EN EL AÑO 19 BBY (*BEFORE THE BATTLE OF YAVIN*), CONCRETAMENTE UN 12 DE MAYO. ES CONOCIDO QUE FUE SENADORA, REVOLUCIONARIA Y DAMA JEDI, Y QUE SE CASÓ CON HAN SOLO. PERO POCO SE SABE DE SU HISTORIAL AMOROSO (EN EL QUE NO FALTAN EL INCESTO NI LA ZOOFILIA) NI DEL DIVORCIO EN QUE TERMINÓ SU MATRIMONIO. TODO POR CULPA DE LA ASTROLOGÍA AMOROSA...



PRINCESA LEIA ORGANA

HOLA, ME LLAMO LEIA Y, POR MUY PRINCESA QUE SEA, HE SIDO MUY DESAFORTUNADA EN EL AMOR... ¡AH! SOY TAURO, UNA TAURO TOTAL.

PRINCESA LEIA
12 MAYO, 19 BBY

1. Cuatro elementos tiene mi mundo...: el primer novio de Leia

Cuando nació Leia, el Sol se encontraba en la constelación de Tauro: ese es su signo solar, el que prácticamente todo el mundo conoce, y el más importante en astrología.

Los doce signos zodiacales se clasifican en cuatro grupos que corresponden a los elementos clásicos: tierra (Aries, Leo, Sagitario), agua (Cáncer, Escorpio, Piscis), aire (Libra, Acuario, Géminis) y fuego (Capricornio, Tauro, Virgo). Estos representan ciertos rasgos de personalidad que otorgan un "temperamento" similar a los nacidos bajo sus signos, y favorecen o perjudican la compatibilidad entre unos signos y otros. Por ejemplo, los signos de tierra van bien con otros de tierra y de agua (que la fertiliza), pero no con los de aire ni los de fuego.

Leia, princesa, pero de brillante intelecto, leyó con avidez todo lo relativo a su signo y comprobó que era una tauro total: los signos de tierra son muy estables, les gustan las cosas buenas de la vida, cuidan muy bien de su dinero... Y lo más interesante: en las relaciones amorosas dan mucha importancia a la sexualidad y la sensualidad, y pueden ser fieles hasta la muerte, si así lo deciden.

2. El tamaño sí importa: el primer chasco de Leia

A lo largo del año, el Sol recorre sobre el fondo de estrellas lejanas (aparentemente fijas) un camino llamado eclíptica, la línea en que el plano de la órbita terrestre corta el cielo. La banda de unos ocho grados de anchura a cada lado es el Zodíaco (Cinturón de Animales), y la atraviesan las doce constelaciones zodiacales bien conocidas.

Los 360 grados del Zodíaco se dividen arbitrariamente en doce trozos iguales de treinta grados, correspondiendo cada uno aproximadamente a un mes: son los signos zodiacales, llamados como las constelaciones, pero con las que no coinciden exactamente. Se empiezan a contar en sentido antihorario desde el punto Aries, uno de los nodos en que la eclíptica corta al ecuador celeste. A partir del punto Aries el Sol, en su movimiento aparente, pasa del hemisferio sur al norte, lo que ocurre en el equinoccio de primavera, el 21 de marzo.

Pero no todas estas constelaciones tienen la misma extensión: por ejemplo, Virgo es enorme y cae casi entera sobre el Zodíaco que, sin embargo, es cruzado por un pequeño trocito de Escorpio. Asociando el tamaño a duración, a Virgo le corresponden cuarenta y cinco días y a Escorpio solo siete.

Total... que Darth Vader no era escorpio sino libra, signo de aire que no va con los de tierra, en particular con una genuina tauro. Leia pensó: "¡vayapardiós, resulta que era un libra, signo de aire, tan frío y racional él!". Ya sabemos por qué rompieron (aparte de los ronquidos nocturnos, y diurnos...)

EL PRIMER NOVIO DE LEIA



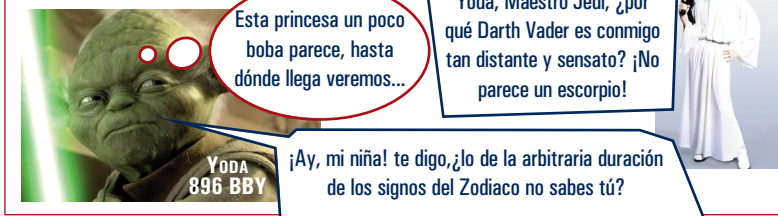
¡Yupiiiiii!, un escorpio, aparentemente destructor y caótico, pero tan apasionado...

Grghhh, grgghh... Como todo el universo sabe, soy Darth Vader, un escorpio como una catedral (o como una gigante azul).

DARTH VADER
19 NOV., 41 BBY

Leia buscaba a alguien de signo compatible con el suyo, de tierra o de agua. Como de joven le gustaban maduritos, su primer novio fue Darth Vader, nacido un 19 de noviembre. Al conocerlo pensó: "¡genial, un ardiente escorpión!". Y se dispuso a abrazarse... pero la relación se enfrió enseguida. Entonces decidió consultar al maestro Yoda.

LA CONSULTA DE LEIA



Esta princesa un poco boba parece, hasta dónde llega veremos...

Yoda, Maestro Jedi, ¿por qué Darth Vader es conmigo tan distante y sensato? ¡No parece un escorpio!

¡Ay, mi niña! te digo, ¿lo de la arbitraria duración de los signos del Zodíaco no sabes tú?

YODA
896 BBY

EL SEGUNDO NOVIO DE LEIA



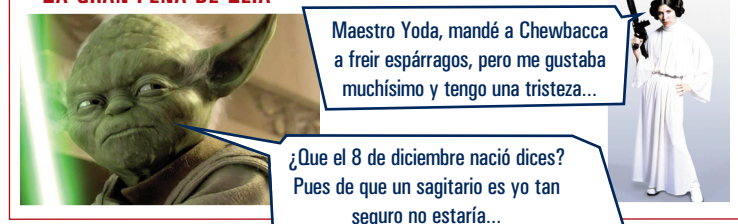
Mmm, qué gran comunicador, me vuelve loca cómo habla, pero... ¡quieta, Leia!, es sagitario, seguro que es un inconstante para el amor... ¡Que le den tita!

Ijnx xx Chewbacca aaiin Sssageetkarwyjo ssunfn aaiin ppiiloucxh dd twoonnhtou

CHEWBACCA
8 DIC., 200 BBY

Leia conoció a otro chico (o algo así) con mucha personalidad, y una labia capaz de seducir a cualquier princesa. Para no errar de nuevo le preguntó su fecha de nacimiento...

LA GRAN PENA DE LEIA



Maestro Yoda, mandé a Chewbacca a freir espárragos, pero me gustaba muchísimo y tengo una tristeza...

¿Que el 8 de diciembre nació dices? Pues de que un sagitario es yo tan seguro no estaría...

3. El temible 12+1: el segundo chasco de Leia

Las constelaciones zodiacales ya fueron reconocidas en Mesopotamia más de dos milenios a.C., aunque la idea del Cinturón de Animales nació hacia el 700 a.C. y los doce signos que conocemos hacia el 400 a.C. ¡Pero hay muchas más constelaciones llamativas que cruzan el Zodíaco! En 1999 se estableció que la banda de ocho grados a cada lado de la eclíptica es atravesada por ¡21 constelaciones!, entre ellas Ofiuco, Orión y Pegaso. La Unión Astronómica Internacional ha determinado que al Zodíaco pertenece al menos la antigua constelación de Ofiuco, el serpentario, que actualmente cruza la eclíptica del 30 de noviembre al 17 de diciembre, entre Escorpio y Sagitario. Estadísticamente, se espera que una de cada veinte personas sea ofiuco.

La decepcionada Leia pensó: “¡No me lo puedo creer!, Chewbacca era realmente ofiuco, un signo sin catalogar, podríamos haber sido tan felices...”

Leia no se rindió. Encontró a Han Solo, un libra del 20 de octubre, y tuvo la precaución de buscar en el internet galáctico una buena tabla que incluyera Ofiuco y la duración astronómica de los signos. Así comprobó que él realmente era virgo, ¡otro signo de tierra! Dicen los manuales de astrología que “tierra con tierra puede transformarse en una colosal montaña de fe y vigor”. Y se casaron...

EL TERCER NOVIO DE LEIA



EL NOTICIÓN DE LEIA



Pues decirte esto lamento, pero la precesión de los equinoccios olvidaste...

4. La prece¿qué? de los equi¿qué?: el tercer chasco de Leia

La Estrella Polar indica el norte del cielo, punto que, aunque parezca mentira, no ha estado siempre en el mismo sitio... porque corresponde a la prolongación del eje de rotación terrestre, y la Tierra gira como una peonza, cabeceando lentamente. Este efecto se llama precesión de los equinoccios, y hace

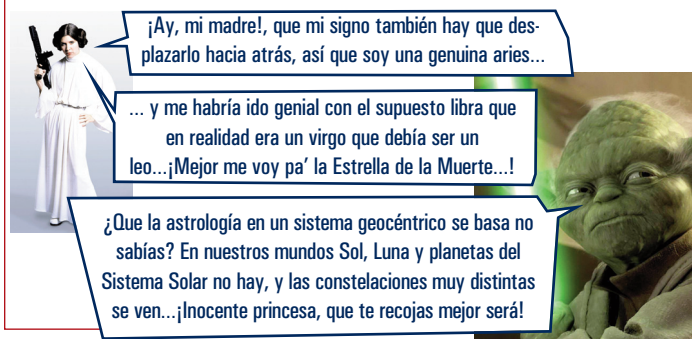
que el punto norte describa una circunferencia, en torno al polo de la eclíptica, en unos 26.000 años. Como consecuencia, aproximadamente cada 2.160 años el punto Aries cambia de signo: desde el 2.000 a.C. al comienzo de nuestra era, estaba, efectivamente, en Aries; desde entonces hasta el 2150, en Piscis; y dentro de poco más de un siglo comenzará la Era de Acuario, de paz y fraternidad, que esperan ansiosos los seguidores de la New Age.

Por ejemplo, durante el eclipse solar del 11 de julio de 1991 se vio el Sol en la constelación de Géminis, no de Cáncer. Un astrónomo ofreció 10.000 dólares al astrólogo capaz de mostrarle una foto no trucada del Sol en Cáncer... (eso, en toda la Galaxia, se llama “cumplir sin gastar”).

Así que desde que se “inventaron” los signos del Zodíaco, estos se han retrasado una constelación, o más, y actualmente el signo astrológico corresponde a la constelación solo para el 14% de las personas.

Cuando Leia supo esto, se dijo: “¡cagüen la Fuerza, ni libra ni virgo, era un leo, signo de fuego! Ya me parecía a mí chulito y agresivo a veces... Pues yo paso de leones”. Y se divorciaron...

EL FUERTE MAREO DE LEIA... Y EL SABIO CONSEJO DE YODA



5. Epílogo

Según la astronomía, estas son las constelaciones del Zodíaco en la actualidad (dcha). Pueden decidir ustedes mismos a qué signo solar desean echar la culpa de su personalidad...

En cuanto a Leia, si viviera en la Tierra, cuna de la astrología amorosa que tanto la ha hecho sufrir, le recomendaríamos mantener el optimismo: supongamos que ella es compatible con un único signo, el que sea. Con unos siete mil millones de terrícolas, esencialmente clasificados en doce tipos de personalidad, uno por signo, debe haber unos 583 millones de seres humanos, casi la mitad varones, compatibles con ella. Solo es cuestión de tiempo dar con el candidato adecuado... ¡Ánimo, princesita!

Nota para los frikies de Star Wars

El baile de fechas y amores entre personajes de la saga es una licencia literaria, por exigencias del guión. No se ofendan, por favor.

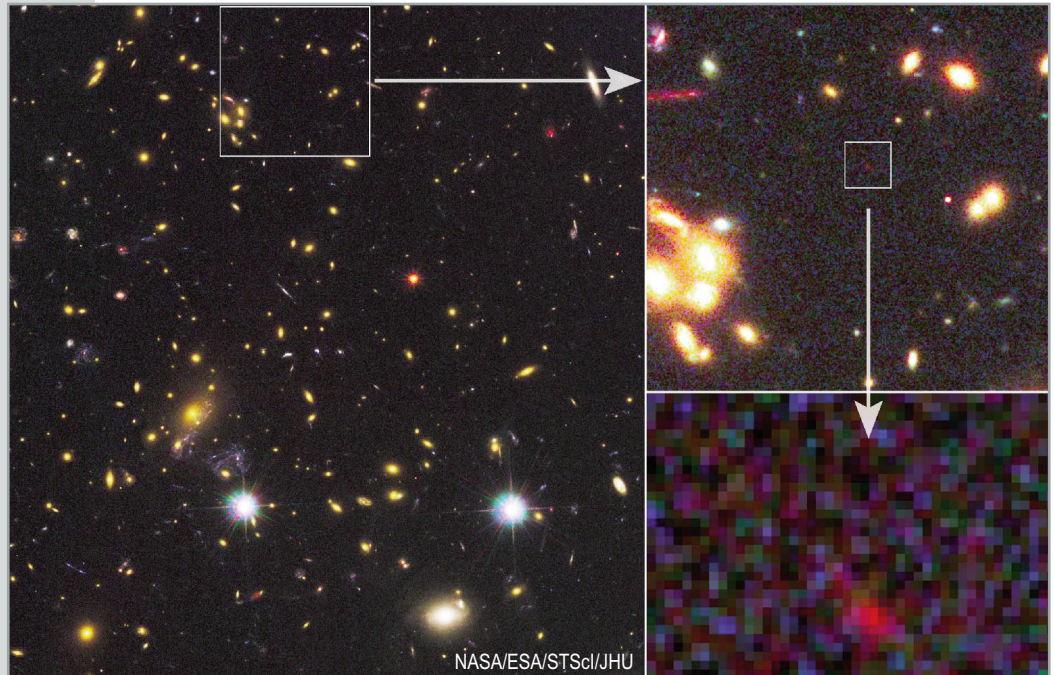
	comienza	termina	duración (días)
Aries	19 abril	13 mayo	25
Tauro	14 mayo	19 junio	37
Géminis	20 junio	20 julio	31
Cáncer	21 julio	9 agosto	20
Leo	10 agosto	15 septiembre	37
Virgo	16 septiembre	30 octubre	45
Libra	31 octubre	22 noviembre	23
Escorpio	23 noviembre	29 noviembre	7
Ofiuco	30 noviembre	17 diciembre	18
Sagitario	18 diciembre	18 enero	32
Capricornio	19 enero	15 febrero	28
Acuario	16 febrero	11 marzo	24
Piscis	12 marzo	18 abril	38

Una galaxia formada apenas 200 millones de años después del Big Bang, visible gracias al efecto lente

La detección ha sido posible gracias al efecto magnificador, similar al de una lente, de un cúmulo de galaxias situado en la trayectoria de su luz

► Un grupo de astrónomos, en el que participan Alberto Molino y Txitxo Benítez, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha hallado una galaxia que data de la reionización, una época del universo aún inexplorada -se halla fuera de la sensibilidad de los telescopios-, pero cuyo conocimiento resulta esencial para trazar la historia cosmológica. El hallazgo, realizado con los telescopios espaciales Hubble y Spitzer y publicado en *Nature*, ha sido posible gracias al efecto de lente gravitatoria producido por un cúmulo de galaxias situado en la trayectoria de la luz de MACS1149-JD, la galaxia recién detectada, cuya luminosidad se vio magnificada.

La observación del universo lejano implica adentrarse en su pasado: debido al tiempo que la luz tarda en alcanzarnos, vemos el Sol cuando era ocho minutos más joven. Así, si la luz de una galaxia ha tardado en alcanzarnos trece mil doscientos millones de años estamos viéndola tal y como era en el universo primitivo (el universo tiene una edad estimada de 13.700 millones de años). Ese es el caso de MACS 1149-JD, una galaxia muy débil que se halla entre las gala-



xias más distantes conocidas.

“La mayor parte de los objetos de este tipo que se conocen son extremadamente débiles, y no se puede decir mucho sobre ellos más allá de que existen -señala Txitxo Benítez, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía-. Sin embargo, la luz que nos llega de MACS1149-JD está amplificada casi quince veces por el efecto de lente gravitatoria del cúmulo que se encuentra en su camino y que actúa como una lupa cósmica. Esto nos permitirá estudiarlo en mucho más detalle con otros telescopios y, por tanto, caracterizar las propiedades de las primeras galaxias que aparecieron

después del Big Bang”.

Los investigadores calculan que MACS1149-JD pudo formarse hace unos 13.500 millones de años, lo que la sitúa en una etapa verdaderamente interesante: se estima que las primeras estrellas surgieron entre los cien y los doscientos cincuenta millones de años tras el Big Bang y que fueron las responsables de la reionización del medio interestelar, poniendo fin a la “era oscura”. La luz ultravioleta de aquellas primeras estrellas comenzó a ionizar los átomos de hidrógeno neutro que poblaban el universo (y que absorbían la radiación, de ahí la “era oscura”) y el universo fue, paulatinamente, haciéndose transparente a

la radiación -es decir, observable-.

Así, galaxias como MACS1149-JD, cuya cronología encaja en la época de la reionización, tuvieron un papel fundamental en la historia del cosmos. El reciente hallazgo se enmarca en el proyecto CLASH (Cluster Lensing and Supernova survey With Hubble), cuyo objetivo principal reside en aportar luz sobre la materia y energía oscuras y que lleva a cabo un estudio en detalle de veinticinco cúmulos de galaxias. Uno de ellos, MACS J1149+2223, causante de la amplificación de la luz de MACS1149-JD, constituye una de las lentes más poderosas conocidas.

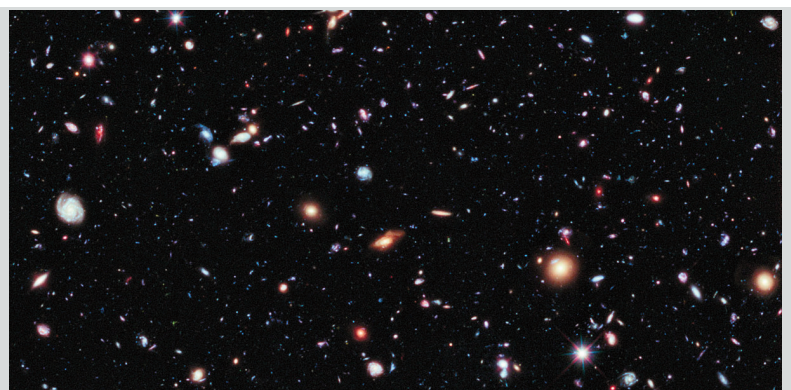
Silbia López de Lacalle (IAA)

EN BREVE

El universo más profundo

► Imagen compuesta por más de dos mil imágenes tomadas por distintas cámaras del Telescopio Espacial Hubble durante los últimos diez años y combinadas en lo que sería una exposición de veintitrés días. Cinco mil quinientas galaxias en un pequeñísimo campo de visión, equivalente a una pequeña fracción del diámetro angular de la Luna llena.

<http://www.spacetelescope.org/news/heic1214/>



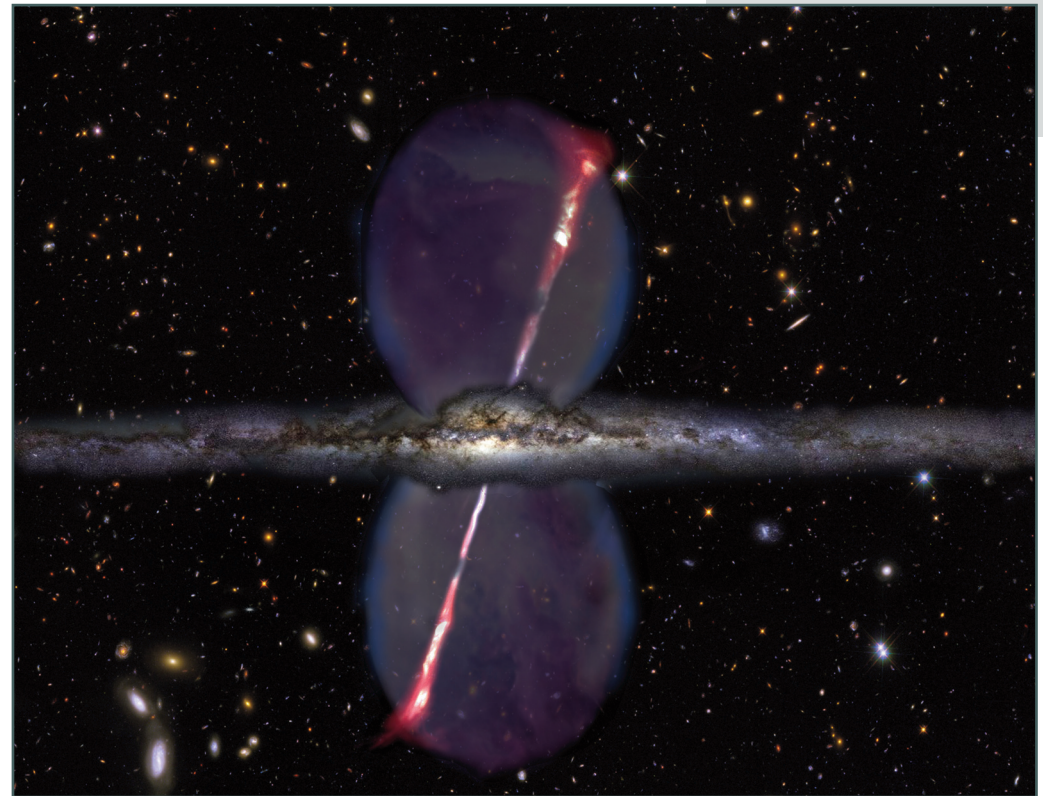
Chorros galácticos en rayos gamma apuntan a un pasado violento de Sagitario A*

Se halla un posible indicio del pasado violento del agujero negro supermasivo del centro de la Vía Láctea

► Un paradigma firmemente establecido de la astrofísica actual sostiene que casi todas las galaxias mayores contienen un agujero negro supermasivo en su núcleo. Para crecer hasta su tamaño actual, con unos 10^6 a 10^{10} masas solares, estos agujeros negros tenían que devorar enormes cantidades de materia, dando lugar al fenómeno de los llamados núcleos galácticos activos. En ellos, grandes masas de gas caen hacia el agujero negro formando un disco de acrecimiento en el que el gas se convierte en un plasma que alcanza temperaturas de millones de grados, lo que resulta en la emisión de una intensa radiación electromagnética, sobre todo en los rangos de los rayos X y ultravioletas. Así, los agujeros negros supermasivos se pueden convertir en los objetos más luminosos del universo.

Además de emitir una intensa radiación, los flujos de acrecimiento también producen la expulsión de fuertes chorros de plasma en dirección perpendicular al disco. Estos chorros se han detectado con radiotelescopios en algunas galaxias activas y pueden alcanzar tamaños verdaderamente gigantescos, de decenas y hasta cientos de miles de años luz. Los chorros pueden detectarse porque contienen plasma relativista (tan caliente que sus partículas constituyentes se mueven a velocidades muy cercanas a la de la luz) que interactúa con el campo magnético. Los electrones altamente relativistas giran en el campo magnético y emiten ondas radio -la llamada radiación sincrotrón-, y, además, al chocar con fotones, por ejemplo con los mismos fotones de la radiación sincrotrón, pueden convertir los últimos en rayos X o gamma.

Comparado con estos fenómenos, que se hallan entre los más energéticos del universo, el agujero supermasivo al centro de nuestra propia Galaxia parecía, hasta ahora, muy pacífico. Sagitario A* ("Sagitario A



estrella") pesa alrededor de cuatro millones de masas solares y se encuentra en un estado casi durmiente. De hecho, emite tan poca radiación que no se podría detectar con los telescopios actuales si se encontrara en cualquier otra galaxia. Mientras sus primos en los núcleos activos devoran alrededor de una décima parte de la masa del Sol al año, Sagitario A* acrece actualmente unos diez millones de veces menos materia. Pero no nos dejemos engañar por este aspecto apacible: Sagitario A* debe haber tenido un pasado más ajetreado para crecer a su tamaño actual.

Gracias a telescopios espaciales de alta energía se está revelando, poco a poco, la historia agitada de Sagitario A*. Observaciones con ASCA, XMM y Chandra revelaron ecos de radiación X en nubes moleculares en el centro galáctico que indican que Sagitario A* emitió hasta un millón de veces más radiación

hace entre cien y trescientos años. Sin embargo, se trató de un episodio breve. Gracias a observaciones con el observatorio de rayos gamma Fermi, los astrofísicos Meng Su y Doug Finkbeiner de Harvard han encontrado recientemente los posibles vestigios de un pasado de más extrema y prolongada violencia: en la revista *Astrophysical Journal* informan del posible descubrimiento de dos chorros gigantes que se extienden hasta decenas de miles de años luz al norte y al sur del plano de la Galaxia y pasan justo por su centro.

No ha sido un descubrimiento fácil: grandes cantidades de rayos gamma son producidas por la interacción entre los rayos cósmicos y el medio interestelar en toda nuestra Galaxia, un efecto que crea una especie de neblina galáctica de rayos gamma. Su y Finkbeiner tuvieron que modelar y sustraer esta neblina de las imágenes antes de poder revelar

Concepción artística de los posibles chorros hallados por el observatorio de rayos gamma Fermi (también muestra unas burbujas de rayos gamma halladas recientemente). Fuente: David A. Aguilar (CfA). Superpuesta, imagen de la Vía Láctea (ESO).

unas estructuras lineales alineadas con el centro galáctico, que interpretan como unos chorros que apuntan a una altísima actividad de Sagitario A* hace unos millones de años. Si se confirma la existencia de estos chorros con datos mejorados, en unos pocos años sabremos que el agujero negro del centro de la Vía Láctea puede despertarse de vez en cuando de su sueño profundo y entrar en el estado de un núcleo activo. Parece que, más que dormir, el monstruo en el centro de la Galaxia está meramente quedándose quieto, acechando cualquier nube de gas que se le acerque...

Rainer Schödel (IAA)

¿Son las estrellas fugitivas responsables de la reionización del universo?

La reionización constituye una etapa esencial en la historia del universo, pero sus causas no se conocen del todo

► El universo comenzó con la Gran Explosión o Big Bang. A partir de entonces se fue expandiendo. Multitud de fotones y partículas elementales formaban un plasma muy caliente que llenaba el espacio y en el que la materia y la radiación estaban acopladas. La expansión produjo el enfriamiento y llegó un momento en el que la temperatura fue lo suficientemente baja como para que los electrones y protones se combinaran y formaran átomos de hidrógeno. El fondo cósmico de microondas nos muestra cómo era el universo durante esta fase en la que materia y luz se desacoplaron y que tuvo lugar unos 380.000 años después del Big Bang (corrimiento al rojo, $z \sim 1100$).

La recombinación hizo que el universo se volviera neutro. Comenzaba así una larga etapa de oscuridad en la que no existieron fuentes de luz visible que nos aporten información sobre la misma. Hasta que unos cien millones de años después del Big Bang ($z \sim 30$), la fuerza de la gravedad produjo el colapso de estructuras donde se formaron las primeras estrellas. Estas provocaron la reionización del universo y el fin de la “época oscura”.

La etapa de reionización terminó cuando el universo tenía unos mil millones de años ($z \sim 6$). Las galaxias y cuásares más distantes observados hasta la fecha emitieron su luz duran-

te la época de reionización. Así, recientemente se ha publicado en prensa el descubrimiento por un equipo internacional en el que han participado investigadores del IAA de la galaxia más lejana conocida, que se formó apenas doscientos millones de años después del Big Bang ($z=9,6$).

Observaciones de diferente tipo confirman que, efectivamente, el universo atravesó una etapa de reionización. Los espectros de cuásares lejanos y las propiedades de polarización del fondo cósmico de microondas así lo avalan. Sin embargo, quedan dudas por resolver. Una de ellas es: ¿qué produjo la reionización? Aunque las primeras generaciones de estrellas posiblemente fueron capaces de emitir radiación ionizante suficiente, no está claro cómo los fotones lograron escapar del medio interestelar y recorrer sin ser absorbidos las enormes distancias necesarias para ionizar el universo a gran escala. Uno de los escenarios más

atractivos entre los propuestos sugiere que la explosión de numerosas estrellas masivas como supernovas produjo burbujas enormes que horadaron el medio interestelar formando agujeros, como si de un queso gruyere se tratara, por donde la radiación ionizante pudo escapar.

Conroy y Kratter proponen un escenario alternativo en un artículo publicado en agosto de 2012 en la revista



de estallar al cabo de varios millones de años que dura su existencia.

Este fenómeno es conocido en la Vía Láctea, donde se estima que el 30% de todas las estrellas masivas son fugitivas. Es razonable pensar que también fue frecuente en las (proto)galaxias primitivas, donde la actividad de formación estelar fue frenética. Por otro lado, su tamaño era mucho menor, posiblemente de unos cuantos cientos de años luz de diámetro frente a los cien mil de la Vía Láctea. A las enormes velocidades de lanzamiento, las estrellas fugitivas abandonarían fácilmente la zona más densa y rica en gas donde nacieron, para situarse en regiones mucho más tenues y por ello más transparentes a la radiación. Según los modelos de los autores, este mecanismo podría aumentar notablemente la eficacia de los fotones ionizantes para escapar y, por ello, su capacidad de ionizar el medio intergaláctico hasta grandes distancias.

Astrophysical Journal. Basándose en modelos y predicciones teóricas, sugieren que las estrellas fugitivas jugaron un papel importante en la reionización del universo. Se trata de estrellas que son catapultadas de la región donde nacieron a grandes distancias y con velocidades enormes. Así, avanzando a más de treinta kilómetros por segundo, pueden recorrer hasta varios miles de años luz antes

La nueva tecnología astronómica planeada para las próximas décadas, como el telescopio E-ELT, con un espejo primario de cerca de cuarenta metros de diámetro, podrá aclararnos dudas sobre la verdadera naturaleza de las fuentes y los mecanismos responsables de la reionización del universo y del fin de la época oscura.

Montserrat Villar Martín (CAB)

EN BREVE

La “casi luna” de Plutón

► Investigadores de la Universidad Complutense de Madrid han añadido una “casi luna” a la lista de satélites de Plutón, un curioso cuerpo llamado Plutino 15810 que, en principio, parecía asemejarse a lo que se conoce como pseudolunas: cuerpos que, atraídos por la gravedad de un objeto mayor, giran en torno a él varias veces antes de retomar su camino. Sin embargo, el caso del Plutino 15810 es diferente: tanto él como Plutón se hallan en resonancia orbital con Neptuno, lo que produce que la órbita de Plutino 15810 oscile y que parezca que este pequeño objeto gira en espiral en torno a Plutón cuando en realidad lo hace en torno al Sol.

<http://www.skyandtelescope.com/news/Plutos-Fake-Moon-170998771.html>

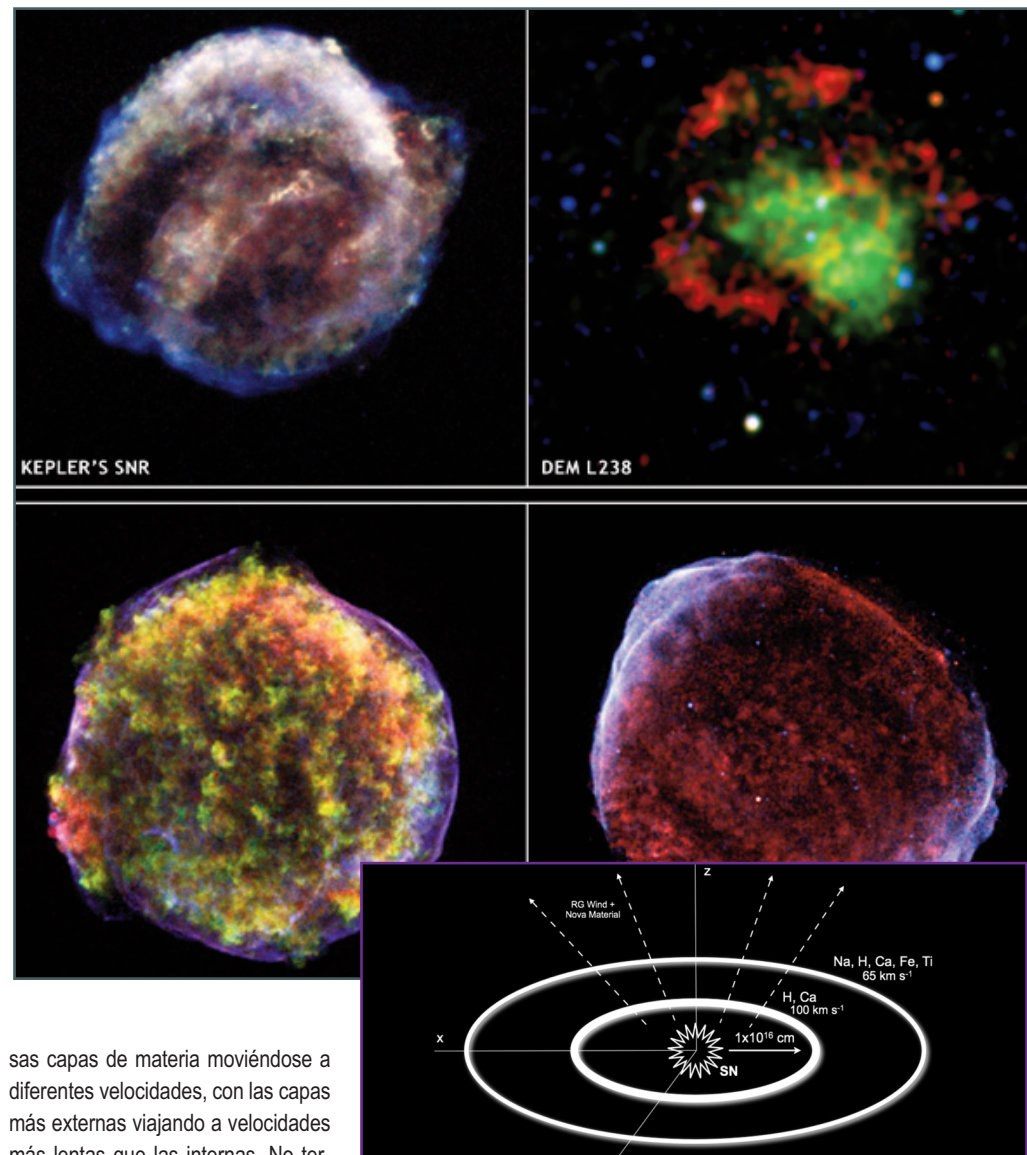


Una supernova de tipo Ia con un progenitor muy particular

La supernova PTF11kx desafía algunas de las características básicas del tipo en el que se encuadra

► Es bien aceptado que las supernovas de tipo Ia (aquellas que no presentan líneas de hidrógeno –tipo I– ni de helio pero sí líneas de silicio en su espectro) resultan de la explosión termonuclear de una enana blanca que obtiene materia de una estrella compañera. La naturaleza de la compañera no es única, si bien en muchos de los casos se trata de una gigante roja. Esta gigante roja suele tener sus capas más externas, la denominada envoltura, muy expandidas y poco ligadas gravitacionalmente, por lo que son capturadas muy fácilmente por la enana blanca. El material “robado” necesita posarse rápida y suavemente sobre la enana blanca, de manera que esta aumente su masa pero no encienda la capa superficial de hidrógeno. La enana blanca va “engordando” hasta que alcanza el denominado límite de Chandrasekhar (alrededor de 1,44 veces la masa del Sol), momento en el que se produce el colapso de la estrella, que adquiere temperaturas tales que puede producir la fusión del carbono en su núcleo. La explosión comienza en el interior de la estrella y se propaga rápidamente hacia las capas más externas. Como dispone de muy poco hidrógeno en su superficie, se ioniza rápidamente y deja trazas muy débiles –casi indetectables– en el espectro.

Este escenario se ha visto enriquecido recientemente. Dilday y colaboradores (2012) realizaron observaciones multiépoca de la supernova PTF 11kx con los telescopios Keck (las primeras observaciones datan del 16 de enero de 2011) y descubrieron que el material circunestelar (CSM) alrededor de la estrella presentaba una estructura muy compleja: la supernova estaba rodeada por diver-



sas capas de materia moviéndose a diferentes velocidades, con las capas más externas viajando a velocidades más lentas que las internas. No terminaban ahí las peculiaridades de PTF11kx: además de presentar líneas de hidrógeno, que no es nada habitual en una supernova tipo Ia, los investigadores encontraron que la interacción entre el material eyectado por la supernova y el CSM no comenzó hasta cincuenta y nueve días después de la explosión, lo que indicaba que el viento pre-supernova no fue constante y que existía una especie de “cavidad” antes de que la materia expulsada chocara con las primeras capas de material circunestelar.

De acuerdo a los autores, el escenario más plausible para PTF 11kx es el siguiente: la masa procedente de la gigante roja iba depositándose como material circunestelar en el sistema binario, concentrándose en su plano

Arriba, remanentes de supernovas de tipo Ia: supernova de Kepler, Dem L238, supernova de Tycho y SN 1006 (NASA/CXC). Debajo, esquema con las capas de material que presentaría PTF 11kx (Science).

orbital. Erupciones episódicas de tipo nova eyectaron masa que fue barriendo el CSM al tiempo que se deceleraba. Así se formaron en su envoltura diferentes regiones: hay una capa más interna que contiene –al menos– hidrógeno y calcio y se mueve a cien kilómetros por segundo, rodeada por una capa más externa que contiene hidrógeno, calcio, sodio, hierro, titanio y helio y se desplaza a sesenta y cinco kilómetros por segundo. La imagen muestra un esquema que visualiza este escenario. Es importante destacar que las novolas son explosiones mucho menos

energéticas que las supernovas, que afectan únicamente a la superficie de las estrellas y que no destruyen el núcleo de las mismas. Sin embargo, cuando finalmente toda la estrella explotó como una supernova, las diferentes capas pudieron verse gracias a su interacción con el material expulsado por la supernova. Los sucesivos espectros tomados hasta ciento treinta días después de la explosión han permitido realizar una “película” de lo que fue la vida de la estrella progenitora y caracterizarla de forma única.

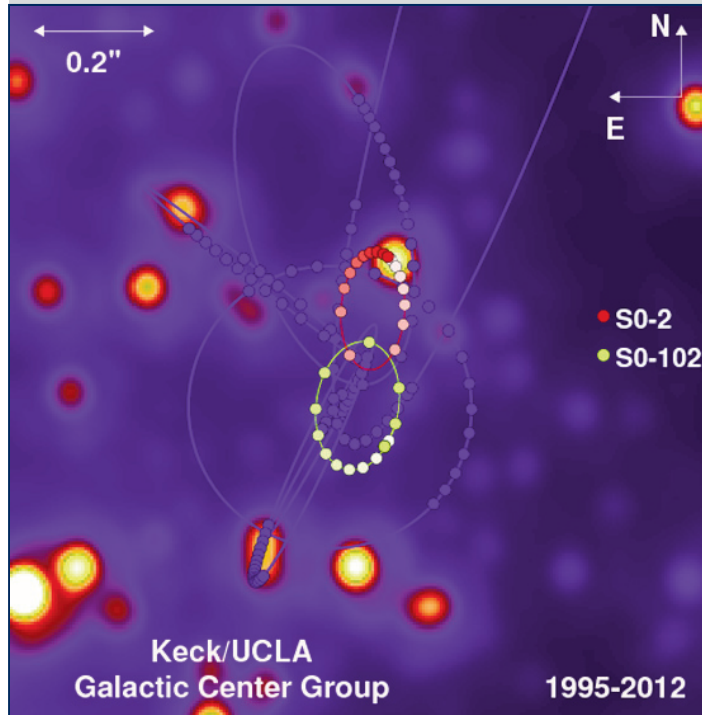
Antxon Alberdi (IAA)

Hallada la estrella más cercana al agujero negro central de la Vía Láctea

La estrella S0-102 gira en torno al agujero negro central de la Vía Láctea en 11,5 años. Permitirá conocer cómo funciona la fuerza de gravedad en entornos extremos y profundizar en el conocimiento de los agujeros negros supermasivos en los núcleos de galaxias

► Un grupo internacional de astrónomos, liderado por Andrea Ghez de la Universidad de California (Los Ángeles), ha hallado la estrella más próxima a Sagitario A*, el agujero negro supermasivo situado en el centro de la Vía Láctea. S0-102, que gira alrededor del agujero negro cada 11,5 días, permitirá conocer cómo opera la ley de la gravedad en entornos extremos. El hallazgo, en el que participa Rainer Schoedel, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), se ha publicado en la revista *Science*.

Para conocer la naturaleza, masa y distancia de Sagitario A* se emplean las órbitas de las estrellas cercanas. "Hasta ahora solo se conocía una estrella, S0-2, que orbita alrededor de Sagitario A* con un periodo inferior a veinte años -destaca el investigador Rainer Schoedel (IAA-CSIC)-. Con el estudio de S0-2, que tarda en completar una órbita 16,2 años, pudimos establecer la masa del agujero negro en cuatro millones de masas solares. Ahora, con el hallazgo de S0-102, se abren posibilidades excitantes: conocemos dos estrellas con órbitas muy próximas a Sagitario A* y podremos comprobar la teoría de la Relatividad General bajo condiciones de gravedad extremas", asegura el astrónomo.



Órbitas de las estrellas más próximas a Sagitario A*. Imagen creada por la Prof. Andrea Ghez y su grupo de investigación en UCLA a partir de datos obtenidos por los telescopios W. M. Keck.



Telescopios Keck (Ethan Tweedie Photography).

La Relatividad General sugiere que la geometría del espacio-tiempo no es rígida, sino que la presencia de materia produce que se modifique y, más concretamente, se "curve" en las inmediaciones de los objetos. Esta curvatura es la causante de los efectos gravitatorios que rigen el movimiento de los cuerpos (tanto el de los planetas alrededor

del Sol como el de los cúmulos de galaxias), y los agujeros negros supermasivos constituyen un entorno idóneo para verificar este efecto.

Estrellas en entornos extremos

Las estrellas S0-2 y S0-102 dibujan órbitas elípticas alrededor de

Sagitario A*, de modo que cada cierto tiempo se hallarán excepcionalmente próximas al agujero negro. Se cree que, en esas circunstancias, su movimiento se verá afectado por la intensa curvatura del espacio-tiempo producida por Sagitario A*, lo que causará, entre otros efectos, que su órbita no termine por cerrarse, sino que trace una elipse abierta. "Medir los efectos de la gravedad sobre las órbitas estelares es muy interesante porque la gravedad es la menos conocida de las cuatro fuerzas fundamentales", señala Schoedel (IAA-CSIC). "Pero el entorno de Sagitario A*, con miles de estrellas y remanentes estelares, era un entorno difícil: no podíamos medir las desviaciones en S0-2 porque la masa de esos cuerpos, indetectables con los telescopios actuales, también contribuye a las alteraciones de la órbita. Para poder desenredar los distintos efectos (Relatividad General y masa alrededor de Sagitario A*), se necesitaban al menos dos estrellas que podamos medir con alta precisión".

El hallazgo de S0-102 abre así la puerta a diversos experimentos que permitirán comprobar el funcionamiento de la Relatividad General, así como ahondar en el conocimiento de los agujeros negros supermasivos.

La detección de la estrella ha sido posible gracias a un archivo de imágenes de alta resolución obtenidas por el telescopio W. M. Keck a lo largo de los últimos diecisiete años, y a un método de análisis de imagen desarrollado por Schoedel que permite detectar, en imágenes antiguas y menos sensitivas que las más recientes, estrellas que antes resultaban demasiado débiles y pasaban inadvertidas. "Gracias a esta nueva técnica pudimos detectar S0-102 en una imagen tomada hace unos diez años y seguirla a lo largo de su órbita", destaca el astrónomo.

Entre un 20% y un 80% de las supernovas pasan desapercibidas en los estudios ópticos

El oscurecimiento producido por el polvo impide que se detecte una de cada cinco supernovas en las galaxias cercanas y cuatro de cada cinco en galaxias distantes

► Un grupo internacional de astrónomos, en el que participa Miguel Ángel Pérez-Torres, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha determinado que una de cada cinco supernovas que estallan en galaxias cercanas pasa desapercibida en los estudios ópticos, una tasa que aumenta hasta cuatro de cada cinco en el caso de las galaxias lejanas. El estudio, publicado en la revista *The Astrophysical Journal*, concuerda con la tasa de formación estelar que manejan los astrónomos y que había sido discutida en trabajos anteriores. Las estrellas con más de ocho veces la masa del Sol, conocidas como estrellas masivas, son la componente

fundamental de la luminosidad estelar global de las galaxias y constituyen una herramienta para comprender cómo y a qué ritmo se forman las estrellas. Sin embargo, su estudio se complica debido al oscurecimiento por el polvo de las regiones centrales de las galaxias, donde se concentra la natalidad estelar.

Una solución a este problema reside en el estudio de una de las últimas etapas de su vida: las explosiones de supernova. "El número de estrellas masivas que explotan en forma de supernova debe ser equivalente al de estrellas masivas que nacen", señalaba Seppo Mattila (Univ. Turku, Finlandia), primer autor del trabajo,

durante la segunda reunión LIRG que tuvo lugar en el Instituto de Astrofísica de Andalucía. Así, el recuento del número de supernovas es un trazador de la tasa de formación de estrellas masivas y puede utilizarse incluso para determinar la tasa total de formación estelar.

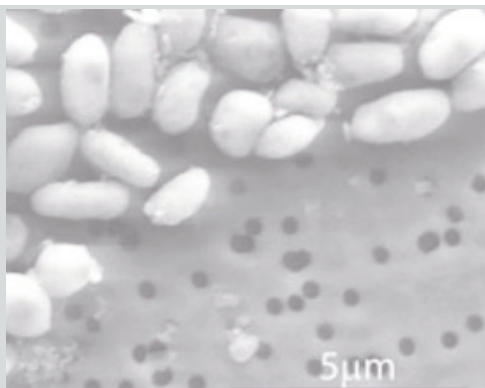
Una herramienta necesaria, porque hace algo más de un año se publicaba un estudio que sugería que la tasa de formación estelar a lo largo de la historia del universo era aproximadamente la mitad de la teóricamente esperada. "Con este trabajo -apunta Miguel Ángel Pérez-Torres (IAA-CSIC)- demostramos que en realidad no hay un problema con la tasa de

supernovas: cuando se tiene en cuenta el número de supernovas que no pueden detectarse debido a la enorme cantidad de polvo que existe en las regiones centrales de estas galaxias, los números casan muy bien con las predicciones teóricas".

Para determinar el porcentaje de supernovas "perdidas", los astrónomos consideraron los escenarios donde se concentra la formación de estrellas: en el universo cercano tiene lugar, sobre todo, en galaxias normales con alto contenido en polvo, mientras que en el universo lejano se aglutina en un tipo de galaxias específico, las galaxias luminosas y ultraluminosas en el infrarrojo (conocidas como LIRG y ULIRG, por sus nombres en inglés). Así obtuvieron los porcentajes del 20% y del 80% de supernovas no observadas.

"Se trata de un resultado prometedor -comenta Miguel Ángel Pérez-Torres (IAA-CSIC)-, pero necesitamos muestrear un mayor número de LIRGs en el universo local para mejorar la significancia estadística. Nuestro grupo del IAA lidera las observaciones con redes de radiointerferómetros de estas muestras de galaxias, y en radio no tenemos problemas de oscurecimiento. Estas observaciones han sido fundamentales para tener en cuenta cuántas supernovas no se ven (aunque sí explotan) en las LIRGs", concluye el astrónomo.

Silbia López de Lacalle (IAA)



Las bacterias GFAJ-1 sí necesitan fósforo

► Después de más de un año y medio de controversia, ya existe un veredicto oficial: las bacterias del lago Mono tolerantes al arsénico no pueden vivir sin fósforo. Dos trabajos han rebatido los resultados presentados en 2010 por Felisa Wolfe-Simon (y difundidos por la NASA con altas dosis de sensacionalismo), y que sostenían que las bacterias GFAJ-1 podían emplear arsénico en lugar de fósforo para su desarrollo. Aunque las bacterias siguen siendo dignas de estudio por su increíble tolerancia al arsénico, la vida sigue dependiendo de los elementos de siempre: hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre.

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=arsenic-tolerant-bacterium-needs-phosphorus>

Rayos X en una burbuja

► Un grupo internacional de astrónomos, entre ellos Jesús A. Toalá y Martín A. Guerrero del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), han colaborado en el estudio de la nebulosa circunestelar S308 con el satélite de rayos X XMM-Newton de la Agencia Espacial Europea (ESA). Con este estudio, publicado en *The Astrophysical Journal*, se ha completado el análisis de las propiedades físicas del gas caliente dentro de la nebulosa.

Este tipo de nebulosas o burbujas circunestelares se forman alrededor de estrellas cuya masa inicial es superior a ocho masas solares. En las etapas finales de vida de estas estrellas, pierden su envoltura por medio de sus poderosos vientos, justo antes de explotar como supernova. Debido a estos vientos, se crean choques que calientan el material a temperaturas de más de un millón de grados que pueden ser observados con telescopios de rayos X. Al mismo tiempo, estas estrellas son tan calientes como para ionizar el medio en el que el viento es expulsado, creando nebulosas que

pueden ser detectadas con telescopios ópticos, por ejemplo con el Telescopio de cuatro metros del Observatorio Inter-Americano de Cerro Tololo, como es el caso de S308. Estas diferentes componentes se pueden observar en la imagen superior: en rojo se muestra la emisión de hidrógeno ionizado (H α), en verde la emisión de oxígeno dos veces ionizado ([OIII]) y en azul el gas emisor en rayos X. Este estudio muestra que el gas

caliente tiene temperaturas de alrededor de un millón de grados, lo que sigue siendo un problema a resolver por los astrónomos, dado que los modelos teóricos predicen que este gas debería tener temperaturas de cientos de millones de grados. Una de las alternativas planeadas por el grupo de investigación sostiene que el gas caliente está siendo mezclado con el gas más frío del exterior, haciendo que el plasma se enfríe hasta las tempera-

turas observadas. Este resultado es congruente con la morfología observada de la emisión en rayos X, la cual puede ser interpretada como una cáscara delgada de gas caliente. La clave puede hallarse en la interfase entre estas dos componentes, la cual será estudiada en breve usando observaciones UV con el espectrógrafo STIS a bordo del Telescopio Espacial Hubble.

Jesús A. Toalá (IAA)



ENTRE BASTIDORES

AUMENTAR EL ALCINE

ALBERTO FERNÁNDEZ SOTO (IFCA, CSIC-UC)

El pasado 4 de julio fue uno de esos extraños días en que la ciencia se cuele por todas partes. Todos los medios se hicieron eco del anuncio del posible descubrimiento del bosón de Higgs. Pero, mirando comentarios en las noticias de los medios digitales, he visto que muchos hablan de la futilidad de estudiar “esas cosas” cuando hay tantos problemas en la tierra por resolver.

Bueno, he buscado y encontrado varias cifras para el coste total del *Large Hadron Collider* (LHC), el acelerador de partículas propiedad del CERN donde se ha descubierto el bosón de Higgs. En general hablan de alrededor de unos 6-8 mil millones de euros. Que no es poco, por supuesto. Con ese dinero se podría alimentar a los mil millones de hambrientos del mundo durante una semana. O se podría doblar el presupuesto de educación de Europa Occidental durante un mes. O comprar un par de submarinos nucleares -no de último modelo, por cierto-

O Estados Unidos podría haber pagado el 1% de sus gastos en la guerra de Irak...

Es decir, que sí, que sin duda es un experimento caro. Del orden de diez mil personas han trabajado o trabajan en él desde hace decenios: físicos, informáticos, ingenieros, y expertos de todo tipo. Pero todo depende de con qué compartemos el coste, y de cuáles sean nuestros valores.

Hank Green presentó un precioso video justificando el presupuesto de NASA en su capacidad de “reducir la mugre, aumentar el alucine” (“*reduce suck, increase awesome*”). La idea es que hay dos formas en las que podemos utilizar el dinero para mejorar el mundo. Una es reducir las cosas que no nos gustan: podemos usar nuestro dinero para alimentar a la gente, para construir escuelas y hospitales, para ofrecer becas, o para financiar asilos de ancianos. Todas esas ideas son buenas, por supuesto, “reducen la mugre” y mejoran la calidad de vida de la gente.

Pero también podemos mejorar la calidad de vida de la gente dedicando dinero a proyectos que “aumentan el alucine”. Gran parte de la ciencia básica entra aquí, dejando de lado el hecho de que en muchos casos tendrá también aplicaciones (materialmente) útiles en un futuro a medio o largo plazo. Las imágenes tomadas por el Telescopio Espacial Hubble, la posibilidad de observar fotos del anochecer en Marte, el hecho de entender el genoma completo del ser humano, la posibilidad de detectar y estudiar vida extraterrestre, poder meter la nariz en los secretos más íntimos de la materia... son pequeñas cosas que aumentan nuestra calidad de vida, simplemente porque nos hacen pensar. O porque, por un momento, nos permiten abstraernos de los problemas diarios y ver que realmente hay sitio para el conocimiento y la exploración. O simplemente, “porque alucinamos”. Cuesta dinero, claro. Pero merece la pena.

SALA limpia



por Miguel Abril (IAA)

la respuesta:

¿Cuál de estos inventos NO es real?

- A) UN BALÓN DIRIGIDO POR CONTROL REMOTO
- B) UN BALÓN QUE EXTRAE ENERGÍA DE LAS PATADAS PARA ENCENDER LUCES
- C) UN BALÓN CON GPS PARA EVITAR GOLES FANTASMA
- D) UN BALÓN CON CÁMARA INCORPORADA

¿Cuál sería el fundamento de un balón teledirigido? Los aviones modifican su trayectoria mediante superficies de control (alerones, flaps y timones de profundidad y dirección), pero en el caso que nos ocupa no es posible utilizar ese recurso porque se perdería la forma esférica, paradigma y señal identificativa por antonomasia de un balón. Existen soluciones alternativas, como variar remotamente y de forma controlada el centro de gravedad del balón para conseguir modificaciones en su trayectoria. Sin embargo, de momento no se han adoptado, así que la respuesta incorrecta es la A. No, no existe un balón dirigido por control remoto, a pesar de que algunos esgrimieron el famoso gol de falta de Roberto Carlos a Francia en el 97 como prueba irrefutable de lo contrario. Por sorpren-

dente que parezca, incluso una trayectoria tan inverosímil puede explicarse únicamente mediante leyes físicas (*). El resto de los inventos propuestos como posible respuesta son, por tanto, reales. Así, el ostentadamente bautizado como 'balón del futuro', cuyo nombre oficial es CTRUS, cuenta con un receptor GPS que permite conocer su posición en cada instante. ¿Se podría usar para detectar goles fantasma, tal y como proponía la respuesta C? Precisamente decíamos en el número anterior que la precisión del sistema GPS es de algunos centímetros si se contaba con técnicas como el GPS diferencial, lo cual probablemente no sería suficiente para determinar con total fiabilidad si el balón pasa o no la línea. ¿Decepcionados? ¡No, por favor! El balón del futuro tiene soluciones para todo: además del receptor GPS, cuenta

con sensores RFID, parecidos a los que se usan en las tiendas de ropa para evitar robos, que ayudados por otros sensores colocados en la portería sí lograrán determinar con suficiente precisión si el balón entró o no. El GPS se utilizará, más probablemente, para localizar el balón cuando un central pleno de fuerza pero carente de técnica lo mande al tercer anfiteatro o, en la versión *amateur* del problema, al huerto de remolachas vecino del campo de fútbol municipal. Con el precio que tendrán estos balones, esta aplicación será sin duda mucho más útil que la de detectar goles fantasma. Pero el balón del futuro no se limita a eso, ya que también es la clave de la respuesta D. Y es que no solo de sensores vive el hombre: el CTRUS cuenta además con una cámara que, asistida por un sistema estabilizador, tomará imágenes durante el vuelo del balón. Imágenes que prometen ser espectaculares, no solo en los goles sino, sobre todo, en los lanzamientos de falta que golpeen el rostro sorprendido de uno de los valientes de la barrera.

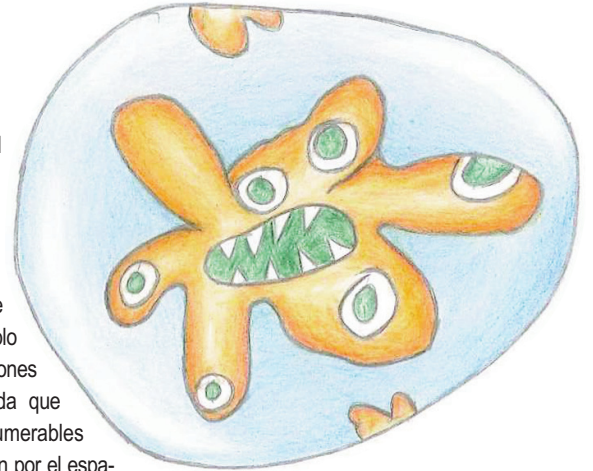
Sin embargo, la investigación en el deporte también alimenta metas mucho más elevadas que las del mero entretenimiento: como se apuntaba en la respuesta B, se ha desarrollado un balón, de nombre Soccket, que aprovecha la energía de las patadas para cargar una batería interna, que luego puede ser utilizada para encender una lámpara o hacer funcionar pequeños electrodomésticos. Si bien un primer vistazo a la noticia puede llevar a calificar el invento de ridículo y absurdo, una lectura más detenida revela los nobles fines del artefacto: está destinado a zonas de difícil acceso de países en vías de desarrollo a las que no llega la red eléctrica. Así, esta carencia puede paliarse, en parte, a partir de una fuente energética tan natural e inagotable como es el juego de los niños. El invento tiene, sin embargo, un pequeño inconveniente: para encender las lámparas de un poblado de, digamos, once casas, sería necesario utilizar once balones en cada partido, lo cual fomenta claramente el individualismo y perjudica el juego de equipo.

la pregunta:

Para la pregunta de este número tenía varias ideas. Entre los temas que barajaba estaban los robots, los superordenadores y los grandes telescopios. Pero finalmente no voy a hablar de nada de eso, porque la actualidad manda... de nuevo. Cuando lea esta frase, mi editora (**) seguramente estará echándose las manos a la cabeza mientras piensa cómo decirme de una forma delicada que prescindir de mis servicios como articulista. Pero, para su tranquilidad, esta vez no se trata de Eurocopas, Mundiales ni Olimpiadas, sino de algo mucho más relacionado con la astronomía: el *Curiosity* amartizó el pasado mes de

agosto y en estos momentos deambula por la superficie del planeta rojo. Aunque los objetivos científicos de la misión se centran sobre todo en los campos de la geología, geoquímica y procesos atmosféricos, existe la posibilidad de que encuentre trazas de vida antigua o, incluso, organismos vivos. Este hallazgo sería uno de los logros científicos más importantes en la historia de la humanidad, un descubrimiento que probablemente cambiaría la concepción filosófica del ser humano sobre sí mismo y su entorno. Porque, a pesar de que la visión antropocéntrica del universo pasó hace mucho tiempo de moda y hoy sabemos a ciencia cierta que solo somos una minúscula burbuja

de espuma en el vasto océano cósmico, a pesar de que todos estamos casi seguros de que el hombre probablemente solo es una de las billones de formas de vida que habitan los innumerables mundos que vagan por el espacio, el hallazgo definitivo de una forma de vida extraterrestre sería la constatación formal de nuestra pequeñez. Un logro que, sin embargo, quedaría sujeto a dudas hasta que se respondiera a una pregunta mucho menos filosófica que la de si estamos solos en el universo: si el



Forma de vida marciana... ¿o no? (Interpretación artística a cargo de Miguelito, el hijo del autor) (*)

Curiosity encuentra vida... ¿cómo sabremos que es efectivamente vida marciana y no microorganismos que ha llevado la propia nave desde la Tierra?

RESPUESTAS

- A) SI SON VERDES, SON MARCIANOS
- B) SI SE PELEAN, SON DE LA TIERRA

- C) UN ORGANISMO EXTRATERRESTRE DIFERIRÍA TANTO DE UNO TERRESTRE QUE HABRÍA MILES DE FORMAS DE DISTINGUIRLOS
- D) NO LO SABRÍAMOS

(*) Si desea ver el gol de Roberto Carlos, conocer más sobre los balones del futuro o ver otras interpretaciones del artista sobre la vida marciana, escriba un mensaje a mabril@iaa.es.

(**) Siempre había querido decir 'mi editora'.

Pilares científicos

Las grandes preguntas de la humanidad siempre han surgido al observar el cielo estrellado. Entre ellas, si estamos solos y de dónde venimos. Por lo que sabemos hasta la fecha, nuestro planeta es el único lugar del cosmos donde existen seres vivos, pero resulta evidente que la Tierra no tiene por qué ser el único planeta vivo del universo. Por ello se investiga la posibilidad de que exista o haya existido vida en otros cuerpos del Sistema Solar como Marte, Europa o Titán. De hecho, en estos momentos está comenzando a recorrer el cráter Gale del planeta rojo el más complejo de los robots enviados a él por la NASA, *Curiosity*, para caracterizar la potencial habitabilidad pasada y presente de Marte. Además, el número creciente de planetas extrasolares que se están detectando en torno a otras estrellas amplía cada día el abanico de posibles Tierras en las que la vida pudo originarse y evolucionar. Por tanto, resulta fundamental investigar sobre las diferentes condiciones físico-químicas en las que la vida, cualquier tipo de vida, puede comenzar.

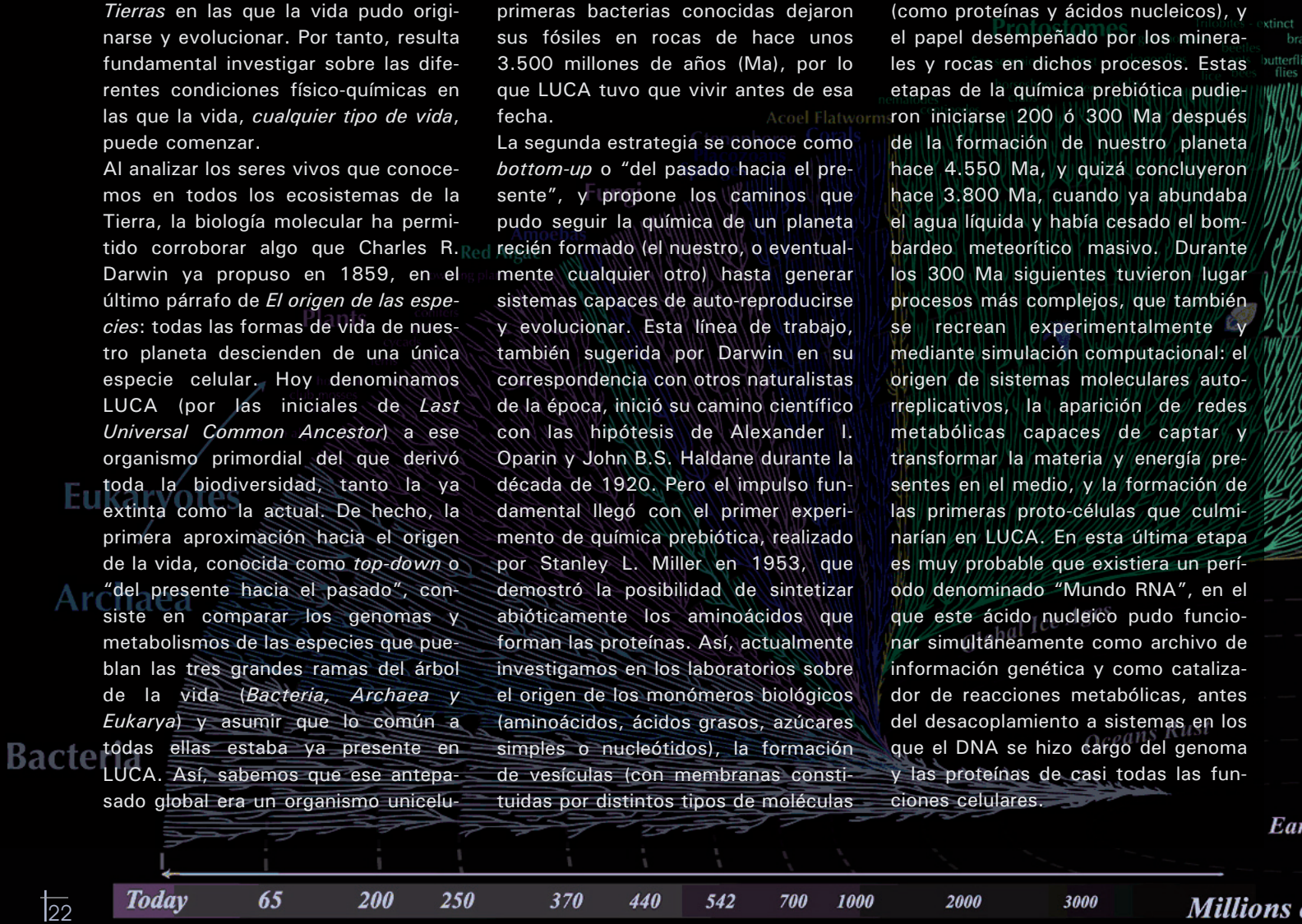
Al analizar los seres vivos que conocemos en todos los ecosistemas de la Tierra, la biología molecular ha permitido corroborar algo que Charles R. Darwin ya propuso en 1859, en el último párrafo de *El origen de las especies*: todas las formas de vida de nuestro planeta descienden de una única especie celular. Hoy denominamos LUCA (por las iniciales de *Last Universal Common Ancestor*) a ese organismo primordial del que derivó toda la biodiversidad, tanto la ya extinta como la actual. De hecho, la primera aproximación hacia el origen de la vida, conocida como *top-down* o "del presente hacia el pasado", consiste en comparar los genomas y metabolismos de las especies que pueblan las tres grandes ramas del árbol de la vida (*Bacteria*, *Archaea* y *Eukarya*) y asumir que lo común a todas ellas estaba ya presente en LUCA. Así, sabemos que ese antepasado global era un organismo unicelular, sin núcleo definido, y que su



genoma de DNA se expresaba en el sentido DNA → RNA → proteína. Las primeras bacterias conocidas dejaron sus fósiles en rocas de hace unos 3.500 millones de años (Ma), por lo que LUCA tuvo que vivir antes de esa fecha.

La segunda estrategia se conoce como *bottom-up* o "del pasado hacia el presente", y propone los caminos que pudo seguir la química de un planeta recién formado (el nuestro, o eventualmente cualquier otro) hasta generar sistemas capaces de auto-reproducirse y evolucionar. Esta línea de trabajo, también sugerida por Darwin en su correspondencia con otros naturalistas de la época, inició su camino científico con las hipótesis de Alexander I. Oparin y John B.S. Haldane durante la década de 1920. Pero el impulso fundamental llegó con el primer experimento de química prebiótica, realizado por Stanley L. Miller en 1953, que demostró la posibilidad de sintetizar abióticamente los aminoácidos que forman las proteínas. Así, actualmente investigamos en los laboratorios sobre el origen de los monómeros biológicos (aminoácidos, ácidos grasos, azúcares simples o nucleótidos), la formación de vesículas (con membranas constituidas por distintos tipos de moléculas

anfílicas) que compartimentan el sistema químico y lo diferencian de su entorno, el origen de los biopolímeros (como proteínas y ácidos nucleicos), y el papel desempeñado por los minerales y rocas en dichos procesos. Estas etapas de la química prebiótica pudieron iniciarse 200 ó 300 Ma después de la formación de nuestro planeta hace 4.550 Ma, y quizá concluyeron hace 3.800 Ma, cuando ya abundaba el agua líquida y había cesado el bombardeo meteorítico masivo. Durante los 300 Ma siguientes tuvieron lugar procesos más complejos, que también se recrean experimentalmente y mediante simulación computacional: el origen de sistemas moleculares autorreplicativos, la aparición de redes metabólicas capaces de captar y transformar la materia y energía presentes en el medio, y la formación de las primeras proto-células que culminarían en LUCA. En esta última etapa es muy probable que existiera un período denominado "Mundo RNA", en el que este ácido nucleico pudo funcionar simultáneamente como archivo de información genética y como catalizador de reacciones metabólicas, antes del desacoplamiento a sistemas en los que el DNA se hizo cargo del genoma y las proteínas de casi todas las funciones celulares.



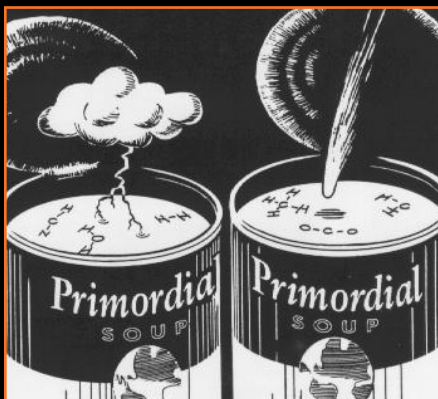
DE LA VIDA

Incertidumbres

El origen de la vida es un campo de investigación fascinante e interdisciplinar. Y está lleno de incertidumbres. De hecho, a pesar de lo mucho que se ha avanzado durante las últimas décadas, es más lo que desconocemos que lo que sabemos, y quizá nunca podamos establecer *cómo* ocurrió ya que fue un evento histórico y por lo tanto resulta irrepetible.

Un primer tema abierto es la propia definición de *vida*. En la compleja transición entre la química y la biología se produjeron (fruto del azar y la necesidad) diferentes eventos que originaron sistemas compartimentados, con metabolismo y material genético, capaces de replicarse y evolucionar por selección natural. Filósofos y científicos han situado el límite entre "lo vivo" y lo "no vivo" en distintos puntos de ese camino. Así, aunque es evidente que los organismos (pluri- o uni-) celulares son seres vivos, estamos rodeados por sistemas más simples y muy interesantes, como los virus o los viroides, cuya adscripción es conflictiva: se replican y evolucionan, pero solo a expensas del metabolismo de la célula parasitada. Existen entidades aún más controvertidas como los cristales inorgánicos capaces de hacer copias de sí mismos, o los programas informáticos que se autorreplican y evolucionan para adaptarse a los recursos disponibles en el ordenador que los aloja. Por tanto, ante la imposibilidad de consensuar *qué* es la vida se proponen distintas *definiciones operativas*, que resultan útiles para investigar sobre su origen. Entre ellas está la acuñada por el bioquímico Gerald F. Joyce, que, por su amplitud y universalidad, ha sido asumida por el Instituto de Astrobiología de la NASA: "un ser vivo es un sistema químico auto-mantenido que evoluciona como consecuencia de su interacción con el medio".

En el ámbito de la química prebiótica existen dudas sobre cómo pudieron ori-



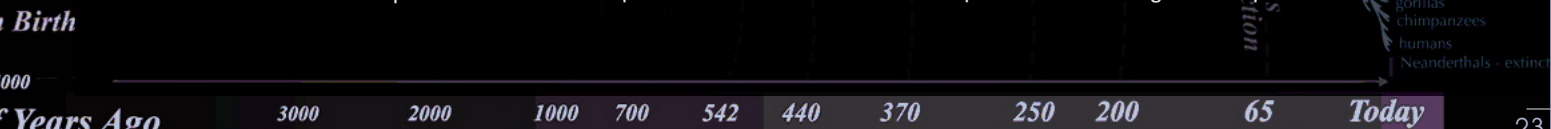
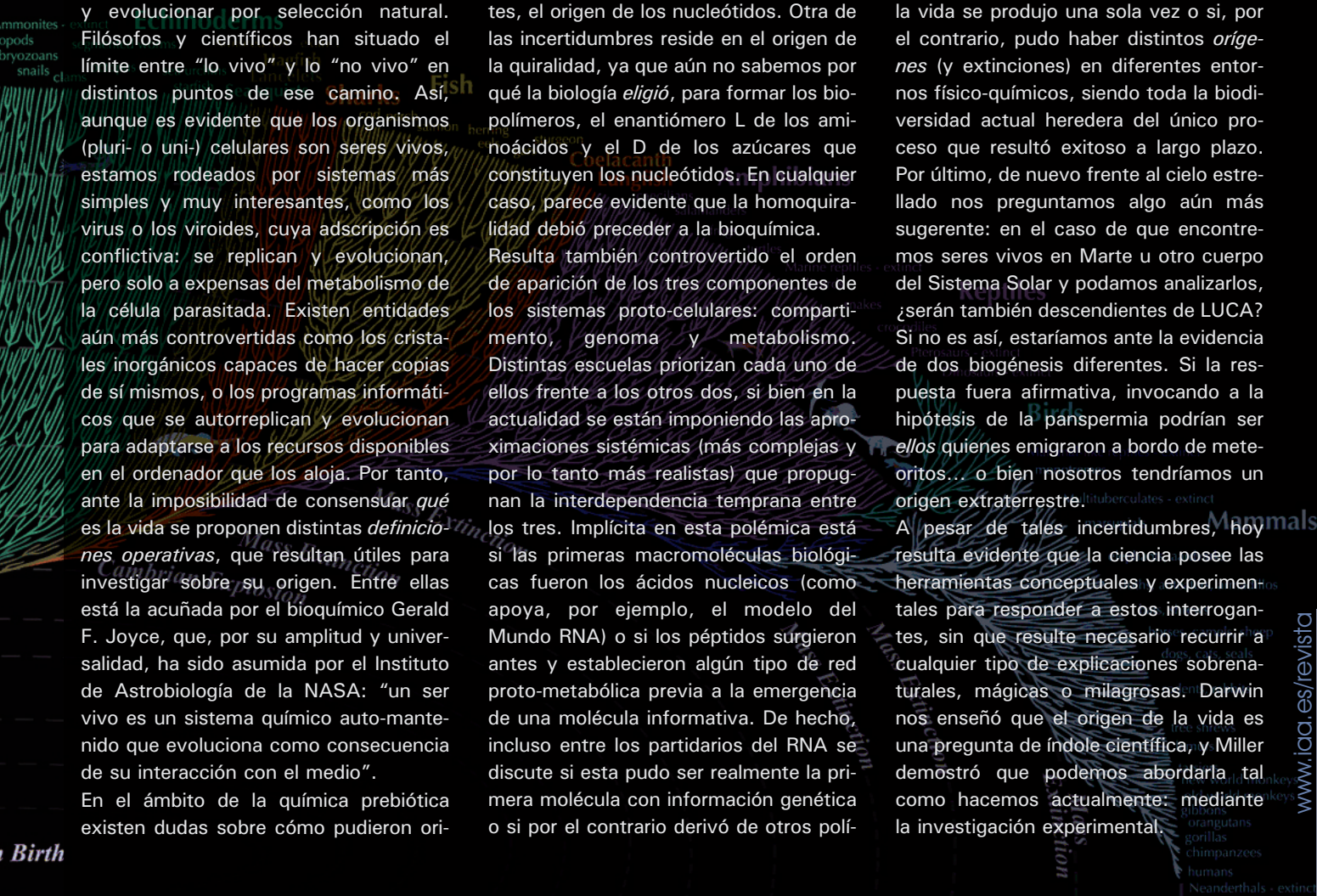
ginarse algunos de los monómeros fundamentales. Por ejemplo, la eficiencia de la síntesis "tipo Miller" de aminoácidos habría dependido del carácter reductor que pudiera tener nuestra atmósfera primitiva. Tampoco se ha explicado por completo, a pesar de los avances recientes, el origen de los nucleótidos. Otra de las incertidumbres reside en el origen de la quiralidad, ya que aún no sabemos por qué la biología *eligió*, para formar los biopolímeros, el enantiómero L de los aminoácidos y el D de los azúcares que constituyen los nucleótidos. En cualquier caso, parece evidente que la homociralidad debió preceder a la bioquímica. Resulta también controvertido el orden de aparición de los tres componentes de los sistemas proto-celulares: compartimento, genoma y metabolismo. Distintas escuelas priorizan cada uno de ellos frente a los otros dos, si bien en la actualidad se están imponiendo las aproximaciones sistémicas (más complejas y por lo tanto más realistas) que propugnan la interdependencia temprana entre los tres. Implícita en esta polémica está si las primeras macromoléculas biológicas fueron los ácidos nucleicos (como apoya, por ejemplo, el modelo del Mundo RNA) o si los péptidos surgieron antes y establecieron algún tipo de red proto-metabólica previa a la emergencia de una molécula informativa. De hecho, incluso entre los partidarios del RNA se discute si esta pudo ser realmente la primera molécula con información genética o si por el contrario derivó de otros polí-

meros más estables, quizá similares a ciertos análogos sintéticos de ácidos nucleicos. Planteamientos más radicales han postulado que la información presente en la secuencia de nucleótidos del RNA o DNA fue precedida por sistemas inorgánicos, en concreto arcillas del tipo de los filosilicatos, capaces de almacenar cierta cantidad de información y de hacer, en determinadas circunstancias, copias de sí mismos. Así, una de las principales incertidumbres tiene que ver con el origen de la información heredable.

Por otra parte, aunque cada vez sabemos más acerca de LUCA, son muchas las preguntas abiertas sobre cómo sería aquella especie pionera. Su genoma podría tener, según distintos autores, entre 200 y 1000 genes. En cuanto a su metabolismo, se discute si las primeras células extraían la energía de los compuestos oxidables presentes en las rocas (sistema llamado quimio-litoautotrofia), de la luz solar (fotosíntesis), o de los compuestos orgánicos disponibles (fermentación o respiración).

Otra cuestión relevante es si el origen de la vida se produjo una sola vez o si, por el contrario, pudo haber distintos *orígenes* (y extinciones) en diferentes entornos físico-químicos, siendo toda la biodiversidad actual heredera del único proceso que resultó exitoso a largo plazo. Por último, de nuevo frente al cielo estrellado nos preguntamos algo aún más sugerente: en el caso de que encontremos seres vivos en Marte u otro cuerpo del Sistema Solar y podamos analizarlos, ¿serán también descendientes de LUCA? Si no es así, estaríamos ante la evidencia de dos biogénesis diferentes. Si la respuesta fuera afirmativa, invocando a la hipótesis de la panspermia podrían ser *ellos* quienes emigraron a bordo de meteoritos... o bien nosotros tendríamos un origen extraterrestre.

A pesar de tales incertidumbres, hoy resulta evidente que la ciencia posee las herramientas conceptuales y experimentales para responder a estos interrogantes, sin que resulte necesario recurrir a cualquier tipo de explicaciones sobrenaturales, mágicas o milagrosas. Darwin nos enseñó que el origen de la vida es una pregunta de índole científica, y Miller demostró que podemos abordarla tal como hacemos actualmente: mediante la investigación experimental.



DESTACADOS

CIENCIA EN LA CALLE

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) ha coordinado una serie de actividades en defensa de la inversión en ciencia y como protesta a la precaria situación de la investigación en España: los recortes en financiación, que ascienden a un 33,9% en el periodo entre 2010 y 2012, ponen en peligro el tejido científico desarrollado durante la última década y sitúan al país a las puertas de una fuga de cerebros multigeneracional..

Se han organizado concentraciones, un *flash mob* y actividades de divulgación en la calle que buscan concienciar a la población de la importancia de la investigación.



CIENCIA EN CRISIS

¿QUÉ PIERDES TÚ SI SE PIERDE LA CIENCIA?

¿ESTAMOS YA "PROBANDO CON LA IGNORANCIA"?

1. **Las palabras**

MAYO DE 2011

EL 99% DE LOS MIEMBROS DEL CONGRESO Y EL SENADO APROBABA LA LEY DE LA CIENCIA, CUYO PREÁMBULO DICE: "EL MODELO PRODUCTIVO ESPAÑOL (...) SE HA AGOTADO, CON LO QUE ES NECESARIO IMPULSAR UN CAMBIO A TRAVÉS DE LA ADAPTAÇÃO A LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN COMO MEDIOS PARA CONSEGUIR UNA ECONOMÍA BASADA EN EL CONOCIMIENTO QUE PERMITA GARANTIZAR UN CRECIMIENTO MÁS EQUILIBRADO, DIVERSIFICADO Y SOSTENIBLE"

TAMBIÉN EL CONSEJO EUROPEO "CONFIRMA LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN COMO MOTORES DE CRECIMIENTO Y EMPLEO" (MEMORANDUM 02/03/2012)

2. **La calidad**

ADIÓS CARRERA CIENTÍFICA, ADIÓS

REDUCCIÓN DEL PRESUPUESTO

EN 2012 SE DESCLASIFICÓ AL EXTRAÑO MATERIAL QUE NIKOLA TESLA dejó como legado antes de desaparecer. Estos son los TESLABLOGS.

<http://www.iaa.es/cienciaenlacalle>

Dos videoblogs históricos falsos: Nikola Tesla cede el relevo a Henrietta Leavitt



¿Cómo divulgaría ciencia un personaje histórico si dispusiera de las herramientas con las que contamos hoy día? Esta pregunta se halla en la base del un proyecto de divulgación del IAA que protagonizan Nikola Tesla, inventor que permitió generalizar el uso de la energía eléctrica, y Henrietta Leavitt, astrónoma que nos legó, entre otras cosas, un método para medir distancias en el universo. Mientras se publican los últimos videoblogs de la serie de Tesla, comienza *El extraño caso de Henrietta Leavitt y Erasmus Cefeido*.

<http://teslablog.iaa.es>

EL RADIOSCOPIO

<http://radioscopio.iaa.es>

EL RADIOSCOPIO

Hay mucha más ciencia de la que crees

Ya ha comenzado la segunda temporada de El Radioscopio, un programa de divulgación científica realizado y producido desde Canal Sur Radio en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). Presentado y dirigido por Susana Escudero (RTVA) y Emilio J. García (IAA), este programa aborda la divulgación de la ciencia con humor y desde una perspectiva original y muy rigurosa.

CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS

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