ESO

Observatorio
Europeo
Austral

Alcanzando nuevas metas en astronomía

ESO y la astronomía

La astronomía es la más antigua de las ciencias naturales. El espectáculo ofrecido por la majestuosa Vía Láctea, extendiéndose a través del cielo en una noche despejada, ha maravillado a generaciones en todas las épocas y culturas, presentes y pasadas. En la actualidad, la astronomía destaca por ser una de las ciencias más dinámicas en el uso de avanzadas tecnologías y sofisticados instrumentos que nos permiten estudiar objetos situados en los lejanos confines del Universo observable, detectar planetas alrededor de otras estrellas y explorar muchos otros cuerpos celestes con un nivel de detalle sin precedentes. Estamos pues cada vez más cerca de contestar algunas de las preguntas fundamentales de la Humanidad: ¿Existe vida en otros lugares del Universo? ¿Cómo se forman estrellas y planetas? ¿Cómo evolucionan las galaxias? ¿De qué está hecho el Universo?

El Observatorio Europeo Austral (ESO) es la principal organización astronómica intergubernamental a nivel mundial. ESO lleva a cabo un ambicioso programa de diseño, construcción y operación de las instalaciones para la observación desde la Tierra más potentes y productivas del mundo. Con este propósito, ESO se cimienta en una constructiva colaboración con la comunidad científica, la industria y, en algunos casos, con otros socios en distintos lugares del mundo.

El número de propuestas para hacer uso de los telescopios de ESO excede entre tres y cinco veces, o hasta más, las noches de observación disponibles. Esta gran demanda contribuye a hacer de ESO el observatorio terrestre más productivo del mundo, con un promedio de publicación en revistas especializadas de casi tres artículos científicos por día, basados en datos obtenidos con sus telescopios. Estos artículos anuncian algunos de los más destacados descubrimientos astronómicos. El compromiso de ESO es seguir permitiendo estos hallazgos a través de la realización del proyecto más ambicioso de la historia en el campo de la astronomía observacional: la construcción del *Extremely Large Telescope*.

Xavier Barcons
Director General de ESO

Observatorio Paranal de ESO, hogar del *Very Large Telescope*.

ESO/S. Guisard (www.eso.org/~sguisard)

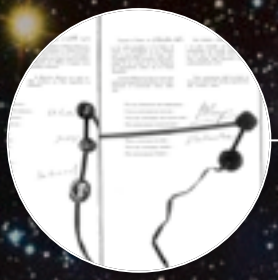
La imagen muestra la región del cielo que abarca desde la constelación de Sagittarius (el Arquero) a Scorpius (el Escorpión).

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Alcanzando las estrellas desde Paranal.

ESO/J. Girard

Hitos en la historia de ESO



5 de octubre de 1962

Los miembros fundadores Alemania, Bélgica, Francia, Países Bajos y Suecia firman el acuerdo de ESO.

6 de noviembre de 1963

Chile es elegido como emplazamiento para instalar el Observatorio de ESO y se firma el Convenio (o Acuerdo) entre Chile y ESO.

30 de noviembre de 1966

Primera luz del Telescopio de 1 metro de ESO en La Silla, el primer telescopio utilizado por ESO en Chile.

23 de marzo de 1989

Primera luz del *New Technology Telescope* (NTT).

25 de mayo de 1998

Primera luz de la primera Unidad de Telescopio (UT1) del VLT, Antu.

17 de marzo de 2001

Primera luz del Interferómetro del *Very Large Telescope* (VLTI).

8 de junio de 2011

Primeras imágenes del VST (*VLT Survey Telescope*).

30 de septiembre de 2011

ALMA (*Atacama Millimeter/submillimeter Array*) inicia sus primeras observaciones científicas y se publica la primera imagen.

5 de octubre de 2012

ESO celebra su 50 aniversario.

Imagen infrarroja de la Nebulosa Carina obtenida por la cámara HAWK-I, instalada en el VLT.

7 de noviembre de 1976

Primera luz del Telescopio de 3,6 metros de ESO en La Silla.

5 de mayo de 1981

Inauguración de la sede central de ESO en Garching (Alemania).

22 de junio de 1983

Primera luz del Telescopio MPG/ESO de 2,2 metros.

11 de febrero de 2003

Primera luz del instrumento HARPS (*High Accuracy Radial velocity Planet Searcher)* en el Telescopio de 3,6 metros de ESO en el Observatorio La Silla.

14 de julio de 2005

Primera luz del experimento submilimétrico APEX (*Atacama Pathfinder Experiment*).

11 de diciembre de 2009

Entra en funcionamiento VISTA (*Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy*), telescopio de rastreo pionero en lo infrarrojo.

19 de junio de 2014

Ceremonia de tronadura de la montaña del ELT (*Extremely Large Telescope*).

26 de mayo de 2017

Ceremonia de primera piedra del ELT, a la que asiste la Presidenta de Chile, Michelle Bachelet Jeria.

El futuro

Los terabytes de datos astronómicos fluyen hacia los astrónomos de los Estados Miembros de ESO como una promesa de nuevos descubrimientos...

ESO/T. Preibisch

Los emplazamientos de ESO

El desierto de Atacama, en el norte de Chile, cuenta con cielos excepcionalmente oscuros y despejados que, durante 300 noches al año, ofrecen una vista inigualable de los cielos australes, incluyendo la importante región central de la Vía Láctea y las dos Nubes de Magallanes.

El llano de Chajnantor

A 5.000 metros sobre el nivel del mar, el llano de Chajnantor es uno de los emplazamientos astronómicos más altos del mundo. Alberga el *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array* (ALMA), una colaboración entre ESO, Norteamérica y Asia del Este, en cooperación con la República de Chile, así como el *Atacama Pathfinder Experiment* (APEX), un telescopio de 12 metros que opera en longitudes de onda milimétricas y submilimétricas.

Cerro Paranal

A 2.600 metros sobre el nivel del mar, 130 kilómetros al sur de la ciudad de Antofagasta y 12 kilómetros hacia el interior desde la costa pacífica del norte de Chile, en una de las zonas más áridas de la Tierra, se encuentra Paranal. Este paraje es el hogar del *Very Large Telescope* (VLT), un conjunto de cuatro Unidades de Telescopio de 8,2 metros, más cuatro Telescopios Auxiliares móviles de 1,8 metros, que forman parte del Interferómetro del VLT. También se encuentran en Paranal dos potentes telescopios de rastreo: VST y VISTA.

Cerro Armazones

Aquí, a sólo 23 kilómetros del Observatorio Paranal, se encuentra en construcción el *Extremely Large Telescope* (ELT) de 39 metros, que será integrado en el sistema de operaciones de Paranal.

Vitacura, Santiago de Chile

Las oficinas de ESO en Santiago son un activo centro de educación para las nuevas generaciones de investigadores, donde se promueve el intercambio entre científicos europeos y chilenos a través de colaboraciones.

Una imagen de la región de formación estelar Gum 15 obtenida con el Telescopio MPG/ESO de 2,2 metros.

Sede central de ESO, Garching, Alemania

La sede central de ESO está ubicada en Garching, cerca de Múnich, en Baviera (Alemania). Es el centro científico, técnico y administrativo de ESO. En el edificio técnico, se desarrollan, construyen, ensamblan, prueban y actualizan los instrumentos más avanzados de ESO. También es el hogar de uno de los archivos de datos astronómicos más grandes del mundo, además del planetario y centro de visitantes ESO Supernova.

Cerro La Silla

El primer observatorio de ESO fue construido a 2.400 metros sobre el nivel del mar, 600 kilómetros al norte de Santiago de Chile. Está equipado con una serie de telescopios ópticos con espejos que alcanzan hasta los 3,6 metros de diámetro. El Telescopio de 3,6 metros de ESO alberga el buscador de exoplanetas más importante del mundo, HARPS (*High Accuracy Radial velocity Planet Searcher*).

Hitos científicos de ESO

Los 10 descubrimientos astronómicos más destacados de ESO

5 | La primera imagen de un exoplaneta

El VLT obtuvo la primera imagen en la historia de un planeta fuera de nuestro Sistema Solar. El planeta, que posee una masa cinco veces mayor a la de Júpiter, orbita una estrella que no logró iniciar sus reacciones nucleares (una enana marrón), a una distancia equivalente a 55 veces el recorrido promedio entre la Tierra y el Sol.

3 | El descubrimiento de un planeta en la zona habitable que rodea a la estrella más cercana, Próxima Centauri

El planeta, buscado durante mucho tiempo y designado Próxima b, orbita su fría estrella roja anfitriona cada 11 días y tiene una temperatura apta para la existencia de agua líquida en su superficie. Este planeta rocoso es un poco más masivo que la Tierra y es el exoplaneta más cercano a nosotros (y también puede ser el lugar más cercano fuera del Sistema Solar en donde exista vida).

ESO/M. Kornmesser

1 | Estrellas que orbitan el agujero negro supermasivo de la Vía Láctea

Varios de los telescopios más emblemáticos de ESO fueron utilizados en un estudio a largo plazo, con el fin de obtener la vista más detallada del entorno del monstruo que acecha en el corazón de nuestra galaxia, un agujero negro supermasivo.

2 | Un universo en aceleración

A partir de observaciones de supernovas y utilizando datos en parte obtenidos con telescopios de ESO en La Silla y en Paranal, dos equipos de investigación independientes demostraron que la expansión del Universo se está acelerando. Este resultado obtuvo el Premio Nobel de Física 2011.

ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

4 | Una revolucionaria imagen de ALMA muestra la génesis planetaria

En 2014, el *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array* (ALMA), reveló importantes detalles de un sistema planetario en formación. Las imágenes de HL Tauri fueron las más nítidas obtenidas jamás en longitudes de onda submilimétricas y muestran cómo los planetas en formación acumulan polvo y gas dentro de un disco protoplanetario.

SDSS

6 | La estrella más antigua conocida en la Vía Láctea

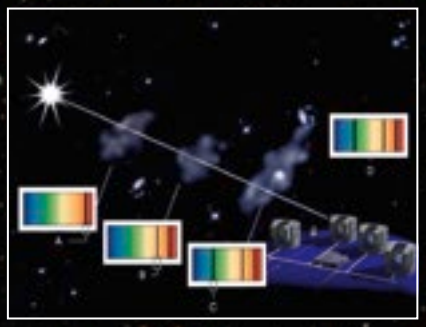
Utilizando el VLT, un equipo de astrónomos logró calcular la edad de la estrella más antigua conocida en nuestra galaxia. Con 13.200 millones de años, la estrella nació en las primeras etapas de formación estelar del Universo. Se detectó uranio en una estrella nacida cuando la Vía Láctea estaba aún formándose, y se empleó para estimar de forma independiente la edad de nuestra galaxia.

ESO/L. Calçada

7 | Mediciones directas de espectros de exoplanetas y sus atmósferas

Utilizando el VLT, fue posible analizar por primera vez la atmósfera que rodea a un exoplaneta tipo súper-Tierra. El planeta, conocido como GJ 1214b, fue estudiado mientras transitaba frente a su estrella anfitriona y parte de la luz estelar atravesaba su atmósfera. La atmósfera es mayormente agua en forma de vapor o predominan en ella densas nubes o neblina.

ESO/N. Bartmann/spaceengine.org



8 | Medición independiente de la temperatura cósmica

El VLT detectó por primera vez moléculas de monóxido de carbono en una galaxia localizada a unos 11 mil millones de años luz de distancia, una hazaña imposible de lograr durante 25 años. Esto permitió a los astrónomos obtener la medición más precisa de la temperatura cósmica en una época tan remota.

9 | Un sistema planetario que bate marcas

Haciendo uso de telescopios espaciales y terrestres, incluyendo el VLT de ESO, un equipo de astrónomos descubrió, a tan sólo 40 años luz de distancia, un sistema compuesto por siete planetas del tamaño de la Tierra orbitando una estrella enana ultrafría conocida como TRAPPIST-1. Tres de los planetas se encuentran en la zona habitable, aumentando la posibilidad de que el sistema pueda albergar vida. Este sistema tiene el mayor número de planetas del tamaño de la Tierra y el mayor número de mundos que podrían tener agua líquida en sus superficies.

10 | Estallidos de rayos gamma: su relación con las supernovas y la fusión de estrellas de neutrones

Los telescopios de ESO han proporcionado pruebas concluyentes de que las explosiones de rayos gamma están vinculadas con la explosión final de estrellas masivas, dando respuesta a una interrogante que había perdurado en el tiempo. Además, uno de los telescopios del Observatorio La Silla pudo observar, por primera vez, la luz visible emitida por una explosión de rayos gamma de corta duración, mostrando que esta categoría de objetos probablemente se originó debido a la violenta colisión de dos estrellas de neutrones que se habrían fusionado.

Imagen de campo ultraprofundo obtenida con el instrumento WFI (*Wide Field Imager*) instalado en el Telescopio MPG/ESO de 2,2 metros, en el Observatorio La Silla.

El Very Large Telescope

En los inicios de este tercer milenio, el conjunto de telescopios que conforman el *Very Large Telescope* (VLT) constituye la instalación óptica más emblemática de la astronomía europea. Se trata del observatorio óptico e infrarrojo más avanzado del mundo, y comprende cuatro Unidades de Telescopio equipadas con espejos principales de 8,2 metros de diámetro. Pueden usarse de manera individual o conjunta, al igual que los cuatro Telescopios Auxiliares móviles de 1,8 metros que pueden combinarse para formar un interferómetro. Cada uno de estos telescopios es tan potente que permite obtener imágenes de objetos celestes cuatro mil millones de veces más tenues de lo que alcanza a ver el ojo humano.

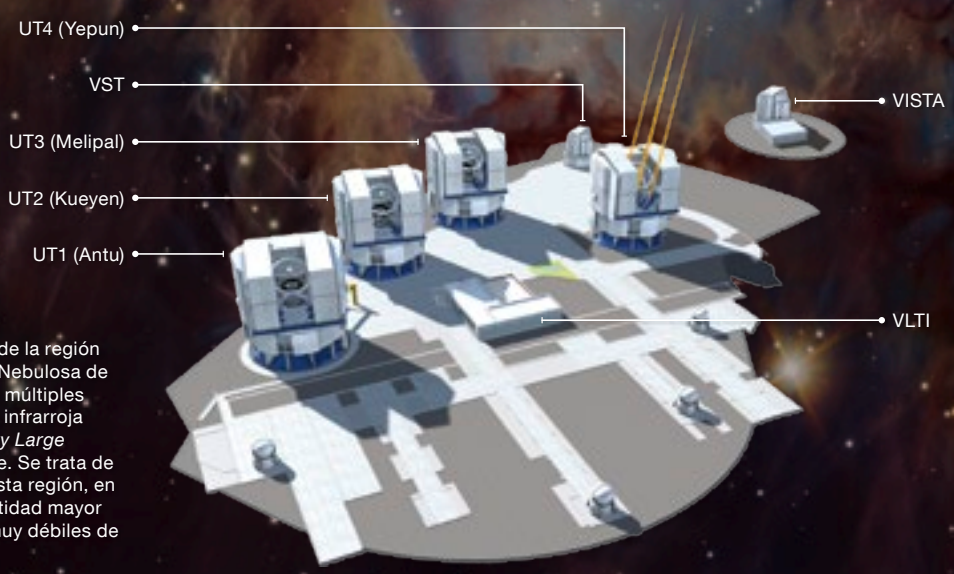
El programa de instrumentación del VLT es el más ambicioso jamás concebido para un solo observatorio. Incluye sistemas de cámaras y espectrógrafos que abarcan una amplia región del espectro electromagnético, desde longitudes de onda de luz ultravioleta (0,3 μm) hasta aquellas de radiación infrarroja media (20 μm).

Cada Unidad de Telescopio de 8,2 metros se encuentra en el interior de un edificio compacto, climatizado, que rota de manera sincronizada con el telescopio. Esto minimiza de forma notable los efectos locales que pueden afectar a las condiciones de observación, como las turbulencias en el tubo del telescopio, ocasionadas por variaciones de temperatura o del flujo del viento.

La primera Unidad de Telescopio inició sus operaciones científicas de manera regular el 1 de abril de 1999 y, desde entonces, el VLT ha producido un gran impacto en la astronomía observacional. Es la instalación astronómica terrestre más productiva del mundo: sus resultados conducen a un promedio diario que excede un artículo científico y medio en revistas especializadas.

El Observatorio Paranal de ESO también alberga los telescopios nacionales NGTS (*Next Generation Transit-Survey*) y SPECULOOS (*Search for habitable Planets EClipsing ULtra-cOOl Stars*).

Nombre	VLT
Ubicación	Cerro Paranal
Altitud	2635 metros
Longitudes de onda	Ultravioleta/óptico/infrarrojo
Componentes/técnicas	Interferometría con 4 telescopios (máxima línea de base de 130 metros), 3 de ellos disponen de óptica adaptativa
Diseño óptico	Reflector Ritchey-Chrétien
Diámetro del espejo primario	8,2 metros
Montura	Altazimutal
Primera Luz	Mayo 1998–septiembre 2000



Esta espectacular imagen de la región de formación estelar de la Nebulosa de Orión se obtuvo a partir de múltiples exposiciones de la cámara infrarroja HAWK-I instalada en el *Very Large Telescope* de ESO, en Chile. Se trata de la vista más profunda de esta región, en la cual se observa una cantidad mayor a la esperada de objetos muy débiles de masa planetaria.

ESO/H. Drass et al.

Y. Beletsky (LCO)/ESO

Tomada desde el interior de la cúpula de la cuarta Unidad de Telescopio del *Very Large Telescope* (VLT) de ESO, esta espectacular imagen capta a la estrella guía láser del VLT (LGS, de *Laser Guide Star*) apuntando al centro de la Vía Láctea.

ESO/G. Hüdepohl (atacamaphoto.com)

En esta impresionante imagen aérea del desierto de Atacama, en el norte de Chile, el Sol poniente se sumerge bajo el horizonte del océano Pacífico, bañando en luz la plataforma de Paranal.

Óptica Adaptativa

La turbulencia de la atmósfera terrestre distorsiona las imágenes obtenidas desde la Tierra y hace que las estrellas titilen. Entonces, los astrónomos de ESO utilizan un método denominado óptica adaptativa para compensar los efectos de la atmósfera.

Sofisticados espejos deformables controlados por computador corrigen en tiempo real la distorsión provocada por la turbulencia de la atmósfera terrestre, permitiendo obtener imágenes casi tan nítidas como aquellas tomadas desde el espacio.

Para medir la distorsión provocada por la atmósfera de modo que el espejo deformable pueda corregirla, esta tecnología requiere de una estrella de referencia que debe encontrarse muy cerca del objeto a estudiar.

Debido a que no siempre se dispone de estas estrellas de referencia, los astrónomos crean estrellas artificiales emitiendo un poderoso rayo láser que alcanza los 90 kilómetros de altitud, en las capas superiores de la atmósfera terrestre.

ESO lidera el desarrollo de las tecnologías de óptica adaptativa y estrellas guías láser, en colaboración con diversos institutos y empresas europeas. Las instalaciones de óptica adaptativa de ESO han obtenido destacados resultados científicos que incluyen las primeras observaciones directas de un planeta extrasolar (ver pág. 8), así como el análisis detallado del entorno cercano al agujero negro ubicado en el centro de la Vía Láctea (ver pág. 8).

La próxima generación de óptica adaptativa se está instalando en el VLT. Esta tecnología utiliza varias estrellas guías láser e incluye avanzados instrumentos de óptica adaptativa, por ejemplo, para la búsqueda de planetas. Actualmente se encuentran en fase de desarrollo sistemas aún más sofisticados, diseñados para cumplir con los desafíos del ELT. El uso de varias estrellas guías láser permitirá corregir un campo visual más amplio, un resultado que será de vital importancia para la futura ciencia del VLT y el ELT.

Sistema de cuatro estrellas guías láser apuntando hacia la Nebulosa Carina desde Paranal.

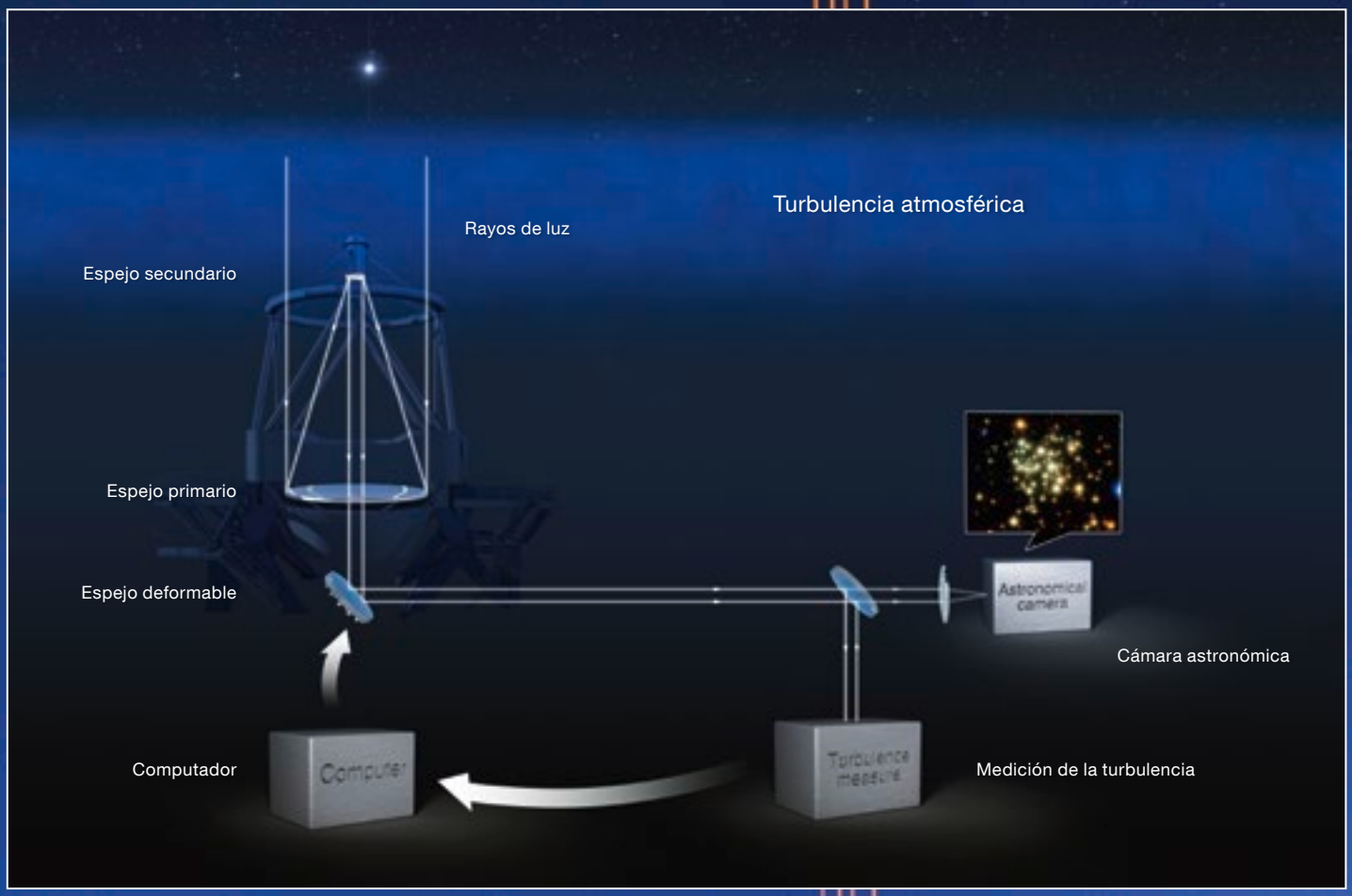


Ilustración que muestra cómo funciona la óptica adaptativa.

ESO/G. Hüdepohl

El sistema de cuatro estrellas guías láser en la Unidad de Telescopio 4 del VLT.

El Interferómetro del VLT

Los telescopios del VLT pueden combinarse para formar el *Very Large Telescope Interferometer* (VLTI o interferómetro del VLT), permitiendo a los astrónomos ver detalles con una precisión 16 veces mayor que la de un telescopio individual. Con el VLTI es posible observar con gran nitidez detalles en la superficie de las estrellas e incluso estudiar el entorno cercano a un agujero negro en el centro de otra galaxia.

Los rayos de luz obtenidos por los distintos telescopios se combinan en el VLTI mediante un complejo sistema de espejos situados en túneles subterráneos, donde todos los haces de luz deben recorrer la misma distancia, con variaciones de menos de 0,001 milímetros en trayectos de más de 100 metros. Con este enorme "telescopio virtual" de 130 metros, el VLTI puede realizar mediciones que equivalen a detectar la cabeza de un tornillo en la Estación Espacial Internacional, en órbita a 400 kilómetros alrededor de la Tierra. Si bien las Unidades de Telescopios de 8,2 metros pueden combinarse para formar el VLTI, la mayor parte del tiempo estos colosos se emplean de manera individual para diversos propósitos, por lo que sólo están disponibles para observaciones interferométricas durante un número limitado de noches al año.

Por lo tanto, para aprovechar la capacidad del VLTI cada noche, se dispone de cuatro Telescopios Auxiliares (AT, *Auxiliary Telescopes*) de menor tamaño. Los AT están instalados sobre rieles que permiten moverlos entre distintas posiciones de observación definidas de manera muy precisa. Desde estas posiciones, los espejos de los AT reflejan los haces de luz que luego son combinados en el VLTI.

Los AT poseen características bastante inusuales: autosuficientes en sus cúpulas protectoras ultra compactas, cuentan con sistemas electrónicos e hidráulicos propios, así como equipos de ventilación y enfriamiento, y transportadores capaces de levantarlos y trasladarlos de una posición a otra.

Nombre	Telescopios Auxiliares
Ubicación	Cerro Paranal
Altitud	2.635 metros
Longitudes de onda	Óptico/infrarrojo
Componentes/técnicas	Interferometría con 4 telescopios más pequeños (línea de base máxima 200 metros)
Diseño óptico	Ritchey-Chrétien con sistema óptico "coudé train"
Diámetro del espejo primario	1,82 metros
Montura	Altazimutal
Primera Luz	Enero 2004–diciembre 2006

Vista panorámica del túnel del *Very Large Telescope Interferometer.*

P. Horálek/ESO

Puesta de Sol en Paranal, con uno de los Telescopios Auxiliares abierto y listo para las observaciones.

Telescopios de rastreo

Dos poderosos telescopios, el *Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy* (VISTA) y el *VLT Survey Telescope* (VST), se encuentran también ubicados en el Observatorio Paranal de ESO. Son los telescopios de rastreo más potentes del mundo y aumentan de manera significativa el potencial de descubrimientos científicos del Observatorio Paranal.

Muchos de los objetos astronómicos más interesantes, desde las débiles enanas marrones en la Vía Láctea hasta los cuásares más lejanos, son difíciles de detectar. Los telescopios de mayor tamaño sólo pueden estudiar una ínfima parte del cielo en un determinado momento, pero tanto el VISTA como el VST están diseñados para obtener imágenes de zonas muy amplias con profundidad y a gran velocidad. Ambos telescopios están generando enormes bases de datos con fotografías y catálogos de objetos que serán de gran valor para los astrónomos en las próximas décadas.

VISTA tiene un espejo principal de 4,1 metros de diámetro y es el telescopio de rastreo en infrarrojo cercano más potente del mundo. En el corazón de VISTA se encuentra instalada una cámara de 3 toneladas que contiene 16 detectores sensibles a la luz infrarroja, los cuales tienen una resolución total de 67 megapíxeles. Su campo de visión es mayor al de cualquier cámara astronómica de infrarrojo cercano en la actualidad.

El VST es un telescopio de 2,6 metros con tecnología de vanguardia, equipado con el instrumento OmegaCAM, una enorme cámara CCD de 268 megapíxeles, cuyo campo visual es equivalente a cuatro veces el área de la Luna llena. Al rastrear el cielo en el visible, el VST es el complemento perfecto de VISTA.

Nombre	VISTA
Ubicación	Cerro cercano a Paranal
Altitud	2.518 metros
Longitudes de onda	Infrarrojo
Componentes/técnicas	Cámara VIRCAM de 67 megapíxeles; campo de visión de 1,65° × 1,65°
Diseño óptico	Reflector Ritchey-Chrétien modificado con corrector de lentes en la cámara
Diámetro del espejo primario	4,10 metros
Montura	Horquilla altazimutal
Primera Luz	11 de diciembre de 2009

Nombre	VST
Ubicación	Cerro Paranal
Altitud	2.635 metros
Longitudes de onda	Ultravioleta/óptico/infrarrojo cercano
Componentes/técnicas	Cámara OmegaCAM de 268 megapíxeles; campo de visión de 1° × 1°
Diseño óptico	Reflector Ritchey-Chrétien modificado con correctores
Diámetro del espejo primario	2,61 metros
Montura	Horquilla altazimutal
Primera Luz	8 de junio de 2011

Esta imagen de campo amplio de la Nebulosa de Orión (Messier 42), localizada a 1.350 años luz de la Tierra, fue tomada con el telescopio VISTA, instalado en el Observatorio Paranal de ESO, en Chile.

ESO/J. Emerson/VISTA

Interior de la cúpula del VST con la Vía Láctea resplandeciendo en el cielo.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

El telescopio VISTA en su cúpula durante la puesta de sol.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

ELT

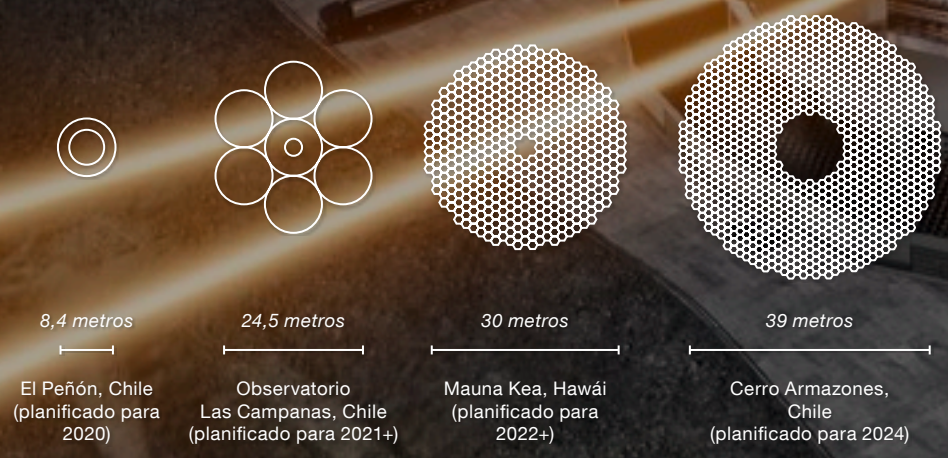
Los telescopios de gran tamaño constituyen una de las mayores prioridades para la astronomía terrestre. Supondrán un gran avance en el conocimiento dentro del campo de la astrofísica, permitiendo elaborar estudios detallados de planetas alrededor de otras estrellas, de los primeros objetos del Universo, de agujeros negros súper masivos, así como la naturaleza y distribución de la materia y energía oscuras que dominan el Cosmos.

El revolucionario *Extremely Large Telescope* (ELT) contará con un espejo principal de 39 metros, con un área colectora de luz de casi 1.000 metros cuadrados, convirtiéndolo en el ojo más grande del mundo para mirar el cielo. El ELT superará en tamaño a todos los telescopios ópticos existentes combinados y recolectará 15 veces más luz que la totalidad de los mayores telescopios ópticos actuales. Su tecnología de óptica adaptativa proporcionará imágenes con una nitidez 15 veces superior a la del Telescopio Espacial Hubble de NASA/ESA. Posee un innovador diseño de cinco espejos y un espejo primario conformado por 798 segmentos hexagonales, cada uno de 1,4 metros de ancho y tan solo 5 centímetros de espesor.

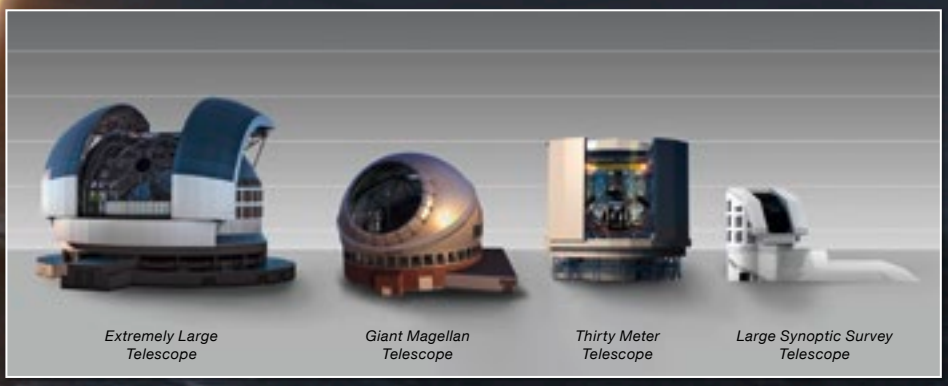
Se espera que el ELT vea su primera luz en 2024 y que aborde los mayores desafíos científicos de nuestro tiempo. Estudiará planetas similares a la Tierra ubicados en las llamadas zonas habitables (donde podría existir vida) alrededor de otras estrellas, lo que representa uno de los "santos griales" de la astronomía observacional moderna. También realizará arqueología estelar a través del estudio de estrellas antiguas y poblaciones estelares en galaxias cercanas y contribuirá notablemente a la cosmología estudiando las primeras estrellas y galaxias y analizando la naturaleza de la materia y energía oscuras. Asimismo, los astrónomos están preparándose para las nuevas e imprevisibles interrogantes que surgirán a partir de los descubrimientos realizados con el ELT.

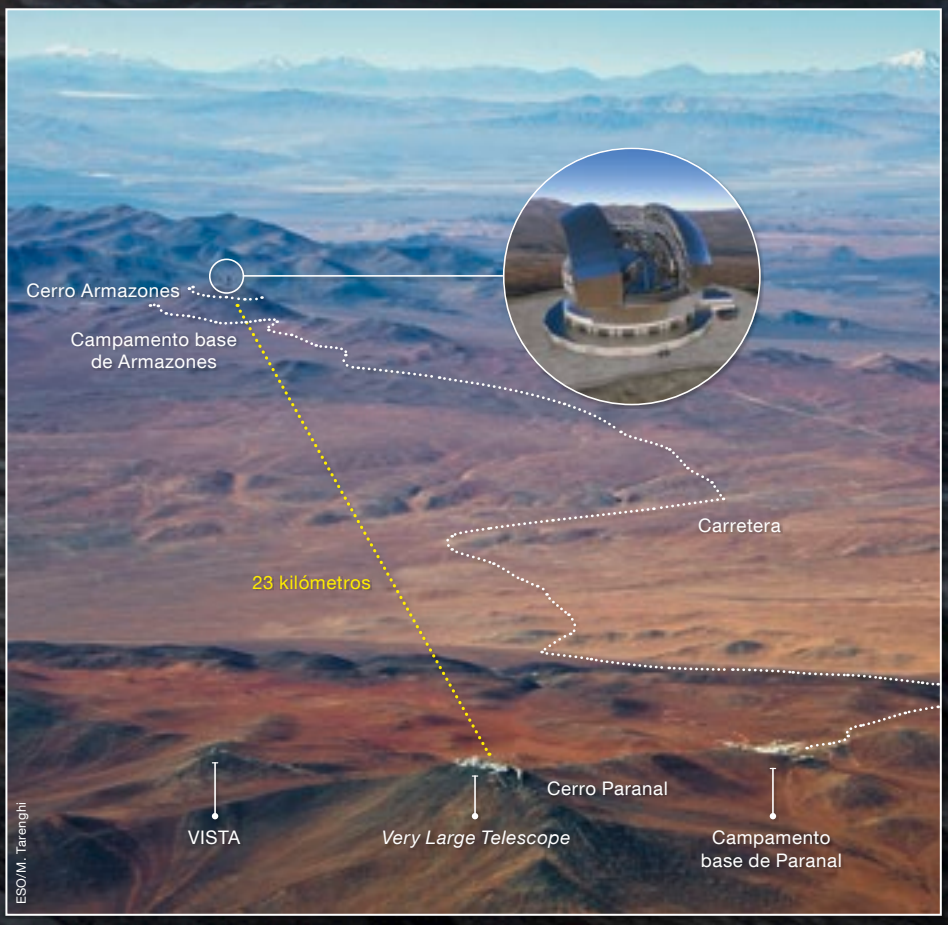
Nombre	ELT
Ubicación	Cerro Armazones
Altitud	3.046 metros
Longitudes de onda	Óptico/infrarrojo cercano
Componentes/técnicas	Óptica adaptativa incorporada utilizando un espejo deformable de 2,6 metros y hasta 9 estrellas guía láser
Diseño óptico	Diseño formado por cinco espejos
Diámetro del espejo primario	39 metros
Montura	Altazimutal
Primera Luz	2024

Comparación de tamaños del espejo primario de telescopios ópticos gigantes en construcción.



ESO/L. Calçada





Arriba: Este gráfico compara la cúpula del *Extremely Large Telescope* con las de otras instalaciones de grandes telescopios terrestres que están actualmente en construcción.

Abajo: Foto aérea donde se muestran Cerro Paranal, Cerro Armazones y el camino entre ellos.

Esta ilustración muestra un panorama nocturno con el *Extremely Large Telescope* en funcionamiento en el Cerro Armazones, en el norte de Chile.

ALMA

En lo alto del llano de Chajnantor, en los Andes chilenos, ESO y sus socios internacionales operan el *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array* (ALMA), el proyecto astronómico más grande que existe. ALMA es un observatorio de ondas de radio con tecnología de vanguardia capaz de analizar la luz de algunos de los objetos más fríos del Universo.

ALMA está compuesto por 66 antenas de alta precisión: el conjunto principal, de cincuenta antenas de 12 metros de diámetro, que actúa de manera coordinada como un único telescopio y otro conjunto adicional, más compacto, que cuenta con cuatro antenas de 12 metros de diámetro y doce antenas de 7 metros.

ALMA estudia el Universo en longitudes de onda milimétricas y submilimétricas con una sensibilidad y resolución sin precedentes, logrando una visión hasta diez veces más nítida que la del Telescopio Espacial Hubble de NASA/ESA. La radiación observada por ALMA ocupa la región del espectro electromagnético comprendida entre la luz infrarroja y las ondas de radio y proviene de extensas nubes frías presentes en el espacio interestelar y de algunas de las galaxias más antiguas y distantes del Universo. A menudo, estas regiones resultan oscuras y opacas si se observan en luz visible, pero brillan intensamente en la región milimétrica y submilimétrica del espectro.

ALMA estudia los componentes básicos a partir de los cuales se forman las estrellas, los sistemas planetarios, las galaxias y la propia vida, permitiendo a los astrónomos abordar algunas de las preguntas más profundas sobre nuestros orígenes cósmicos. Dado que la radiación milimétrica y submilimétrica es absorbida por el vapor de agua presente en la atmósfera terrestre, ALMA ha sido construido a 5.000 metros sobre el nivel del mar, en el llano de Chajnantor, en el norte de Chile. Este lugar posee uno de los climas más secos de la Tierra y ofrece unas condiciones de observación inigualables.

ALMA es una colaboración entre ESO, la Fundación Nacional de Ciencia de Estados Unidos (NSF) y los Institutos Nacionales de Ciencias Naturales de Japón (NINS), en cooperación con la República de Chile. ALMA está financiado por ESO en nombre de sus Estados Miembros; por la NSF en cooperación con el Consejo Nacional de Investigación de Canadá (NRC) y el Consejo Nacional de Ciencias de Taiwán (NSC); y por NINS en cooperación con la Academia Sínica de Taiwán (AS) y el Instituto de Astronomía y Ciencias Espaciales de Corea (KASI).

Nombre	ALMA
Ubicación	Llano de Chajnantor
Altitud	4.576–5.044 metros
Longitudes de onda	Submilimétricas
Componentes/técnicas	Interferometría con líneas de base de entre 150 metros y 16 kilómetros
Diseño óptico	Cassegrain
Diámetro del espejo primario	54 × 12 metros; 12 × 7 metros
Montura	Altazimutal
Primera Luz	30 de septiembre de 2011

Esta imagen muestra varias antenas del ALMA y, arriba, las regiones centrales de la Vía Láctea.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), J. Bally/H. Drass et al.

Se suelen asociar las explosiones estelares a las supernovas, la espectacular muerte de algunas estrellas. Pero nuevas observaciones de ALMA del complejo de la nebulosa de Orión proporcionan nueva información al respecto desde el otro extremo del ciclo de la vida estelar: el nacimiento de la estrella.

ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/M. Kaufman & the NASA/ESA Hubble Space Telescope

Esta imagen, compuesta a partir de datos de ALMA y del Telescopio Espacial Hubble de NASA/ESA, muestra una visión cósmica inusual: un par de galaxias en interacción que han adquirido una estructura ocular.

APEX

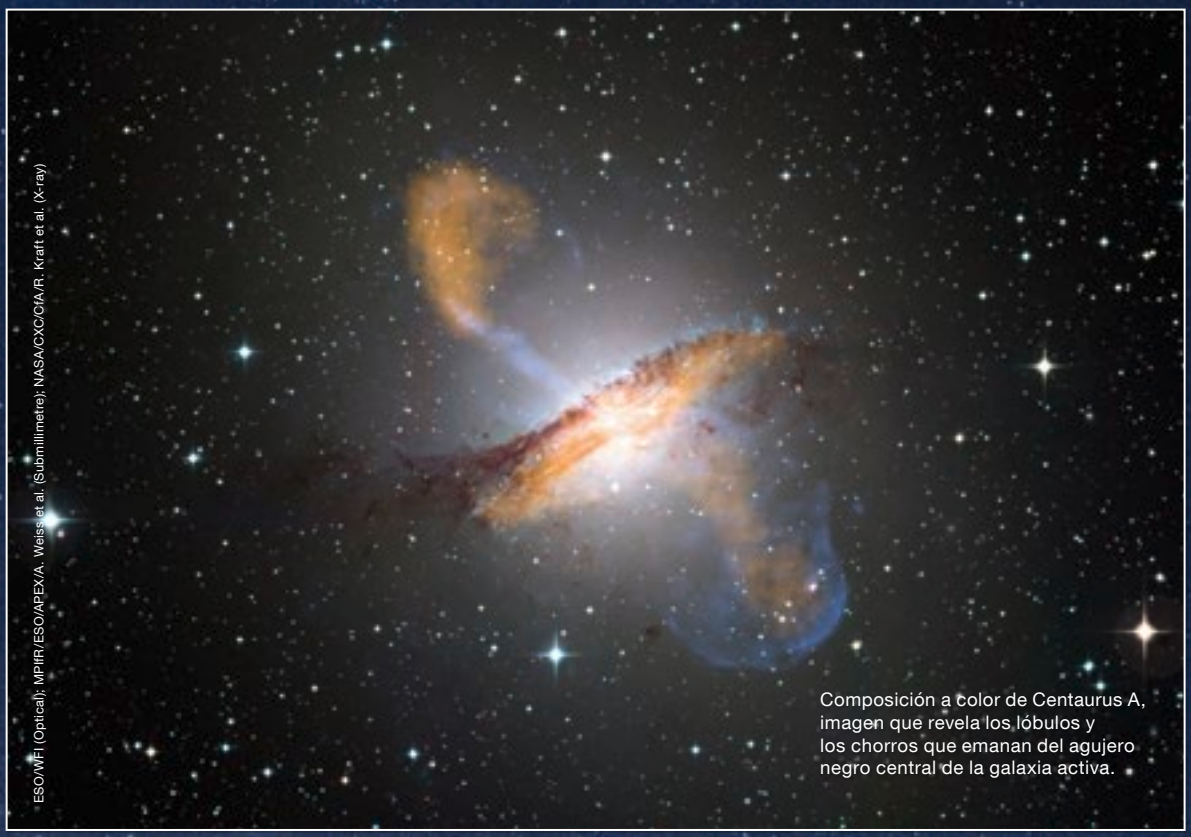
El llano de Chajnantor cuenta con otra instalación complementaria para la astronomía milimétrica y submilimétrica: el *Atacama Pathfinder Experiment* (APEX). Este telescopio de 12 metros de diámetro se basa en una antena prototipo de ALMA y opera desde mucho antes en su misma ubicación. Ahora que ALMA está completo, APEX está asumiendo un papel importante en tareas de rastreo del cielo.

Al igual que ALMA, APEX está diseñado para trabajar a longitudes de onda submilimétricas, clave para estudiar algunos de los objetos más fríos, polvorientos y distantes del Universo. A lo largo de los años, ha sondeado la turbulenta vida temprana de las galaxias más masivas, ha estudiado la materia desgarrada por un agujero negro supermasivo y fue el primero en detectar moléculas de peróxido de hidrógeno en el espacio interestelar. APEX es utilizado también para estudiar las condiciones existentes en el interior de las nubes moleculares, como las de la Nebulosa de Orión o como los llamados "Pilares de la Creación" en la Nebulosa del Águila, ayudándonos a comprender aquellas cunas de gas y polvo donde nacen nuevas estrellas.

APEX es una colaboración entre el Instituto Max-Planck de Radioastronomía, el Observatorio Espacial de Onsala y ESO. ESO es el responsable de operar el telescopio.

Nombre	APEX
Ubicación	Llano de Chajnantor
Altitud	5.050 metros
Longitudes de onda	Submilimétricas
Diseño óptico	Cassegrain
Diámetro del espejo primario	12 metros
Montura	Altazimutal
Primera Luz	14 de julio de 2005

El telescopio APEX mira hacia el cielo en una brillante noche de luna en Chajnantor, uno de los lugares astronómicos más altos y secos del mundo.



ESO/WFI (Optical); MPIfR/ESO/APEX/A. Weiss et al. (Submillimetre); NASA/CXC/CfA/R. Kraft et al. (X-ray)

Composición a color de Centaurus A, imagen que revela los lóbulos y los chorros que emanan del agujero negro central de la galaxia activa.

ESO/Digitized Sky Survey 2

Esta espectacular nueva imagen de nubes cósmicas de la constelación de Orión revela lo que parece ser una cinta de fuego en el cielo.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

La Silla

El Observatorio La Silla ha sido un emblema de ESO desde la década de los sesenta. En este lugar, ESO aún opera dos de los mejores telescopios de cuatro metros, permitiendo que La Silla siga siendo uno de los observatorios científicamente más productivos del mundo.

El *New Technology Telescope* (NTT), de 3,58 metros de diámetro, incorporó innovadores adelantos en las áreas de la ingeniería y diseño de telescopios. Fue el primero en tener un espejo principal controlado por computador (óptica activa), una tecnología desarrollada en ESO, empleada en el VLT y en la mayoría de los grandes telescopios del planeta.

El Telescopio de 3,6 metros de ESO opera desde 1977. Después de importantes mejoras, sigue a la vanguardia entre los telescopios de 4 metros del hemisferio sur. Alberga al buscador de exoplanetas más importante del mundo: HARPS, un espectrógrafo de una precisión inigualable.

Además, muchos Estados Miembros de ESO utilizan las infraestructuras de La Silla para proyectos específicos nacionales, tales como el telescopio suizo Leonhard Euler de 1,2 metros, el Telescopio MPG/ESO de 2,2 metros y el telescopio danés de 1,54 metros. Por su parte, *Rapid-Eye Mount* (REM) y *Télescope à Action Rapide pour les Objets Transitoires* (TAROT) son buscadores de explosiones de rayos gamma. Los telescopios *TRAnsiting Planets and PlanetesImals Small Telescope* (TRAPPIST), *Exoplanets in Transits and their Atmospheres* (ExTrA) y T*he Multi-site All-Sky CAmeRA* (MASCARA) son cazadores de exoplanetas. Además, BlackGEM busca contrapartidas ópticas a la detección de ondas gravitacionales y el *Test-Bed Telescope* (un proyecto en colaboración con la ESA), rastrea objetos artificiales y naturales cercanos a la Tierra.

Mosaico a tres colores de la Nebulosa del Águila (Messier 16 o NGC 6611), basado en imágenes obtenidas con la cámara *Wide Field Imager*, instalada en el Telescopio de 2,2 metros MPG/ESO, en el Observatorio La Silla.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

La cúpula del Telescopio de 3,6 metros ESO se recorta contra el cielo en una vista nocturna del Observatorio La Silla.

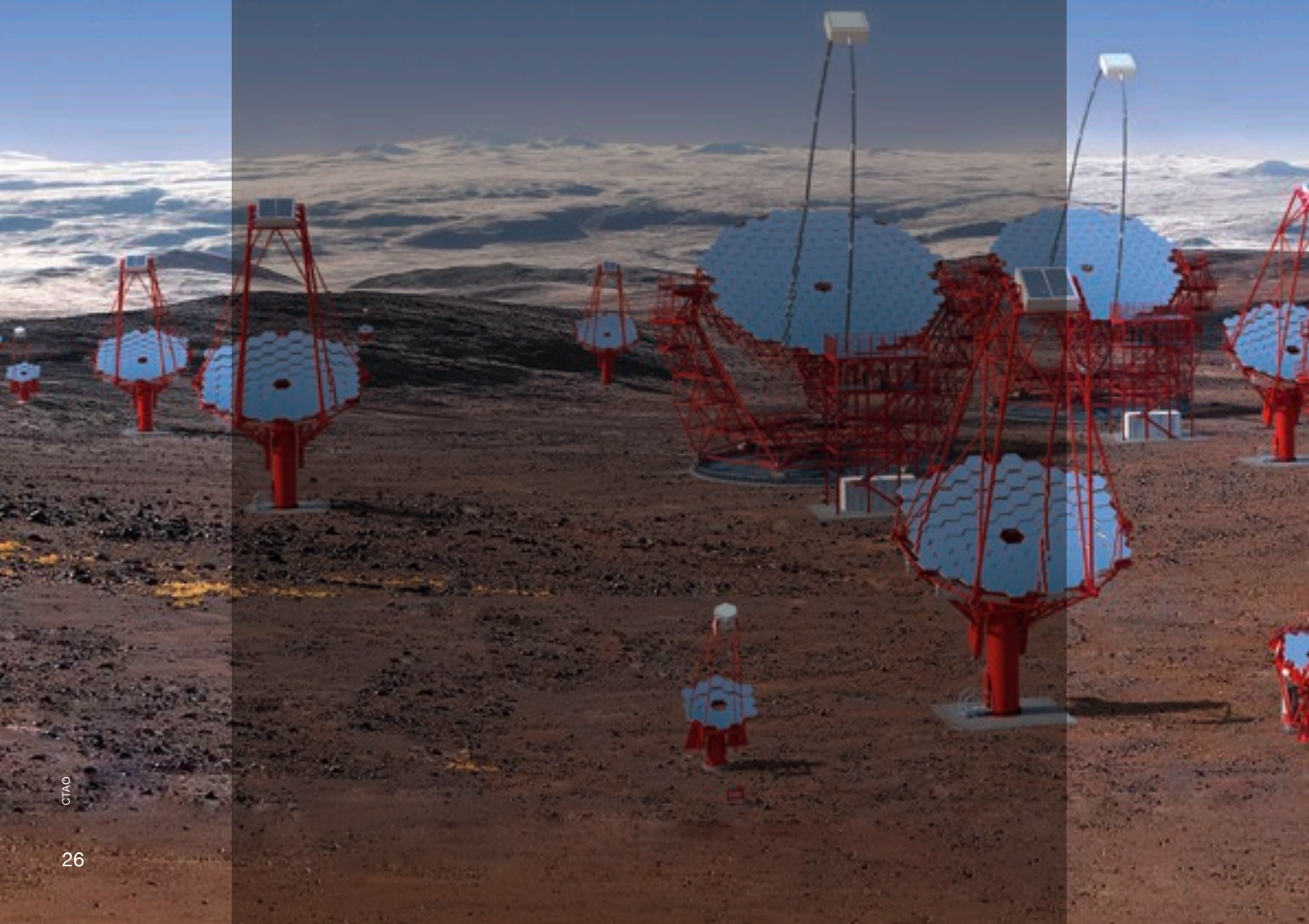
CTA

El *Cherenkov Telescope Array* (CTA) es un observatorio terrestre de última generación. Actualmente se encuentra en construcción y está diseñado para detectar radiación gamma de muy alta energía. Se prevé que el el Observatorio Paranal de ESO sea la sede del conjunto sur del telescopio, respaldado por la avanzada infraestructura que ESO posee en el lugar.

El plan del CTA es contar con unos 118 telescopios en todo el mundo, 99 de ellos en la ubicación austral, la más extensa y situada alrededor de diez kilómetros al sudeste del VLT. ESO operará el conjunto sur y, a cambio, obtendrá el 10 % del tiempo total de observación, tanto del sur como del norte (en La Palma, España), para científicos de los Estados Miembros de ESO. Además, el 10 % del tiempo de observación del conjunto austral estará reservado para instituciones científicas chilenas.

CTA es una instalación abierta a una amplia comunidad astrofísica. Más de 1.350 científicos e ingenieros de los cinco continentes, 32 países y más de 210 institutos de investigación, participan actualmente en el proyecto CTA.

CTA, con su gran superficie colectora y su amplia cobertura del cielo, será el observatorio de rayos gamma de alta energía más grande y más sensible del mundo. Detectará los rayos gamma con una precisión sin precedentes y será diez veces más sensible que los instrumentos existentes a la fecha. Los rayos gamma son emitidos por algunos de los objetos más calientes y energéticos del Universo, como agujeros negros supermasivos y supernovas. Aunque la atmósfera terrestre impide que los rayos gamma lleguen a la superficie, los espejos y cámaras de alta velocidad del CTA podrán captar los breves destellos característicos de la radiación azul Cherenkov, que se produce cuando los rayos gamma interaccionan con la atmósfera. Localizar la fuente de esta radiación permitirá trazar cada rayo gamma hasta su origen cósmico, ayudando a los astrónomos a estudiar algunos de los eventos más extremos y violentos del Universo de altas energías.



CTAO

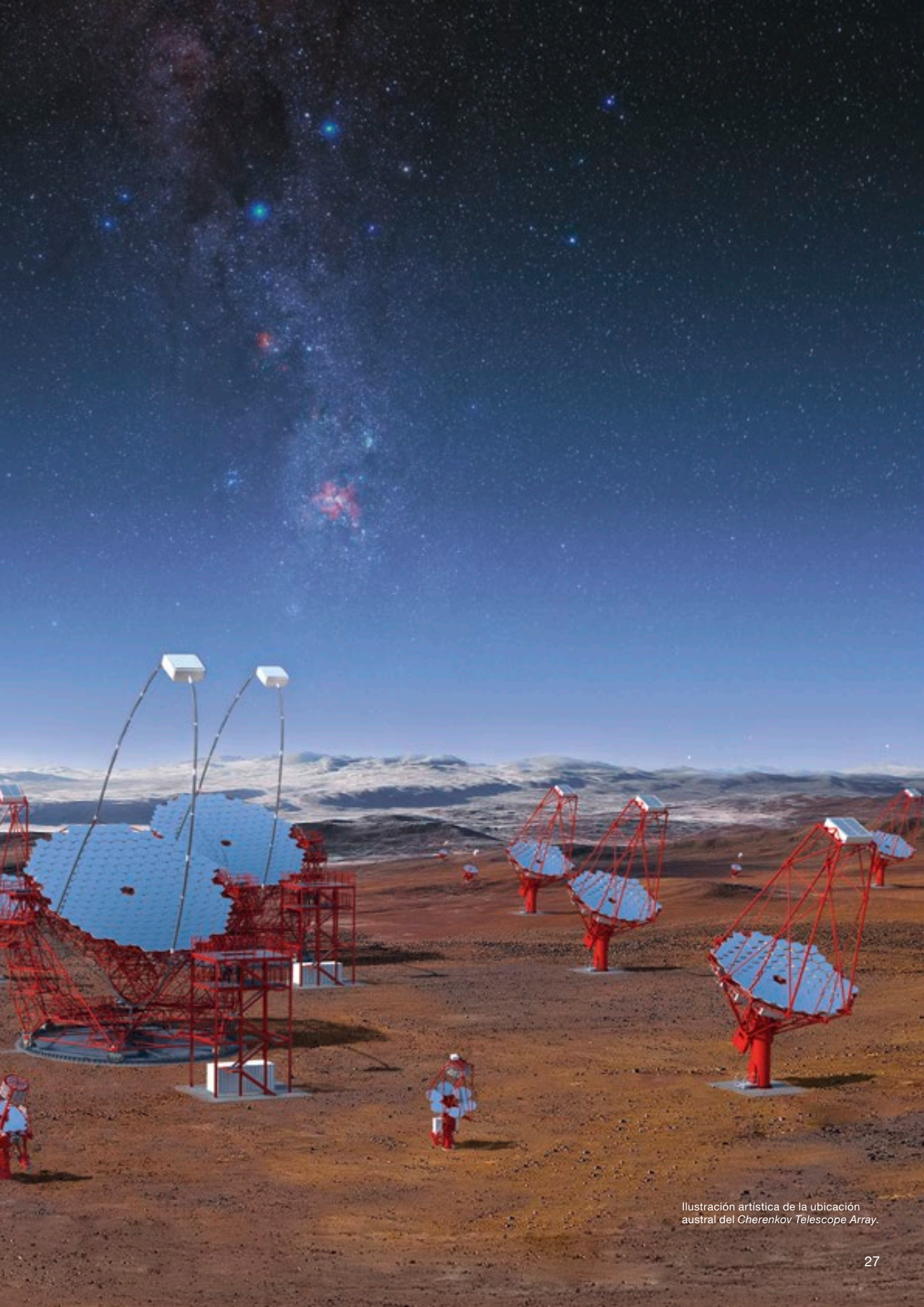


Ilustración artística de la ubicación austral del *Cherenkov Telescope Array*.

ESO y Chile

El 6 de noviembre de 1963 se firmó el acuerdo inicial entre el Gobierno de Chile y ESO. Fue el comienzo de una exitosa historia de más de 50 años, donde se forjó un vínculo cultural importante entre Chile y Europa. ESO está comprometido en una estrecha y fructífera colaboración con Chile a muchos niveles, incluyendo gobierno, universidades, institutos e industria.

Durante esta colaboración, las capacidades científicas, tecnológicas y de ingeniería de Chile se han desarrollado en paralelo con los avances en astronomía y las tecnologías asociadas en los Estados Miembros de ESO. Este avance ha hecho que los científicos e ingenieros chilenos sean socios muy valiosos para ESO.

ESO contribuye al desarrollo de la astronomía en Chile a través de los fondos administrados por el Comité Mixto ESO–Gobierno de Chile y el Comité Mixto ALMA CONICYT, que financian una amplia gama de actividades en educación, ciencia y astrotecnología. La comunidad astronómica chilena también tiene acceso preferente a un porcentaje de tiempo de observación en los telescopios de ESO.

Además, ESO lleva a cabo varios programas de cooperación regional y local en las regiones de Coquimbo y Antofagasta, donde se ubican los observatorios y donde se promueven programas de conservación natural y de conocimiento del patrimonio local, incluyendo los cielos oscuros.

La cooperación entre Chile y ESO ha demostrado ser sólida, duradera y flexible. Más importante aún es que esta asociación abre un camino apasionante hacia el futuro, en beneficio de Chile, los Estados Miembros de ESO y el progreso de la ciencia y la tecnología.

La laguna Miñiques se encuentra a una gran altitud, en el altiplano andino, cerca de la frontera con Argentina. Situada a unos 80 kilómetros al sur de ALMA, los visitantes pasan por esta hermosa laguna al conducir por la Ruta 23 hacia Argentina.

A. Duro/ESO

De ideas a publicaciones científicas: el flujo de datos

La operación de los telescopios de ESO constituye un proceso constante que se inicia en el momento en que los astrónomos presentan las propuestas de sus proyectos de observación con el fin de abordar objetivos científicos específicos. Expertos de la comunidad evalúan las propuestas recibidas y los proyectos aprobados se traducen en una descripción detallada de las observaciones que se llevarán a cabo.

Estas observaciones son luego realizadas por los telescopios de ESO y los datos obtenidos son puestos inmediatamente a disposición de los equipos a cargo de la investigación a través de los archivos de ESO. Las observaciones científicas y los datos de calibración asociados también son utilizados por los científicos de ESO para monitorizar en detalle la calidad de los datos y el comportamiento de los instrumentos con el fin de garantizar que ambos cumplan con los parámetros establecidos. Todo este proceso se sustenta en la continua transferencia de grandes cantidades de datos entre los observatorios de Chile y la sede central de ESO en Garching, Alemania.

Todos los datos científicos y de calibración obtenidos se almacenan en el Archivo Científico de ESO, que contiene el registro completo de todas las observaciones realizadas desde el inicio de las operaciones del *Very Large Telescope* y su interferómetro, así como de los telescopios de rastreo VISTA y VST, situados en Paranal. Además, guarda las observaciones realizadas con los telescopios de La Silla y el radiotelescopio submilimétrico APEX en Chajnantor. Los datos almacenados en el archivo normalmente se hacen públicos un año después de su obtención, quedando disponibles también para otros investigadores a partir de ese momento.

La forma tradicional de observar es asignando fechas específicas en las que los astrónomos deben viajar al telescopio para dirigir personalmente la observación, asistidos por expertos del observatorio. Este sistema, conocido como “modo visitante”, permite a los astrónomos adaptar sus estrategias de observación según los resultados que van obteniendo y a las condiciones atmosféricas existentes. Sin embargo, en el momento en que se asignan las fechas no es posible garantizar que las condiciones de observación serán las óptimas.

ESO ha desarrollado un esquema alternativo denominado “modo de servicio”. Cada observación debe especificar las condiciones que se consideran aceptables para la obtención de los datos con el fin de cumplir con los objetivos científicos. Basándose en estas especificaciones, las observaciones son programadas y llevadas a cabo de manera flexible. El sinnúmero de ventajas de esta programación flexible hace del modo servicio la opción elegida por el 60 a 70 % de los usuarios del VLT.

El centro de datos en la sede central de ESO en Garching (cerca de Múnich), Alemania, que archiva y distribuye los datos de los telescopios de ESO.

Alianzas

Fomentar la cooperación dentro del campo de la astronomía es uno de los aspectos centrales de la misión de ESO, por lo que esta organización ha desempeñado un papel fundamental en la creación de un área de investigación europea dedicada al estudio astronómico y astrofísico.

Cada año, miles de astrónomos de los Estados Miembros, así como de otros países, llevan a cabo investigaciones usando datos obtenidos en los distintos observatorios de ESO. Los astrónomos a menudo conforman equipos de investigación internacionales, con miembros en distintas naciones.

ESO cuenta con un extenso programa para estudiantes, *fellows* (jóvenes astrónomos con grado de doctor), así como para investigadores sénior de los Estados Miembros y de otros países, que trabajan por temporadas como visitantes en las instalaciones de ESO, contribuyendo así a la movilidad de los científicos europeos. Además, ESO mantiene un activo programa de conferencias internacionales sobre lo último en astronomía y tecnologías asociadas y proporciona apoyo logístico a la revista científica internacional *Astronomy & Astrophysics*.

La industria europea juega un papel muy importante en los proyectos de ESO. Gracias a la estrecha colaboración con un gran número de industrias europeas de alta tecnología, la comunidad científica cuenta con telescopios e instrumentos cada vez mejores, lo cual es posible por la participación activa y entusiasta de los socios comerciales de los Estados Miembros y de Chile.

En el campo del desarrollo tecnológico, ESO mantiene estrechas relaciones con numerosos grupos de investigación en institutos universitarios de los Estados Miembros y de otras naciones. Esto permite que los astrónomos de los Estados Miembros participen de manera activa en la planificación y diseño de los instrumentos científicos para los actuales telescopios de ESO, así como para otros telescopios existentes o en proyecto. El desarrollo de instrumentación para la astronomía ofrece oportunidades a los centros nacionales de excelencia dedicados a la investigación, atrayendo a una gran cantidad de nuevas generaciones de científicos e ingenieros.

Trabaja en ESO

¿Te interesa trabajar en un ambiente internacional estimulante, a la vanguardia de la tecnología? En ESO encontrarás un ambiente de trabajo inclusivo, internacional y multicultural, donde el respeto y la colaboración son fundamentales y donde se promueven los aportes tanto individuales como de equipo. Si te unes a alguno de nuestros equipos técnicos, científicos o de soporte, formarás parte de un grupo diverso, talentoso y contribuirás directamente a algunos de los proyectos astronómicos más desafiantes. Entra a jobs.eso.org y www.linkedin.com/company/european-southern-observatory.

Personal y asistentes a una conferencia en ESO.

Banderas de los Estados Miembros de ESO en la plataforma del *Very Large Telescope*.

ESO/Max Alexander

Educación y divulgación

Llevar a cabo inversiones estratégicas en educación y divulgación permite que ESO pueda compartir con el público y los medios de comunicación la ciencia astronómica en general y los resultados del observatorio terrestre más importante del mundo. ESO produce una amplia gama de productos gratuitos de divulgación de alta calidad tales como imágenes, vídeos y productos impresos.

El planetario y centro de visitantes ESO Supernova, en la sede central en Alemania, es el primer planetario de código abierto del mundo y un centro gratuito de vanguardia en astronomía para el público. El centro ofrece una experiencia inmersiva, incluyendo exposiciones astronómicas interactivas que comparten el fascinante mundo de la astronomía y ESO, dejando que los visitantes admiren el Universo en que vivimos. También ofrece talleres educativos, basados en los planes de estudios, para estudiantes y profesores, proporcionando a los centros de enseñanza experiencias de aprendizaje inolvidables.

Junto con ESO Supernova, ESO produce espectáculos de planetario gratuitos para otros planetarios, innovadoras visualizaciones científicas de código abierto y ofrece el primer sistema de distribución de datos en tiempo real para planetarios de todo el mundo.

Para estar en contacto

ESO tiene una activa y diversificada presencia en redes sociales a través de una gran variedad de plataformas, llegando a cientos de millones de personas al año a través de Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Flickr, YouTube y LinkedIn. Conéctate con nosotros para estar al día de los últimos descubrimientos, disfruta antes que nadie de las impresionantes imágenes tomadas por los telescopios ESO y conoce de primera mano las operaciones diarias de nuestros observatorios de vanguardia. ESO también envía boletines de noticias semanales y mensuales con impresionantes imágenes del Universo, los más recientes resultados científicos de sus telescopios y las noticias acerca de la Organización.

Architekten Bernhardt + Partner (www.bp-da.de)

El planetario y centro de visitantes ESO Supernova será un escaparate público para la astronomía. Ha sido posible gracias a la colaboración entre ESO y el Instituto de Estudios Teóricos de Heidelberg (HITS, por sus siglas en inglés).

www.eso.org

Sede central de ESO
Karl-Schwarzschild-Str. 2, 85748 Garching bei München, Alemania
Teléfono: +49 89 320 06-0 | Fax: +49 89 320 23 62 | Correo electrónico: information@eso.org

Oficina de Vitacura
Alonso de Córdova 3107, Vitacura, Santiago, Chile
Teléfono: +56 2 2463 3000 | Fax: +56 2 2463 3101 | Correo electrónico: contacto@eso.org

ESO/M. Kornmesser

09.2017 — Español/Chile