

UN CAMBIO DE

PERSPECTIVA

En 1974, el astronauta de la misión Apolo 15, Al Worden, publica un poema titulado “Perspectiva”. En él describe la visión que, desde el módulo que orbita la Luna, tiene de la pequeña esfera azul que es la Tierra. Son apenas 385.000 km, una insignificancia en la infinidad del universo, pero le suponen un auténtico cambio de perspectiva.

Ahora ya sé por qué estoy aquí,
No para mirar de cerca la Luna
Sino para mirar atrás
A nuestro hogar
La Tierra

En esta exposición te proponemos un cambio de perspectiva diferente e incluso, quizá, más drástico: el que nos produce la investigación del cosmos, la astrofísica, y para el que basta con mirar al cielo desde la Tierra.

El IAA-CSIC
45 años buscando nuevas perspectivas

Las ciencias del espacio cubren multitud de objetos y manejan unas distancias de vértigo, que abarcan desde nuestra propia atmósfera hasta miles de millones de años luz. En el Instituto de Astrofísica de Andalucía - un centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) - cuya andadura comenzó hace cuarenta y cinco años con un enérgico impulso hacia el desarrollo tecnológico, tenemos la suerte de poder abarcar a día de hoy todo ese panorama -una suerte, claro, producto de décadas de trabajo-, y de participar además en proyectos internacionales revolucionarios.

¿Ves un pequeño punto luminoso en el centro a la derecha de la imagen, debajo de los anillos de Saturno? Es la Tierra a unos 1440 millones de kilómetros. La imagen fue tomada por la sonda Cassini en 2013 mientras giraba en torno al planeta de los anillos. Se trata de la tercera vez que tenemos una imagen de nuestro planeta desde el Sistema Solar exterior: las otras dos fueron tomadas por la propia Cassini en 2006 y por la sonda Voyager-1 en 1990.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute**

PERSPECTIVA es una producción del Instituto de Astrofísica de Andalucía - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IAA-CSIC).

IDEA ORIGINAL	**Isabel Márquez**
COMISARIADO	**Emilio García**
TEXTOS	**Emilio García, Silbia López de Lacalle & Alicia Pelegrina**
DIRECCIÓN CIENTÍFICA	**Antxón Alberdi & Isabel Márquez**
DISEÑO & MAQUETACIÓN	**Colectivo Verbena**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

VIVIMOS EN LA ATMÓSFERA DEL SOL

Puede parecer una bola de plasma de contorno bien definido, pero en realidad la atmósfera del Sol se extiende millones de kilómetros e inunda todo el sistema planetario con un flujo de partículas de alta velocidad en forma de viento solar. Un viento a veces calmado y otras violento y explosivo, con ráfagas de hasta un millón de kilómetros por hora. Y sumergido en este “clima espacial”, nuestro planeta azul, protegido por su campo magnético mientras orbita, literalmente, el interior de una estrella.

SOL MAGNÉTICO

Sabemos que el Sol muestra regiones algo más frías, que nosotros observamos como manchas. También que sufre fenómenos violentos (que, además de producir las auroras boreales, pueden incluso provocar apagones en la Tierra), y que su actividad se ciñe a un ciclo de once años. Sabemos que todo ello se debe a su campo magnético, pero desconocemos con exactitud cómo funciona. Investigadores del IAA-CSIC estudian ese motor de la actividad solar, y participan de manera destacada en misiones como Sunrise y Solar Orbiter (ESA), o en la construcción del Telescopio Solar Europeo (EST), el mayor telescopio solar de nuestro continente.

Tránsito de Venus de 2012

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **NASA/Goddard Space Flight Center/SDO**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

BEBES AGUA EXTRATERRESTRE

Hace unos 3800 millones de años nuestro planeta –aún en formación– sufrió un intenso bombardeo de asteroides y cometas. Estos cuerpos del Sistema Solar contienen agua helada y materiales orgánicos que podrían haber sido aportados a nuestro joven planeta desde las regiones más lejanas del Sistema Solar. Incluso en alguno de ellos se han encontrado aminoácidos como la glicina, componentes básicos de la vida terrestre. ¿Significa esto que la vida vino del espacio? No, pero sí es muy probable que parte del agua que bebes sea de origen extraterrestre. Salud.

CÁPSULAS DEL TIEMPO

El IAA-CSIC ha participado en la misión Rosetta (ESA), la primera en acompañar un cometa en su órbita en torno al Sol, se ha embarcado en Comet Interceptor (ESA), que estudiará un cometa aún por descubrir, y dispone de un laboratorio, el CODULAB, que analiza análogos de polvo de cometas que nos ayudan a comprender estos objetos. Los cometas, junto con los objetos transneptunianos, son cápsulas del tiempo que nos revelan cómo era la nebulosa que formó el Sistema Solar, y nuestros estudios sobre los segundos han revelado que pueden mostrar formas extrañas, como balones de rugby, y que pueden tener lunas e, incluso, anillos similares a los de Saturno.

Imagen del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko tomada por la misión Rosetta (ESA) mientras expulsa un chorro de gas compuesto por dióxido de carbono, metano, ácido sulfhídrico, componentes orgánicos y vapor de agua.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **ESA / Rosetta / NAVCAM**



GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

EL LÍMITE DE LA NATURALEZA

El interior de un agujero negro es un lugar donde la física clásica pierde su validez, donde el tiempo y el espacio se retuercen hasta lo inimaginable. Un agujero negro es una región desconectada de la realidad. Es el lugar más solitario del cosmos, y a la vez el más violento. Una frontera que solo se atraviesa una vez, el borde invisible de un abismo. El acantilado de la locura y la madriguera de Alicia. El fuera de campo de nuestra realidad. Un agujero negro es el límite de la naturaleza.

ILUMINAR LA OSCURIDAD

Los agujeros negros generan escenarios apasionantes, y en el IAA-CSIC los estudiamos desde varias perspectivas: estudiamos los núcleos activos de galaxias, o galaxias cuya energía, muy superior a la que producen sus estrellas, se debe a la existencia de un agujero negro de cientos o miles de millones de soles en su centro. Nos ocupamos de toda la familia de núcleos activos, desde los más potentes, los cuásares, hasta los que muestran baja luminosidad, e investigamos las condiciones necesarias para “encender” la actividad galáctica y toda la fenomenología asociada a estos objetos: jets, supervientos, etc...También estudiamos la física de estos entornos de gravedad extrema y hemos participado en la obtención, con el Telescopio del Horizonte de Sucesos, de la primera imagen de un agujero negro.

Imagen del agujero negro supermasivo de M87 en luz polarizada. Las líneas curvas marcan la orientación de la polarización, que está relacionada con el campo magnético congelado en el material alrededor de la sombra del agujero negro.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **© EHT Collaboration**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA CONSTRUIR UNA GALAXIA

Una galaxia es un teatro donde no dejan de ocurrir cosas. Algunas duran millones de años, y otras se resuelven en apenas milisegundos. Hay partes frías y oscuras, y otras luminosas y explosivas. Hay colisiones, rotaciones y giros, contracciones y expansiones, danza, canibalismo, nacimientos, muertes y renovación. Casi todo lo que acontece en el universo ocurre en una galaxia. Si eres espectador de este teatro galáctico te perderás cosas con solo parpadear y morirás antes de ver cambiar otras. Una galaxia nace, se construye, evoluciona y, seguramente, viva hasta el final de los tiempos.

HISTORIAS GALÁCTICAS

En el IAA-CSIC se han gestado dos grandes cartografiados de galaxias: ALHAMBRA ha estudiado más de medio millón de galaxias para trazar la evolución del universo durante los últimos diez mil millones de años, y CALIFA ha obtenido la historia de la formación estelar completa de seiscientas galaxias, lo que ha permitido comprobar cómo crecen las galaxias o analizar cómo se producen los elementos necesarios para la vida. También estudiamos cómo se relacionan las galaxias entre sí, o cómo son las primeras galaxias que se formaron en el universo.

Imagen de la galaxia espiral NGC 1232 situada a más de 60 millones de años luz tomada con el Very Large Telescope (VLT). Las regiones centrales contienen estrellas viejas enrojecidas, mientras que los brazos espirales están poblados por estrellas azules jóvenes y regiones de formación estelar. A la izquierda se observa una pequeña galaxia compañera con la que comparte gas.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **ESO**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

EL VECINDARIO CRECE

Si has nacido entre los cuarenta y los setenta del siglo pasado (o sea, eres un *boomer*), has pasado buena parte de tu vida en un universo de tan solo nueve planetas. Los recién nacidos lo harán en una Vía Láctea con más de cuatro mil. No es que nuestro vecindario cósmico haya crecido en estos años. Estos "nuevos" vecinos siempre han estado ahí, pero nuestra capacidad tecnológica para detectarlos en otras estrellas mejora cada día, y ya nadie pone en duda que casi todas las estrellas nacen con, al menos, un planeta orbitando alrededor. Eso sí, tengas la edad que tengas, vives en un universo con tan solo un planeta habitado. Quizás esto también cambie para las próximas generaciones.

A LA CAZA DE PLANETAS

El IAA-CSIC lleva buscando planetas desde COROT (ESA), la primera misión cazaplanetas europea. Le siguieron CARMENES, un instrumento para la búsqueda de planetas situado en el Observatorio de Calar Alto (CAHA), y PLATO (ESA), una misión que se lanzará en 2026. También atesoramos varios hitos, como el hallazgo de un planeta rocoso en la zona de habitabilidad de la estrella más cercana al Sol, Próxima Centauri. Y estamos inmersos en el siguiente paso, que reside en conocer estos mundos en detalle, para lo que estudiamos también sus atmósferas y las pulsaciones de sus estrellas "madre".

Mapa de la Vía Láctea que muestra la localización de los más de 4000 exoplanetas conocidos desde el año 2019. El tamaño del círculo indica el tamaño relativo de la órbita del planeta.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **SYSTEM Sounds (M. Russo, A. Santaguida); datos: NASA Exoplanet Archive**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

MILLONES DE SOLES

El Sol habita una tranquila zona de la Vía Láctea, sin estrellas vecinas a menos de cuatro años luz, y alejada más de 26000 años luz del bullicioso y superpoblado centro galáctico. Aquí, como en el centro de cualquier megalópolis, las cosas serían muy diferentes: viviríamos bajo una densa cortina de gas y polvo, compartiendo el mismo espacio con más de diez millones de estrellas vecinas, viejas, jóvenes e incluso recién nacidas, girando todas como locas en torno a un misterioso, oscuro e invisible objeto compacto de más de cuatro millones de soles situado en el centro de nuestra Galaxia: el agujero negro Sagitario A*. Definitivamente, se vive más tranquilamente a las afueras.

CARTOGRAFIAR LO IMPOSIBLE

La Vía Láctea es una galaxia espiral que contiene entre cien y cuatrocientos mil millones de estrellas. En el IAA-CSIC estudiamos las poblaciones estelares de la Vía Láctea y hemos participado en Gaia (ESA), un satélite que ha estudiado mil millones de estrellas para construir el mapa en 3D de la Vía Láctea más completo disponible. Así hemos comprendido mejor la historia de nuestra Galaxia. La historia general, porque el centro bullicioso requiere estudios aparte: en el IAA-CSIC estudiamos también el entorno de Sagitario A*, y hemos publicado el censo de estrellas más extenso del Centro Galáctico, un laboratorio único.

Imagen en infrarrojo del centro galáctico con el telescopio VLT que permite observar el gran número de estrellas a través del denso polvo existente.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **ESO/Nogueras-Lara et al**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

LA NUEVA DE LA CLASE

Un nuevo problema ambiental entra a formar parte de una clase de miembros más que conocidos por todos. Al cambio climático, la deforestación, la escasez de agua o la extinción de especies, se une la "nueva" de la clase: la contaminación lumínica. En realidad, lleva ya tiempo entre nosotros, pero cada vez somos más conscientes de su impacto en los ecosistemas y en nuestra salud, sin olvidarnos de su capacidad para devorar cielos estrellados. Iluminemos mejor, por nosotros y por los que vendrán.

TENGAMOS LUCES, PERO DE LAS OTRAS

El IAA-CSIC puso en marcha, en 2016, la Oficina de Calidad del Cielo, con el fin de proteger el cielo oscuro tanto en nuestros observatorios como en el resto del país frente a la contaminación lumínica. Sus principales líneas de actuación son: investigación, asesoramiento técnico, formación y sensibilización. La Oficina ha participado en estudios pioneros que analizan la evolución y los efectos de la contaminación lumínica, que han mostrado que las superficies iluminadas en el planeta crecen a pesar del uso de iluminación más eficiente, con un aumento total de un 49% en los últimos 25 años.

En julio de 2014, la Estación Espacial Internacional tomó esta imagen a su paso por la Península Ibérica. España es uno de los países de Europa con más contaminación lumínica de toda la Unión Europea, con valores medios de consumo por habitante y año de 116 kilovatios por hora.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **NASA**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

DE UN GRANO DE POLVO, UNA INMENSIDAD

Desde el cometa más lejano hasta el planeta más gigante. Desde la tierra que pisas hasta tu propia piel. En el universo todo cuerpo sólido comienza con un insignificante grano de polvo. Estas diminutas partículas, generadas en la envoltura de estrellas moribundas, inundan todo el espacio y no solo son clave en la formación de nuevas estrellas, planetas y cuerpos rocosos, sino que en su superficie se producen los procesos básicos que generan la complejidad química que observamos en nuestro planeta y en el universo.

DISCOS DE POLVO Y MUNDOS JÓVENES

La búsqueda de discos de gas y polvo en torno a estrellas jóvenes, germen de los sistemas planetarios, resulta fundamental para explicar los nuevos mundos observados. En el IAA-CSIC hemos hallado sistemas extraños, como un disco enano que podría evolucionar hasta quinientas veces más rápido que los mayores, con cambios observables en meses, y hemos participado en el mayor muestreo de estrellas recién nacidas realizado hasta la fecha, con más de trescientos discos protoplanetarios descubiertos. También hemos hallado los restos de la formación de un sistema planetario alrededor de la estrella más cercana, Próxima Centauri.

Esta imagen, tomada con el Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), muestra el sistema PDS 70, una estrella situada a casi 400 años luz. Se halla aún en proceso de formación y vemos a su alrededor un disco de polvo circunestelar (la estructura de anillo principal). Dentro de ese anillo se aprecia un punto a la derecha de la estrella. Es un planeta en formación, rodeado por su propio disco de polvo, que contribuye al crecimiento del planeta y en el que se podrán formar lunas.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/Benisty et al**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA

ERES MATERIA EXÓTICA

Observa atentamente esta imagen. Abarca un trozo de cielo más pequeño que un milímetro cuadrado de papel situado a un metro de distancia de tus ojos, y a pesar de esto muestra cerca de diez mil galaxias. Y, aun así, solo podrías llegar a ver apenas un 5% de lo que contiene. El 95% restante es materia y energía oscura, los ingredientes mayoritarios del cosmos, invisibles para el ojo humano y de una naturaleza muy diferente a la materia y energía de la que están hechas las galaxias, las estrellas, los planetas...o tú. Sí, el cosmos está hecho de otra cosa. Tú eres la criatura extraña, la materia exótica del universo.

EL UNIVERSO A GRAN ESCALA

En el IAA-CSIC se lleva a cabo un acercamiento a los problemas cosmológicos que incluye desarrollo de instrumentación para el estudio de la materia y energía oscuras, así como el uso de datos observacionales, sobre todo a través de cartografiados de galaxias (como el proyecto J-PAS que, entre otros, establecerá restricciones a las propiedades de la energía oscura). También empleamos modelos teóricos y hemos participado, entre otros, en el desarrollo de "Uchuu", la simulación más exacta y completa del universo.

Esta imagen, obtenida por el telescopio espacial Hubble tras más de once días de exposición, contiene cerca de 10000 galaxias de diferentes edades, tamaños, formas y colores, algunas formadas cuando el universo tenía apenas 800 millones de años de edad.

CRÉDITO FOTOGRAFÍA **Hubble ultra deep field. NASA, ESA, and S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team**

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · CSIC · IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA · EXCELENCIA SEVERO OCHOA