

## EFEMÉRIDES

## 50 ANIVERSARIO DEL OBSERVATORIO EUROPEO AUSTRAL (ESO)

El año 2012 marca el 50 aniversario de la creación del Observatorio Europeo Austral (European Southern Observatory, ESO). Hace 50 años, astrónomos europeos de diversos países tomaron la decisión de construir en el hemisferio sur, en Chile, el observatorio astronómico con los instrumentos más potentes del mundo: el Observatorio Europeo Austral, un organismo europeo dedicado a la Astrofísica. Se creó en 1962 y en la actualidad está integrado por catorce países europeos (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Italia, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza) más Brasil. Sus oficinas centrales están en Garching, cerca de Múnich y además cuenta con una oficina en Santiago de Chile. España forma parte de ESO desde el año 2007.

Se seleccionó a Chile para la construcción de los observatorios debido a sus privilegiadas condiciones atmosféricas para la Astronomía, así como por su desarrollo en infraestructura y su estabilidad político-económica. Los logros del Observatorio Europeo Austral han sido posibles en parte gracias al constante apoyo del Gobierno de Chile y a la constructiva colaboración con la sociedad chilena y las comunidades locales aledañas a los observatorios.

La idea de establecer un observatorio común para los astrónomos europeos surgió del astrónomo alemán WALTER BAADE en el año 1953. En 1954, doce astrónomos europeos se reunieron en la Universidad de Leiden para discutir la propuesta y como fruto de esta iniciativa nació ESO, la organización intergubernamental de ciencia y tecnología de mayor importancia en Astronomía. Desde entonces, el observatorio desarrolla un ambicioso programa de diseño, construcción y operación de las instalaciones terrestres de observación astronómica más potentes del mundo proporcionando así las herramientas necesarias, con el fin de que la Astronomía logre importantes descubrimientos científicos.

Un primer objetivo de ESO era conseguir que sus Estados miembros trabajaran unidos para construir y ope-

rar instalaciones astronómicas más avanzadas que las permitidas por las capacidades individuales de los países. Los astrónomos europeos tendrían así acceso a zonas del cielo observables de mejor manera desde el hemisferio sur, tales como el centro de nuestra Vía Láctea o las galaxias vecinas, las Nubes de Magallanes. ESO también cumple un importante papel tanto en la difusión como en la organización de la cooperación en investigación científica. El proyecto más destacado de ESO en la actualidad es el Telescopio Europeo Extremadamente Grande, la propuesta para la nueva generación de telescopios ópticos terrestres.

Con motivo de la celebración de su 50 aniversario, este año que concluye, El Observatorio Europeo Austral ha publicado un espectacular libro con imágenes de su historia: *Europe to the stars*, que puede descargarse de la página web de ESO en formato pdf. El libro incluye también un DVD de la película del mismo título que de nuevo cuenta la historia del Observatorio.

## COLABORACIONES CIENTÍFICAS

ESO desarrolla un amplio programa para contratados postdoctorales y estudiantes, contribuyendo a la movilidad de científicos europeos. Además, científicos senior de los estados miembros y de otros países trabajan también como científicos visitantes durante periodos determinados en sus observatorios. ESO mantiene también un intenso programa de conferencias internacionales acerca de temas de vanguardia en Astronomía y proporciona apoyo logístico a la revista internacional "Astronomy and Astrophysics".

## COLABORACIONES CON LA INDUSTRIA

Con objeto poner a disposición de los usuarios telescopios e instrumentos astronómicos cada vez más potentes, los científicos e ingenieros de ESO colaboran activamente con sus colegas de la industria europea y de otras instituciones de investigación para desarrollar tecnologías claves para el futuro. La transferencia tecnológica aumenta el valor de las actividades de investigación y desarrollo que ESO aporta a la sociedad en su conjunto, particularmente en los estados miembros de la orga-

nización. De hecho, la industria europea desempeña un papel vital en la realización de proyectos de ESO. Sin la activa participación de los socios comerciales de todos los países miembros y de Chile, tales proyectos no serían posibles.

Algunas de las actividades de I+D incluyen nuevos sistemas opto-mecánicos y opto-electrónicos, además de sistemas de control y manejo con precisión extremadamente alta de equipamiento pesado. Otras actividades incluyen hardware y software (maquinaria y programación) para telescopios e instrumentos complejos, análisis de imagen matemáticamente avanzado, y óptimo manejo, archivo y descarga de enormes cantidades de datos. ESO desarrolló la revolucionaria "óptica activa" y tuvo un importante papel en el desarrollo de la "óptica adaptativa" para aplicaciones civiles. Estos sistemas son de importancia decisiva no sólo para las nuevas generaciones de telescopios, sino también para las principales tecnologías de ingeniería óptica. Por ejemplo, actualmente, la técnica de detección de frente de onda se utiliza en medicina moderna en cirugía láser refractiva para corregir grandes aberraciones oculares.

En el campo del desarrollo tecnológico, ESO mantiene estrechos vínculos con muchos grupos de investigación en institutos universitarios, tanto de sus países miembros como de otros países. Así, los astrónomos de los países miembros están involucrados en la planificación y construcción de instrumentos científicos para los telescopios ya existentes o en proyecto. El desarrollo de instrumentos ofrece importantes oportunidades para los centros nacionales de investigación de excelencia, atrayendo a muchos jóvenes científicos e ingenieros.

## CRONOLOGÍA DE ESO

Se citan a continuación, por orden cronológico y de manera resumida, los eventos más destacados e importantes de la historia de ESO desde su concepción.

- 21 de junio de 1953: Por primera vez se debate la posibilidad de crear un Observatorio Europeo compartido, durante la conferencia de Groningen, en Holanda.
- 26 de enero de 1954: Declaración de ESO por parte de astrónomos líderes de seis países europeos, quienes expresan su deseo de que se establezca un observatorio europeo conjunto en el hemisferio sur.
- 1955: Comienzan las pruebas de sitio en Sudáfrica y Sudamérica para identificar la mejor ubicación para el observatorio de ESO.
- 5 de octubre de 1962: Bélgica, Alemania, Francia, Holanda y Suecia firman la convención de ESO.
- 1 de noviembre de 1962: OTTO HECKMANN se convierte en el primer Director General de ESO.
- 15 de noviembre de 1963: Se elige Chile como lugar para instalar el observatorio de ESO.
- Octubre de 1964: Adquisición del cerro La Silla.
- 1966: Primera luz del telescopio de 1 m de diámetro de ESO en La Silla.
- 1968-1979: Primeras luces de diversos telescopios, entre los que destacan Grand Prisme Objectif, telescopio de 1,52 m de diámetro de ESO, Schmidt de 1 m, telescopio Bochum de 0,6 m y telescopio de 3,6 m de ESO.
- 1980: Inicio de operaciones del espectrómetro CES (Coudé Echelle Spectrometer) en el telescopio Auxiliar Coudé (CAT) de 1,4 m.
- 1980-1982: Primeras luces de los fotómetros de infrarrojo en los telescopios de 3,6 m y 1 m.
- 1983: Primera luz del telescopio Max Planck Society (MPG)/ESO de 2,2 m.
- 1984: Inicio de operaciones del espectrógrafo CASPEC (Cassegrain Echelle Spectrograph) en el telescopio de 3,6 m de ESO.
- Noviembre de 1984-noviembre de 1985: Primeras luces del F/35 chopping secondary system, de los fotómetros infrarrojos, del Lyon Specklegraph y de IRSPEC en el telescopio de 3,6 m.
- 1987: Primera luz del radiotelescopio SEST (Swedish-ESO Sub-millimetre Telescope) de 15 m.
- Marzo de 1987: Primera luz de los fotómetros F/35 con MPIA en el telescopio de 2,2 m.
- 1 de diciembre de 1987: El Consejo de ESO decide construir el Very Large Telescope (VLT).
- 23 de marzo de 1989-11 de mayo de 1989: Primeras luces del telescopio NTT (New Technology Telescope) y del espectrógrafo y cámara EFOSC2 (ESO Faint Object Spectrograph and Camera) instalado en el telescopio NTT.
- Abril de 1990: Primera luz del instrumento COME-ON en el telescopio de 3,6 m de ESO.

- Noviembre de 1990: Inicio de operaciones del instrumento EMMI (ESO Multi-Mode Instrument) de ESO en el NTT.
- Julio-diciembre 1992: Primeras luces de los Instrumentos TIMMI (Thermal Infrared MultiMode Instrument) y COME-ON+ en el telescopio de 3,6 m.
- 1995: Pruebas de sitio para el futuro radiotelescopio Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). Se realizan en Chile junto con el Observatorio Radioastronómico Nacional y el Observatorio Astronómico Nacional de Japón.
- 1998: Primera luz del telescopio suizo Euler de 1,2 m en La Silla.
- Febrero de 1998: Primera luz de la cámara SuSI2 (second Superb-Seeing Imager) en el NTT.
- 25 de mayo de 1998: Primera luz de la primera Unidad de telescopio (UT1) del VLT, Antu.
- 15 de septiembre de 1998: Primera luz del primer espectrógrafo visual y UV cercano FORS1 (FOcal Reducer and low dispersion Spectrograph) en el (UT1) del VLT, Antu.
- 6 de octubre de 1998: Primera luz del espectrógrafo FEROS (Fiber-fed Extended Range Optical Spectrograph) en el telescopio de 1,52 m de ESO.
- 16 de noviembre de 1998: Primera luz de la cámara y espectrómetro ISAAC (Infrared Spectrometer And Array Camera) en el UT1 del VLT, Antu.
- 15 de enero de 1999: Primera luz con la cámara de 67 megapíxeles del Wide Field Imager (WFI) en el telescopio de 2,2 m.
- 1 de marzo de 1999: Primera luz de la segunda unidad de telescopio (UT2) del VLT, Kueyen.
- 27 de septiembre de 1999: Primera luz del espectrógrafo UVES (Ultraviolet Visual Echelle Spectrograph) en el UT2 del VLT, Kueyen.
- 29 de octubre de 1999: Primera luz del segundo espectrógrafo visual y UV cercano FORS2 (FOcal Reducer and low dispersion Spectrograph) en el UT2 del VLT, Kueyen.
- 26 de enero de 2000: Primera luz de la tercera unidad de telescopio (UT3) del VLT, Melipal.
- 4 de septiembre de 2000: Primera luz de la cuarta unidad de telescopio (UT4) del VLT, Yepun.
- Octubre de 2000: Primera luz del instrumento TIMMI2 (second Thermal Infrared MultiMode Instrument) en el telescopio de 3,6 m.
- 17 de marzo de 2001: Primera luz del Interferómetro del Very Large Telescope (VLT).
- 25 de noviembre de 2001: Primera luz del instrumento combinado NACO (NAOS-CONICA) en el UT4 del VLT, Yepun.
- 26 de febrero de 2002: Primera luz del espectrógrafo VIMOS (Visible Multi-Object Spectrograph) en el UT3 del VLT, Melipal.
- Octubre de 2002. El Telescopio Rapid Eye Mount (REM), de 0,6 metros, comienza a operar en La Silla.
- 24 de octubre de 2002. Primera luz del espectrógrafo FEROS (Fibre-fed Extended Range Optical Spectrograph) en el telescopio de 2,2 m.
- 15 de diciembre de 2002. Primera luz del instrumento MIDI (MID-infrared Interferometric instrument) en el VLT.
- Febrero de 2003: Primera luz del espectrógrafo FLAMES (Fibre Large Array Multi Element Spectrograph) en el UT2 del VLT, Kueyen.
- 11 de febrero de 2003: Primera luz del buscador de planetas HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher) en el telescopio de 3,6 m de ESO en La Silla.
- 30 de enero de 2004: Primera luz del primer telescopio Auxiliar del VLT (AT1).
- 30 de abril de 2004: Primera luz del espectrómetro VISIR (VLT Imager and Spectrometer in the InfraRed) en el UT3 del VLT, Melipal.
- 9 de julio de 2004: Primera luz del espectrógrafo SINFONI (Spectrograph for INtegral Field Observation in the Near-Infrared) en el UT4 del VLT, Yepun.
- 2 de febrero de 2005: Primera luz del segundo telescopio auxiliar del VLT (AT2).
- Julio de 2005. Primera luz del radiotelescopio submilimétrico APEX (Atacama Pathfinder Experiment).
- 1 de noviembre de 2005: Primera luz del tercer telescopio auxiliar del VLT(AT3).
- 4 de junio de 2006: Primera luz del espectrógrafo CRIFRES (CRyogenic high-resolution InfraRed Echelle Spectrograph) en el UT1 del VLT.

- 11 de diciembre de 2006: El Consejo de ESO da luz verde a los estudios para el European Extremely Large Telescope (E-ELT).
- 15 de diciembre de 2006: Primera luz del cuarto telescopio auxiliar del VLT (AT4).
- 25 de marzo de 2007: Primera luz de MAD (Multi-Conjugate Adaptive Optics Demonstrator) en el Foco Visitante de Melipal.
- 6 de julio de 2007: Primera luz del detector de Rayos Gamma GROND (Gamma-Ray burst Optical/Near-infrared Detector) en el telescopio de 2,2 m.
- 22 de agosto de 2007: Primera luz del instrumento HAWK-I (High Acuity, Wide field K-band Imaging) en el UT4 del VLT, Yepun.
- 8 de septiembre de 2008: Primera luz del instrumento PRIMA (Phase Referenced Imaging and Microarcsecond Astrometry) en el VLTI.
- Noviembre de 2008: Primera luz del X-shooter en el VLT.
- Diciembre de 2008-noviembre de 2009: El observatorio ALMA es equipado con sus primeras antenas que se conectan con éxito y trabajan al unísono.

- 11 de diciembre de 2009: VISTA, el nuevo telescopio de rastreo, comienza a operar en el Observatorio Paranal
- Junio de 2010: Primera luz del telescopio TRAPPIST en La Silla

## INSTRUMENTACIÓN

El Observatorio Austral Europeo opera en tres emplazamientos únicos de observación de categoría mundial en Chile: La Silla, Paranal y Chajnantor.

### El Very Large Telescope

El conjunto del Very Large Telescope (VLT), situado en Cerro Paranal (figura 1) es el instrumento óptico más avanzado del mundo. Está compuesto por cuatro telescopios principales con espejo primario de 8,2 m de diámetro, más cuatro telescopios auxiliares móviles de 1,8 m de diámetro. Pueden operar simultáneamente formando un “interferómetro” gigante, el VLT Interferometer o VLTI, que permite ver detalles con una precisión 25 veces mayor que la que se alcanza con telescopios individuales de mayor tamaño.



Figura 1. Emplazamiento del VLT (Very Large Telescope) en Cerro Paranal.

Los haces de luz se combinan en el VLTI por medio de un complejo sistema de espejos situados en túneles subterráneos, donde las trayectorias de luz se alinean

con precisión de 1/1000 mm en distancias de unos 100 m. Con este grado de precisión, el VLTI proporciona imágenes con una resolución angular de milisegundos

de arco, lo que equivaldría a distinguir los dos faros de un vehículo a una distancia similar a la que separa a la Tierra de la Luna.

También es posible utilizar individualmente cada uno de los cuatro telescopios de 8,2 m de diámetro, obteniéndose así imágenes de objetos celestes muy débiles, de magnitud 30, tras una hora de exposición. Esto equivale a poder ver objetos que son cuatro mil millones de veces más débiles que el límite detectable por el ojo humano.

Los nombres de los cuatro grandes telescopios son: Antu, Kueyen, Melipal y Yepun (figura 2), estando cada uno de ellos ubicado en compactos edificios con control térmico que rotan sincrónicamente con los telescopios, con el fin de minimizar efectos adversos para la observación. El primero de ellos, "Antu", comenzó a funcionar el 1 de abril de 2009.

Actualmente están operativos los cuatro telescopios principales y los cuatro auxiliares.



Figura 2. El láser del telescopio Yepun, uno de los cuatro telescopios principales del VLT (Very Large Telescope), en Cerro Paranal.

Aunque los cuatro telescopios principales del VLT (figura 3) pueden combinarse para formar el VLTI, durante la mayor parte del tiempo se usan por separado para otros fines. Tan sólo se dedica un número limitado de noches al año para observaciones interferométricas. Sin embargo, los cuatro telescopios auxiliares (Auxiliary

Telescopes, AT) de 1,8 m, están siempre disponibles para permitir que el VLTI opere cada noche.

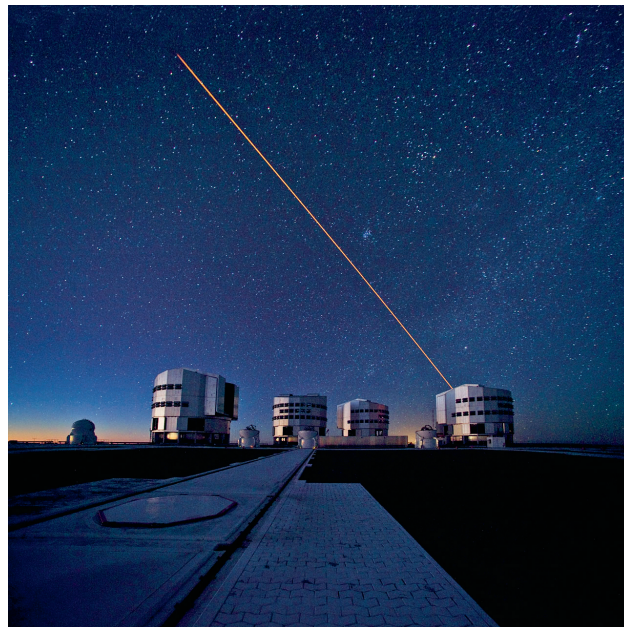


Figura 3. El VLT (Very Large Telescope) durante la noche.

La parte superior de cada telescopio auxiliar es una cúpula redonda, constituida por dos partes compuestas de tres segmentos, que pueden abrirse y cerrarse. Su misión es proteger los delicados telescopios de 1,8 m de las condiciones del desierto. La protección se apoya en la sección móvil de la caja, que contiene la electrónica, los sistemas de enfriado líquido, unidades de aire acondicionado, soporte energético, etc. Durante las observaciones astronómicas la cobertura y la caja transportadora se aíslan mecánicamente del telescopio para asegurar que las posibles vibraciones no afecten a la toma de datos. La sección de transporte se mueve sobre unos raíles, de manera que los ATs pueden ubicarse en 30 posiciones distintas de observación.

El programa de instrumentación del VLT es el más ambicioso jamás concebido para un solo observatorio. Incluye cámaras multibanda de gran campo, cámaras y espectrógrafos equipados con óptica adaptativa, así como espectrógrafos de alta resolución. El conjunto de instrumentos cubre un amplio intervalo espectral, con longitudes de onda que van del ultravioleta profundo (300 nm) hasta el infrarrojo medio (20  $\mu$ m).

El VLT ha provocado un gran impacto en la astronomía observacional. Es la instalación terrestre individual más productiva y sus resultados generan más de un trabajo publicado al día en revistas científicas de

alto nivel. Ha dado lugar a una nueva era de descubrimientos, con varias primicias científicas destacables, incluyendo la primera imagen de un planeta extrasolar, el seguimiento de estrellas individuales moviéndose alrededor del agujero negro ubicado en el centro de la Vía Láctea y la observación del resplandor de la explosión de rayos gamma más lejana que se haya conocido.

### La Silla, primer observatorio de ESO

El observatorio de La Silla, primero de ESO, se encuentra a una altitud de 2.400 m en el sur del desierto de Atacama, a 600 km al norte de Santiago de Chile. Este lugar es de las regiones más áridas y solitarias del mundo. Al igual que otros observatorios situados en esta zona geográfica, La Silla está ubicada lejos de fuentes de contaminación lumínica y, junto con el Observatorio Paranal, que alberga al conjunto del VLT, posee uno de los cielos nocturnos más oscuros del planeta. Ha sido el más emblemático de ESO desde la década de los sesenta.

El Telescopio de Nueva Tecnología (New Technology Telescope, NTT) de 3,5 m de diámetro, estableció nuevos parámetros para la ingeniería y diseño de telescopios y fue el primero en el mundo cuyo espejo principal se controla por ordenador (óptica activa), una tecnología desarrollada en ESO y aplicada ahora en la mayoría de los grandes telescopios del mundo.

El telescopio ESO, de 3,6 m, alberga hoy al buscador de exoplanetas más importante del mundo: el instrumento HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher o buscador de planetas con velocidad radial de alta precisión) un espectrógrafo con una inigualable precisión.

Muchos de los estados miembros de ESO utilizan las infraestructuras del observatorio de La Silla para proyectos específicos, tales como el telescopio suizo de 1,2 m Leonhard Euler, el telescopio Rapid-Eye Mount (REM) y el buscador de explosiones de rayos gamma TAROT. Existen también instalaciones para todo tipo de usuarios, como el MPG/ESO de 2,2 m y el Telescopio Danés de 1,54 m. Su Cámara de Gran Campo (Wide Field Imagen, WFI) de 67 megapíxeles, instalada en el telescopio de 2,2 m, ha obtenido numerosas imágenes de objetos celestes, como la nebulosa de Orión (figura 4), el cúmulo globular NGC 104-47 (figura 5), la nebulosa NGC 6781 (figura 6), etc., algunas de las cuales se han convertido en iconos de la astronomía.



Figura 4. Nebulosa de Orión.

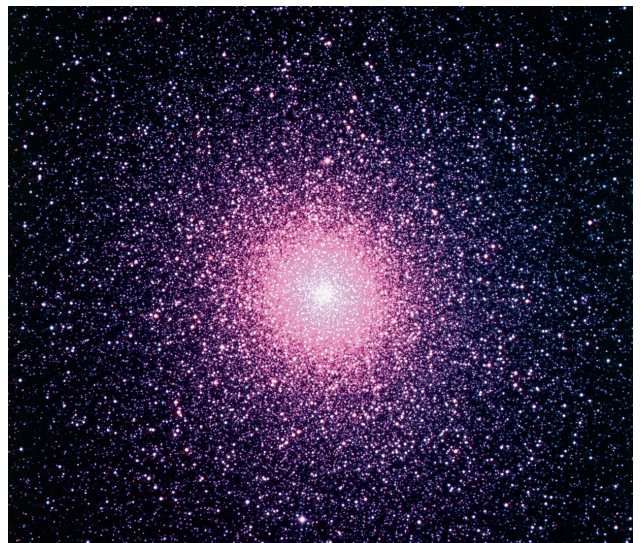


Figura 5. Cúmulo globular NGC 104-47.



Figura 6. Nebulosa NGC 6781.

El observatorio de La Silla se sitúa en la vanguardia de la Astronomía proporcionando una enorme cantidad de descubrimientos científicos. El espectrógrafo HARPS es el principal descubridor de exoplanetas de baja masa. Detectó el sistema planetario de Gliese 581, donde se encuentra el primer planeta rocoso conocido, en una zona habitable, fuera del Sistema Solar. Muchos telescopios de este observatorio desempeñaron un papel crucial al relacionar explosiones de rayos gamma (las explosiones más energéticas en el Universo desde el Big Bang) con las explosiones de estrellas masivas o supernovas (figura 7). Desde 1987, este observatorio ha desempeñado un papel importante en el reciente estudio y seguimiento de la supernova más cercana: SN 1987A.



Figura 7. Supernova SN 2003cg en la galaxia NGC 3169.

## APEX

El radiotelescopio Experimento Pionero de Atacama (Atacama Pathfinder Experiment, APEX) opera en uno de los observatorios más altos de la Tierra, a 5.100 m de altura, en el llano de Chajnantor en la región de Atacama. Posee 12 m de diámetro y opera a longitudes de onda milimétricas y submilimétricas, entre luz infrarroja y ondas de radio. La astronomía milimétrica y submilimétrica abre una ventana al enigmático Universo frío, polvoriento y distante. Dado que el vapor de agua atmosférico absorbe estas tenues señales que nos llegan del espacio, Chajnantor es un lugar idóneo para un radiotelescopio como éste, ya que la región es una de las más áridas del planeta.

Supera en unos 750 m de altura al observatorio de Mauna Kea y en unos 2.400 m al de Cerro Paranal, donde se ubica el Very Large Telescope.

La astronomía submilimétrica es una frontera relativamente inexplorada y revela un Universo no observable en luz visible o infrarroja. Es ideal para estudiar el “Universo frío”, ya que la radiación en estas longitudes de onda proviene de grandes nubes frías en el espacio interestelar, a temperaturas sólo de unas pocas decenas de grados por encima del cero absoluto. Los astrónomos analizan esta radiación para estudiar las condiciones físicas y químicas que se dan en estas nubes moleculares, en las densas regiones de gas y polvo cósmico donde nacen nuevas estrellas. En general, estas regiones del universo están oscurecidas y ocultas a longitudes de onda visibles, pero emiten con intensidad en la parte milimétrica y submilimétrica del espectro. Este rango de longitud de onda también es ideal para estudiar algunas de las galaxias más antiguas y lejanas del Universo, cuya luz ha experimentado un desplazamiento al rojo hacia estas longitudes de onda más grandes.

APEX es el mayor radiotelescopio de ondas submilimétricas del hemisferio sur y constituye el primer paso para la puesta en marcha del Conjunto Milimétrico/Submilimétrico de Atacama (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, ALMA), un nuevo y revolucionario radiotelescopio que ESO, junto a sus socios internacionales, está terminando de construir en el llano de Chajnantor. APEX está basado en un prototipo de antena construida para el proyecto ALMA y busca objetivos con el fin de que luego ALMA los estudie con mucho más detalle.

## ALMA

El Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) (figura 8), aún en construcción, es un radiotelescopio de vanguardia para estudiar la luz de algunos de los objetos más fríos del Universo. Su emplazamiento, a unos 50 km al este de San Pedro de Atacama, en el norte de Chile, es uno de los lugares más secos de la Tierra, con unas condiciones inmejorables para la observación. Su diseño es revolucionario, compuesto inicialmente por 66 antenas de alta precisión, que operará a longitudes de onda de 0,3 mm a 9,6 mm. Su conjunto principal tendrá 50 antenas de 12 m de diámetro cada una, que actuarán con-

juntamente como un solo telescopio: un interferómetro. Se complementará con un compacto conjunto adicional de 4 antenas de 12 m de diámetro y otras doce de 7 m de diámetro. Las antenas de ALMA pueden configurarse de distintas maneras, y las distancias máximas entre ellas pueden oscilar entre 150 m y 16 km, lo que proporcionará a ALMA un potente “zoom” variable. Podrá sondear el Universo a longitudes de onda milimétricas y submilimétricas con una sensibilidad y resolución sin precedentes, con una visión hasta diez veces más nítida que la del Telescopio Espacial Hubble, lo que permitirá complementar las imágenes obtenidas por el VLT.

ALMA es el radiotelescopio más poderoso para observar el Universo frío, desde el gas molecular y el polvo, hasta los vestigios de la radiación del Big Bang. Estudiará los componentes básicos de las estrellas, los sistemas planetarios, las galaxias y la vida misma. Proporcionará imágenes detalladas de estrellas y planetas naciendo en nubes de gas cerca de nuestro Sistema Solar y detectará galaxias distantes en formación en los límites del Universo observable, que vemos tal y como eran hace unos diez mil millones de años. De esta forma, ALMA permitirá a los astrónomos trabajar en torno a algunas de las profundas interrogantes sobre nuestros orígenes cósmicos.

Está previsto que la construcción de ALMA finalice alrededor del año 2013, aunque los astrónomos iniciaron las primeras observaciones con un conjunto parcial de las antenas de ALMA en 2011.



Figura 8. Antenas de ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array).

## Los Telescopios de Sondeo de ESO

Dos nuevos y poderosos telescopios, el Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy (VISTA) y el VLT Survey Telescope (VST), están operando en el Obser-

vatorio Paranal. Puede decirse que son los telescopios más potentes del mundo dedicados a rastrear el cielo, y aumentarán enormemente el potencial de descubrimientos científicos de este observatorio.

Muchos de los objetos astronómicos más interesantes son escasos: desde los pequeños y potencialmente peligrosos asteroides cercanos a la Tierra, hasta los más remotos cuásares. Encontrarlos es como buscar una aguja en un pajar. Los más grandes telescopios, tales como el VLT y el Telescopio Espacial Hubble de NASA/ESA, sólo pueden estudiar una parte mínima del cielo en unas circunstancias dadas, pero VISTA y VST están diseñados para obtener imágenes de grandes áreas de forma rápida y profunda. Los dos telescopios dedicarán cinco años a la realización de un total de nueve sondeos cuidadosamente diseñados y crearán vastos archivos, tanto de imágenes como de catálogos de objetos, que serán clasificados por los astrónomos en las próximas décadas. Los Telescopios de Sondeo jugarán un papel fundamental en la preparación de futuras instalaciones, tales como el Telescopio Europeo Extremadamente Grande (European Extremely Large Telescope, E-ELT) y el Telescopio Espacial James Webb (JWST, James Webb Space Telescope).

Los interesantes objetos descubiertos por los Telescopios de Sondeo constituirán objetivos para su estudio detallado, tanto por el telescopio VLT como por otros en Tierra y en el espacio. Ambos Telescopios de Sondeo están instalados en cúpulas cercanas al VLT y comparten las mismas condiciones excepcionales de observación, así como un modelo operacional altamente eficiente.

VISTA, concebido y desarrollado por el Reino Unido, tiene un espejo primario de 4,1 m de diámetro, lo que lo convierte en el mayor telescopio del mundo dedicado a sondear el cielo a longitudes de onda de infrarrojo cercano. Dicho espejo principal es el más curvo que existe en su tamaño y su construcción es un logro formidable. En el corazón de VISTA hay una cámara de 3 toneladas que contiene 16 detectores especiales sensibles a la luz infrarroja con un total combinado de 67 megapíxeles. Se trata de la cámara astronómica de infrarrojo cercano con la cobertura más amplia.

Observando a longitudes de onda más largas que las visibles por el ojo humano, VISTA estudia objetos fríos, oscurecidos por nubes de polvo o porque su luz se ha desplazado a longitudes de onda más rojas debido a la



expansión del espacio durante el largo viaje de la luz desde el Universo temprano. Sus sondeos comenzaron a principios de 2010.

El VST es un telescopio de vanguardia de 2,6 m equipado con OmegaCAM, una enorme cámara CCD de 268 megapíxeles con un campo visual equivalente a cuatro veces el área de la Luna llena. Complementa a VISTA y explorará el rango visible de la luz. Entró en operación en Paranal en el año 2011.

Las metas científicas de los sondeos incluyen muchas de las cuestiones más apasionantes de la Astrofísica de hoy, que van desde la naturaleza de la energía oscura hasta la amenaza de asteroides cercanos a la Tierra. Grandes equipos de astrónomos de toda Europa dirigirán los sondeos. Algunos cubrirán la mayor parte del cielo austral, mientras que otros se enfocarán en áreas más pequeñas.

Tanto VISTA como el VST producirán enormes cantidades de información: mucha más, cada noche, que todos los demás instrumentos del VLT combinados. Juntos, el VST y VISTA, producirán más de 100 Terabytes de información al año.

## El European Extremely Large Telescope

Una prioridad fundamental de la comunidad astronómica mundial es la construcción de telescopios extremadamente grandes en Tierra. Estos ampliarán enormemente los conocimientos en Astrofísica y abrirán paso a estudios detallados sobre exoplanetas, sobre los primeros objetos nacidos en el Universo, agujeros negros súper masivos, la naturaleza y distribución de la materia oscura y la energía oscura que dominan el Universo.

Desde finales del año 2005, ESO ha estado trabajando, junto con su comunidad usuaria de astrónomos y astrofísicos europeos, con el fin de definir el nuevo telescopio gigante necesario para mediados de la próxima década. Más de 100 astrónomos de todos los países europeos se han involucrado durante el año 2006 ayudando a las Oficinas de Proyectos de ESO a producir un concepto novedoso en el que se evaluaron cuidadosamente rendimiento, costes, programa y riesgo.

El E-ELT constituye un revolucionario y nuevo concepto de telescopio terrestre que tendrá un espejo primario de 40 metros y será el telescopio óptico e infrarrojo cercano más grande del mundo: “el mayor ojo hacia el cielo”.

Con el inicio de las operaciones planificadas para inicios de la próxima década, el E-ELT abordará los mayores

desafíos científicos de nuestro tiempo y se espera que consiga notables primicias, incluyendo el seguimiento de planetas similares a la Tierra que orbiten alrededor de otras estrellas en las “zonas habitables” donde podría existir vida: una de las metas de la astronomía observacional moderna. También realizará “arqueología estelar” en galaxias cercanas, así como contribuciones fundamentales a la cosmología a través de la medición de las propiedades de las primeras estrellas y galaxias, investigando la naturaleza de la materia y energía oscuras.

## DESCUBRIMIENTOS RELEVANTES

### Exoplanetas

La búsqueda de planetas fuera de nuestro Sistema Solar (exoplanetas) constituye un elemento clave para investigar la posibilidad de existencia de vida en otros lugares del Universo. Los observatorios de ESO están equipados con un arsenal único de instrumentos para encontrar, estudiar y seguir estos objetos.

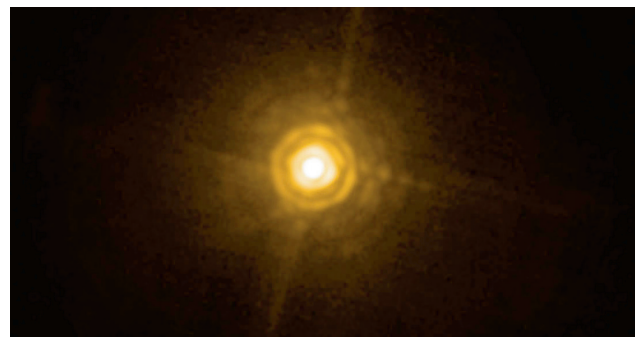


Figura 9. Sistema planetario en torno a HR 8799.

En abril de 2007 se anunció el descubrimiento del planeta Gliese 581c cuya característica más destacada es ser el primero que se descubre con temperaturas que permitan mantener agua líquida en su superficie y el más parecido a la Tierra. El descubrimiento fue realizado por un grupo de astrónomos, liderado por el astrónomo suizo STEPHANE UDRY, que trabaja en el telescopio 3,6 m de La Silla junto al instrumento HARPS. Gliese 581c orbita la estrella Gliese 581, a unos 20,5 años-luz de la Tierra. Pertenece a un sistema de seis planetas, que también incluye a GL 581 b, GL 581 d, GL 581 e, GL 581 f y GL 581 g. Gliese 581c tiene un período orbital de 13 días terrestres y su radio orbital es de 0,073 UA (aproximadamente 11 millones de km), un 7% del radio orbital de la Tierra. Su masa es 5 veces superior a la de la Tierra y se le calcula un radio ecuatorial

1,5 veces mayor. Aunque su órbita es unas 14 veces menor que la terrestre, su temperatura promedio no es elevada, ya que Gliese 581 es una enana roja. También es uno de los planetas extrasolares más pequeños descubiertos hasta ahora en órbita alrededor de una estrella de secuencia principal.

HARPS es un instrumento dedicado a la búsqueda de exoplanetas mediante la medida de velocidades radiales con alta precisión. El equipo utilizó dicha técnica, en la que se determina la distancia y la masa del planeta por medio de las perturbaciones que su gravedad provoca en el movimiento de su estrella. Gracias a este mismo instrumento se han podido detectar otros planetas extrasolares, entre los cuales se citan algunos de ellos a continuación:

- HD 40307g es un exoplaneta que orbita la zona habitable de la estrella HD 40307, a 42 años-luz de distancia, en la dirección de la constelación de Pictor. Su masa es siete veces mayor que la de la Tierra y orbita la estrella a una distancia similar a la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Recibe una cantidad similar de energía y presenta la posibilidad de ser habitable. El descubrimiento fue realizado por un equipo de astrónomos dirigidos por MIKKO TUOMI, de la Universidad de Hertfordshire y GUILLEM ANGLADA-ESCUDE, de la Universidad de Göttingen.
- HD 10180 es una estrella análoga a nuestro Sol. Se cree que al menos tiene siete planetas, y posiblemente hasta nueve, siendo el sistema exoplanetario con más planetas descubierto hasta ahora. Está a 127 años-luz de distancia, localizado en la constelación de Hidra. El sistema contiene cinco planetas de tamaño similar a Neptuno en órbitas de 0,06; 0,13; 0,27; 0,49 y 1,42 UA. Además, hay un planeta del tamaño similar a la tierra localizado a 0,02 UA. También posee un planeta del tamaño de Saturno a 3,4 UA.
- Alfa Centauro (figura 10) es la estrella más cercana al Sol (4,36 años-luz). Un grupo de astrónomos del observatorio La Silla ha descubierto en 2012, en torno a nuestra más próxima vecina, el planeta más pequeño de los detectados hasta ahora. Este descubrimiento representa un importante paso en la detección de exoplanetas de tamaño terrestre. Su período orbital es de 3,236 días (semieje mayor de la órbita = 0,04 UA). Los astrónomos que lo han descubierto concluyen que hay

gran posibilidad que otros planetas orbiten Alfa Centauro, posiblemente en su zona habitable.

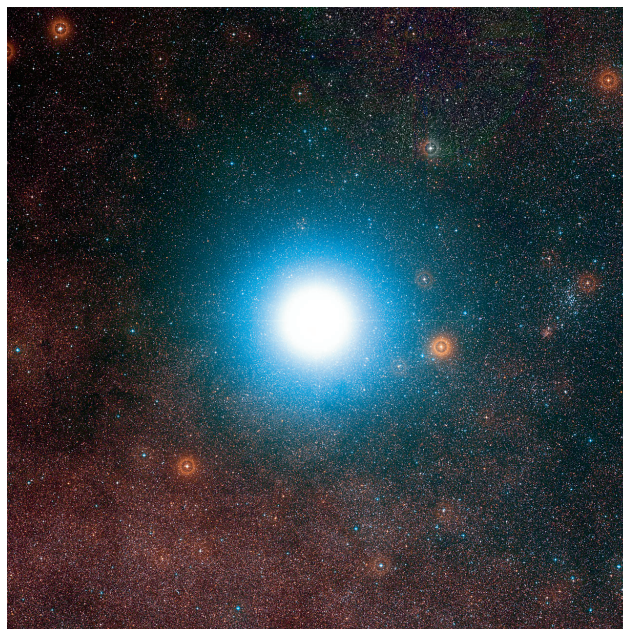


Figura 10. La estrella Alfa Centauro y sus alrededores, donde puede haber planetas habitables.

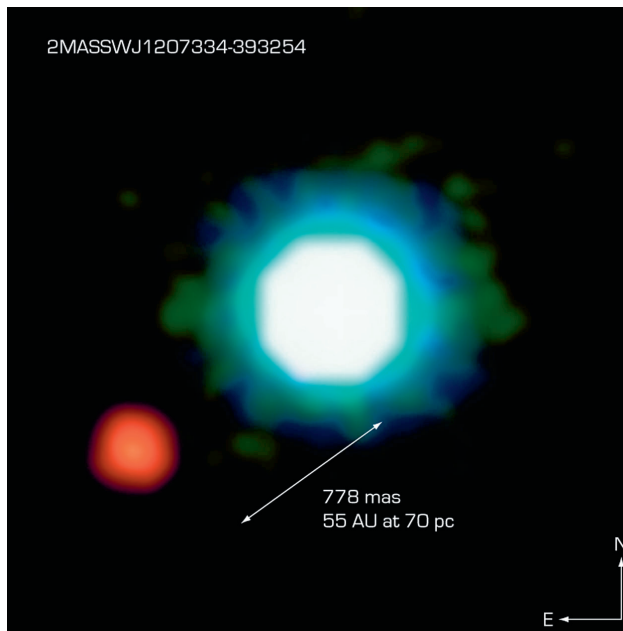


Figura 11. El exoplaneta 2M1207b.

- 2M1207b (figura 11). Utilizando el VLT, ha sido posible vislumbrar por primera vez el débil resplandor de un planeta fuera de nuestro Sistema Solar obteniendo, por vez primera, la imagen de un exoplaneta con masa cinco veces mayor que la de Júpiter. Esta observación marca un primer y desta-

cado paso hacia una de las metas más importantes de la astrofísica moderna: la caracterización de la estructura física y la composición química de planetas gigantes y, finalmente, de planetas similares a la Tierra. El planeta se localiza cerca de la constelación de Hidra y se encuentra a unos 200 años-luz de la Tierra. Forma un sistema doble con una estrella enana marrón (2M1207A). Su espectro revela la presencia de hielo.

## La determinación de la edad del Universo

Algunos equipos de investigación han usado el VLT para obtener mediciones que allanan el camino hacia una determinación independiente de la edad del Universo. Por primera vez, estos equipos han medido la cantidad del isótopo radiactivo de uranio-238 en una estrella que nació cuando la Vía Láctea estaba aún en formación. Así como en arqueología se usa el carbono 14 para establecer la antigüedad de los objetos, este “reloj” de uranio mide la edad de la estrella, pero a través de escalas temporales mucho mayores. Este “reloj” muestra que la estrella más antigua tiene unos 12500 millones de años y puesto que ésta no puede ser más vieja que el propio Universo, el Cosmos debe tener una edad mayor. Esto coincide con lo conocido gracias a la Cosmología, que atribuye al Universo una edad de 13700 millones de años. Esta estrella y nuestra Galaxia deben haberse formado muy poco tiempo después del Big Bang.

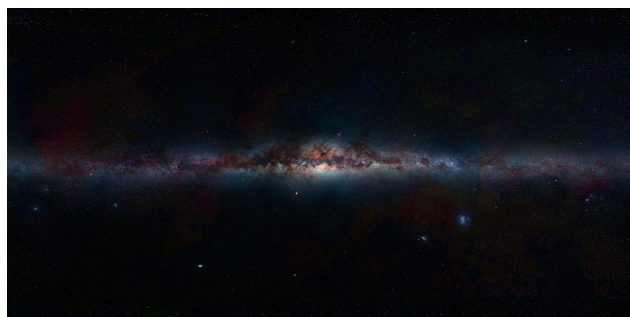


Figura 12. Panorama de la Vía Láctea.

Otro resultado que lleva a los límites la tecnología astronómica y arroja nueva luz sobre las épocas más primitivas de la Vía Láctea (figura 12) es que, por primera vez, se ha medido el contenido de berilio de dos estrellas en un cúmulo globular. Ello ha permitido estudiar la fase temprana que media entre la formación de las primeras estrellas en la Vía Láctea y el nacimiento de ese

cúmulo estelar. Se deduce así que la primera generación de estrellas en la Vía Láctea debe haberse formado tras el fin de la “Era Oscura” (de unos 200 millones de años) que siguió al Big Bang.

## Un agujero negro en el centro de nuestra Galaxia

Durante mucho tiempo se sospechó que un agujero negro se escondía en el corazón de nuestra Galaxia, pero no se podía afirmar con certeza. Tras 15 años de observaciones regulares del centro galáctico con los telescopios de ESO en los observatorios de La Silla y Paranal, los científicos finalmente obtuvieron evidencias concluyentes.

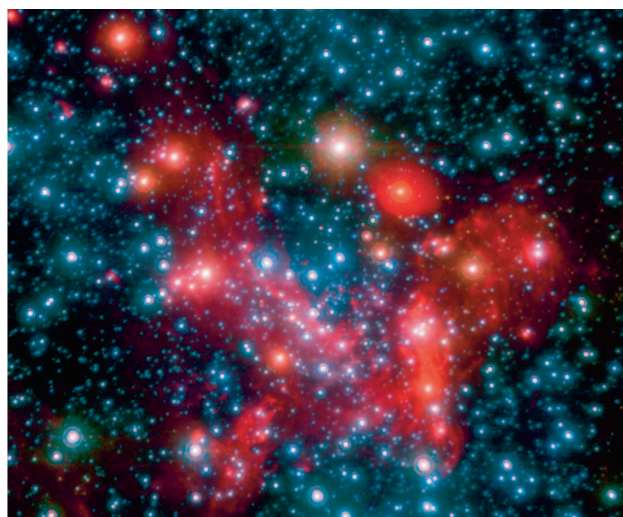


Figura 13. Centro de la Vía Láctea.

La concentración de estrellas del centro de la Vía Láctea (figura 13) es tan densa que se necesitaron técnicas especiales de fotografía, tales como la óptica adaptativa, para incrementar la resolución del VLT. Se llegan a distinguir así estrellas individuales con una precisión sin precedentes a medida que se mueven alrededor del centro galáctico. Sus trayectorias muestran de modo concluyente que deben estar orbitando bajo la influencia del inmenso campo gravitatorio de un agujero negro supermasivo, de masa casi tres millones de veces mayor que la de nuestro Sol. Las observaciones del VLT han revelado destellos de luz infrarroja emergiendo de la región a intervalos regulares. Aunque la causa exacta de este fenómeno sigue siendo desconocida, los observadores han sugerido que puede deberse a que el agujero negro podría estar girando rápidamente en torno a su eje.

También se utiliza el VLT para observar el centro de otras galaxias (figura 14), donde nuevamente se encuentran claras señales de agujeros negros supermasivos.



Figura 14. Materia en torno al agujero negro Sagitario A.

En la galaxia NGC 1097 se ha podido ver con un detalle sin precedentes una compleja red de filamentos cayendo en espiral hacia su centro. Quizá se trate de la primera visión detallada del proceso que produce materia desde la parte principal de la galaxia hasta su final en el núcleo.

### Explosiones de Rayos Gamma

Las Explosiones de Rayos Gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) son emisiones repentinas, altamente energéticas, que duran desde menos de un segundo hasta varios minutos. Se sabe que ocurren a inmensas distancias de la Tierra, hacia los límites del Universo observable. Tras la brusca emisión de rayos gamma suele seguir un resplandor de luz visible y, con el VLT, se ha detectado el ejemplo más lejano conocido de este proceso. La luz de esta fuente astronómica tan remota ha tardado más de 13.000 millones de años en llegar a nosotros. Por lo tanto la vemos tal como era cuando el Universo tenía

menos de 600 millones de años, es decir, menos del cinco por ciento de su edad actual. La explosión debió liberar en pocos segundos unas 300 veces la cantidad de energía que nuestro Sol liberará en toda su existencia de más de 10.000 millones de años. Estos fenómenos constituyen, por lo tanto, las explosiones más potentes del Universo desde el Big Bang.

Los investigadores llevan mucho tiempo tratando de descubrir la naturaleza de estas explosiones. Las observaciones indican que hay dos tipos de GRB: las de corta duración (menos de unos pocos segundos) y las de larga duración. Se sospechaba que los dos tipos se originan por dos clases diferentes de eventos cósmicos.

En 2003, astrónomos que empleaban telescopios de ESO jugaron un papel crucial al relacionar los GRBs de larga duración con las explosiones finales de estrellas masivas, conocidas como hipernovas. Siguiendo los restos de una explosión durante un mes completo, se comprobó que la luz tenía propiedades similares a las de una supernova, causada cuando una estrella masiva estalla al final de su vida.

En 2005, telescopios de ESO detectaron por primera vez la luz visible que sigue a una emisión de rayos gamma de corta duración. Siguiendo esa luz durante tres semanas, se dedujo que las fuentes explosivas de rayos gamma de corta duración, a diferencia de las de larga duración, no podían deberse a una hipernova. Por el contrario, se cree que son generadas por las violentas fusiones de estrellas neutrones o de agujeros negros.

### Planeta errante

Utilizando el telescopio VLT y el Telescopio Canadá-Francia-Hawái, un equipo de astrónomos ha identificado un objeto que probablemente se trate de un planeta errante sin estrella anfitriona. Se encuentra a una distancia de unos 100 años-luz del Sistema Solar y tanto su relativa proximidad como la ausencia de una estrella brillante cercana a él han permitido al equipo estudiar su atmósfera con gran detalle.

Aunque se encontraron antes posibles ejemplos de este tipo de objetos, al no conocer sus edades los astrónomos no podían saber si se trataba de planetas o de enanas marrones. Pero el nuevo objeto descubierto, denominado CFBDSIR2149, parece formar parte de un grupo cercano de estrellas jóvenes conocido como asociación estelar de AB Doradus. Los investigadores lo encontraron en unas observaciones realizadas con el

telescopio CFHT (Canada France Hawaii Telescope) y han aprovechado las capacidades del VLT de ESO para examinar en profundidad sus propiedades.

La Asociación estelar de AB Doradus es el grupo de este tipo más cercano al Sistema Solar. Sus estrellas van a la deriva y se cree que se formaron al mismo tiempo. El lazo entre el nuevo objeto y la asociación estelar es la clave que permitirá a los astrónomos deducir su edad. Se trata del primer objeto de masa planetaria aislado, identificado en una asociación estelar, y su relación con este grupo lo convierte en el candidato a planeta errante más interesante de los identificados hasta el momento.

Se cree que los objetos errantes como CFBDSIR2149 se forman, bien como planetas normales expulsados del sistema que los albergaba, bien como objetos solitarios como las estrellas más pequeñas o enanas marrones. En ambos casos, estos objetos son intrigantes tanto si se trata de planetas sin estrella como si son los objetos más pequeños posibles, en un rango que abarca desde las estrellas más masivas a las enanas marrones más pequeñas.

### Disco planetario en torno a una enana marrón

Por primera vez, utilizando el conjunto de telescopios ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), un equipo de astrónomos ha descubierto que las regiones exteriores del disco polvoriento que rodea a una enana marrón contienen granos sólidos de tamaño milimétrico, como los que se encuentran en discos más densos alrededor de estrellas recién nacidas. El sorprendente hallazgo supone un reto para las teorías sobre cómo se forman los planetas rocosos del tamaño de la Tierra, y sugiere que los planetas rocosos pueden ser más comunes de lo que se cree. Se piensa que dichos planetas se forman por colisiones aleatorias y unión de lo que, en un principio, serían partículas microscópicas del disco de material que rodea a las estrellas. Los astrónomos esperaban que en las regiones exteriores alrededor de una enana marrón dichos granos no pudieran crecer porque los discos estaban muy dispersos y las partículas se moverían demasiado rápido como para acrecer. Además, las teorías predominantes afirman que, en el entorno de las enanas marrones, cualquier grano que quisiera formarse se movería con rapidez hacia la estrella, desapareciendo de las partes exteriores del disco en las que podrían detectarse.

La mayor resolución proporcionada por ALMA, comparada con la de radiotelescopios anteriores, también ha permitido al equipo localizar monóxido de carbono alrededor de la enana marrón, siendo la primera vez que se detecta gas frío molecular en este tipo de discos. Este descubrimiento, junto con el de los granos de tamaño milimétrico, sugiere que el disco es más parecido de lo que se creía a los que se encuentran en torno a estrellas jóvenes. Se llevó a cabo utilizando sólo una cuarta parte de las antenas de ALMA, apuntando hacia la joven enana marrón ISO-Oph 102, también conocida como Rho-Oph 102, en la región de formación estelar de Rho Ofiuco de la constelación de Ofiuco. Con unas 60 veces la masa de Júpiter, pero sólo 0,06 veces la masa del Sol, la enana marrón es muy poco masiva para iniciar las reacciones termonucleares por las cuales brillan las estrellas. Aun así, emite calor, generado por sus lentas contracciones gravitatorias, y brilla con un color rojizo, aunque mucho menos que una estrella. En un futuro próximo, el conjunto ALMA será lo suficientemente potente como para tomar imágenes detalladas del disco que rodea a Rho-Oph 102 y de otros objetos. ALMA es una herramienta nueva y potente para resolver misterios sobre la formación de sistemas planetarios.

### Cuásares

Utilizando el telescopio VLT (Very Large Telescope) de ESO, un equipo de astrónomos ha descubierto un cuásar con la emisión más energética descubierta hasta el momento, al menos cinco veces más potente que las observadas hasta ahora. Los cuásares son centros galácticos extremadamente brillantes activados por agujeros negros supermasivos. Muchos eyectan grandes cantidades de material hacia sus galaxias anfitrionas, y estos chorros de materia juegan un papel muy importante en la evolución galáctica. Pero, hasta ahora, las eyecciones de cuásares que se habían observado, no eran tan potentes como predecían los teóricos.

Este nuevo estudio ha observado, con mucho detalle, uno de estos energéticos objetos (conocido como SDSS J1106+1939) utilizando el instrumento X-shooter, instalado en el telescopio VLT. Pese a que los agujeros negros destacan por atraer material, muchos cuásares aceleran parte del material que los rodea y lo eyectan a grandes velocidades. Numerosas simulaciones teóricas sugieren que el impacto de estas eyecciones en las galaxias del entorno puede resolver varios enigmas de la cosmología moderna, incluyendo cómo la masa de una galaxia está

asociada a la masa de su agujero negro central, y por qué hay tan pocas galaxias grandes en el Universo. Sin embargo, hasta ahora no se sabía con certeza si los cuásares eran capaces de producir chorros lo suficientemente potentes como para producir estos fenómenos.

Las nuevas eyecciones descubiertas se encuentran a unos mil años luz de distancia del agujero negro supermasivo que se encuentra en el corazón del cuásar SDSS J1106+1939. Estos chorros son, al menos, cinco veces más poderosos que los récords previos registrados. El análisis del equipo muestra que el cuásar pierde al año una masa de, aproximadamente, 400 veces la masa del

Sol, moviéndose a una velocidad de unos 8.000 kilómetros por segundo.

Además de la SDSS J1106+1939, el equipo también observó otro cuásar y descubrió que ambos objetos tienen poderosas eyecciones. Al tratarse de típicos ejemplos de un tipo de cuásar muy común, pero poco estudiado, estos resultados podrían aplicarse a cuásares luminosos de todo el Universo.

**Enrique Teso Villar**  
*Profesor jubilado*  
*Facultad de Ciencias*