

UNA MIRADA A ALMA

www.almaobservatory.org



CONTENIDOS

- 1 Presentación
- 2 ALMA en cifras
- 3 Principales hitos
- 4 Los socios de ALMA
- 5 Chile: ubicación privilegiada
- 6 Nuestra operación
- 7 Nuestros colaboradores
- 8 Vida bajo las estrellas
- 9 Aporte científico
- 10 Aportes a Chile
- 11 Aportes a la Región de Antofagasta
- 12 El futuro de ALMA

1

Presentación

ALMA permite a la humanidad indagar sobre sus orígenes cósmicos, respondiendo preguntas fundamentales de la ciencia, como por ejemplo cómo nacen nuevas estrellas, planetas, o cuáles son las galaxias más tempranas y distantes del universo.

El observatorio estudia el universo frío que permanece oculto a nuestros ojos, pero brilla con intensidad en longitudes de onda de radio.

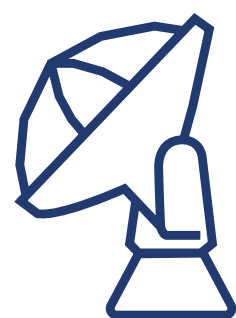
La primera piedra se puso en Chile a fines de 2003 y el observatorio se encuentra operativo desde el 2011.

La inversión inicial de 1.400 millones de dólares para construir el observatorio fue posible gracias al esfuerzo mancomunado de más de 20 países, entre Europa, Norteamérica y Asia del Este, en conjunto con la República de Chile.

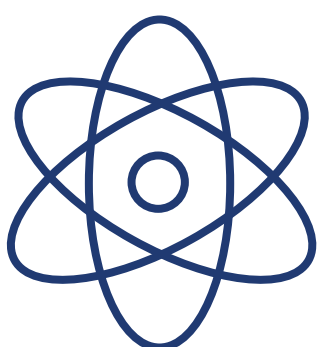


2

ALMA en cifras



4.000 horas
de observación
promedio al año



En 2022 se recibieron
cerca de 1.800
propuestas científicas



**10% de tiempo
de observación**
asegurado para la
comunidad científica chilena



Presupuesto global 2022
USD +\$90 M
De los cuales
USD +\$52 M
se invierten en Chile



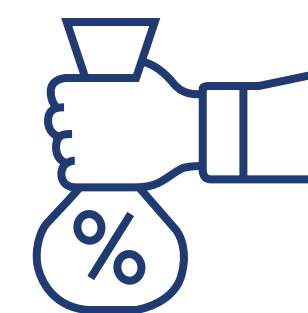
Alrededor de
250
colaboradores
en Chile



Promedio de edad
de nuestros colaboradores
45 años



Aporte anual
para el desarrollo de
la astronomía en Chile (ANID)
USD \$715.000



Aporte anual
a la Región de Antofagasta
USD \$358.000

3 Principales hitos

2001

Firma de memorándum de acuerdo

2007-2009

Empiezan a llegar las 66 antenas y los 2 transportadores a Chile



Crédito: A. Otárola, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/H. Zodet (ESO)



Crédito: ESO/P.Martinez



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/NASA/ESA

1990s

Los socios identifican sus necesidades científicas y comienzan las pruebas de sitio

2003

Prototipo de antena en Nuevo México. Se pone primera piedra en Chile

2011

ALMA abre sus ojos: primeras observaciones con 16 antenas

3

Principales hitos

2015

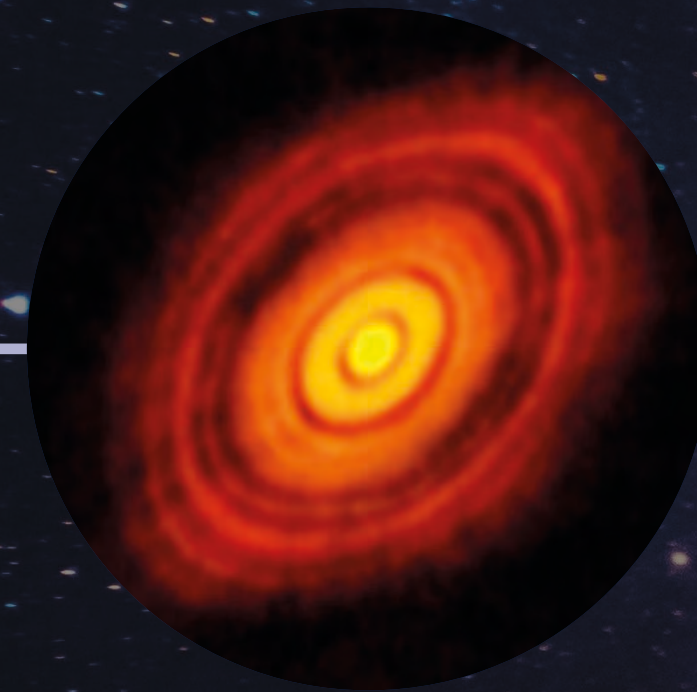
ALMA demuestra su máximo poder resolutivo al revelar exquisitos detalles de discos protoplanetarios



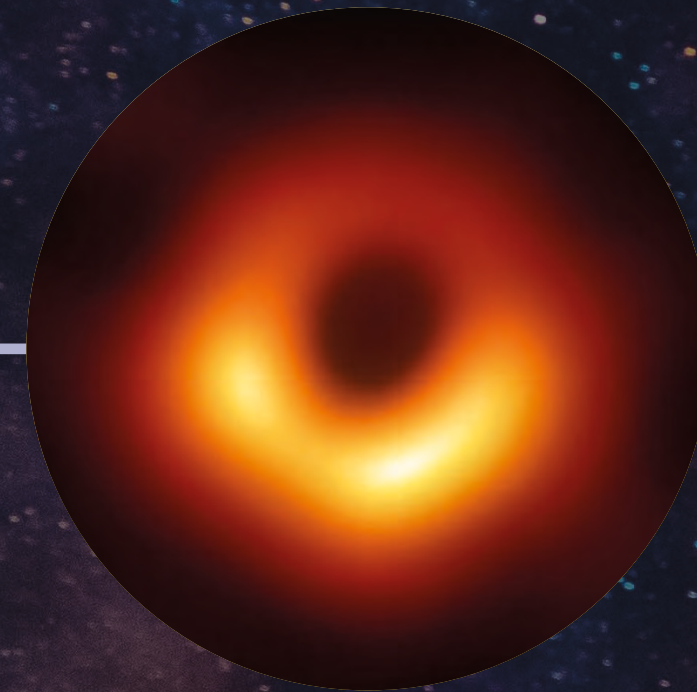
Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)

2013

Inauguración de ALMA



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/NASA/ESA



Crédito: Colaboración Telescopio Horizonte de Eventos

2019

EHT obtiene la primera imagen de un agujero negro y ALMA es clave para lograrlo

2021

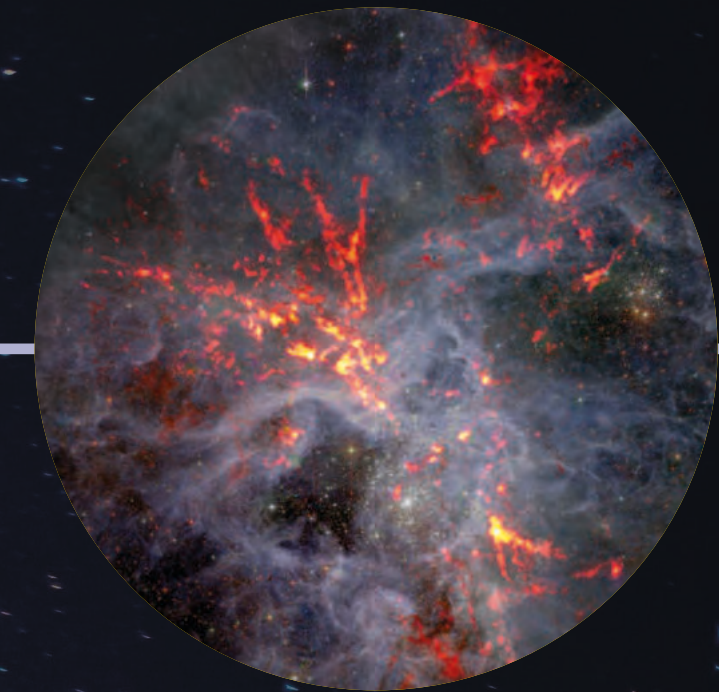
ALMA vuelve a observar, después de un año de cierre por la pandemia



Ver documental



“El Renacer de un Gigante”



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), T. Wong (U. Illinois, Urbana-Champaign); S. Dagnello (NRAO/AUI/NSF)

2022

ALMA obtiene vista privilegiada del duelo entre fuerzas opuestas en la Gran Nube de Magallanes

4

Los socios de ALMA

El Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), una instalación astronómica internacional, es una asociación entre el Observatorio Europeo Austral (ESO), la Fundación Nacional de Ciencia de EE.UU. (NSF) y los Institutos Nacionales de Ciencias Naturales de Japón (NINS) en cooperación con la República de Chile.

ALMA es financiado por ESO en representación de sus estados miembros, por NSF en cooperación con el Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá (NRC) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Taiwán (MOST), y por NINS en cooperación con la Academia Sinica (AS) de Taiwán y el Instituto de Ciencias Astronómicas y Espaciales de Corea del Sur (KASI).

La construcción y las operaciones de ALMA son conducidas por ESO en nombre de sus estados miembros; por el Observatorio Radioastronómico Nacional (NRAO), gestionado por Associated Universities, Inc. (AUI), en representación de Norteamérica; y por el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ) en nombre de Asia del Este. El Joint ALMA Observatory (JAO) tiene a su cargo la dirección general y la gestión de la construcción, así como la puesta en marcha y las operaciones de ALMA.



4

Los socios de ALMA

ALMA fue desarrollado, construido y es operado a través de una colaboración internacional de largo plazo (al menos 50 años). ALMA no tiene personalidad jurídica ni patrimonio propio; sus socios son los encargados de la gestión, actuando con individualidad pero de manera coordinada. Es gracias a esta unión que bajo un mismo cielo más de 20 países llevan a cabo la hazaña científica que ninguno de ellos podría alcanzar por sí solo.

ESO



37,5%

16 países en Europa financian el 37,5%

NRAO



37,5%

Estados Unidos con Canadá y Taiwán financian otro 37,5%

NAOJ



25%

Japón con Corea del Sur y también Taiwán financian el 25%

Chile



Anfitrión

Provee sitio de nivel mundial y otorga estatus de organismo internacional

5 Chile: ubicación privilegiada

Antofagasta



ALMA se ubica en la Región de Antofagasta, específicamente en el Llano de Chajnantor en lo alto de la Cordillera de los Andes, en la comuna de San Pedro de Atacama.

Cerca de las fronteras con Bolivia y Argentina.

El pueblo de Toconao es el asentamiento más cercano a las instalaciones de ALMA.



BOLIVIA

ALMA

ARGENTINA

5 Chile: ubicación privilegiada

- ALMA eligió el Llano de Chajnantor para observar debido a su sequedad, gran altitud, pocas nubes y escasez de interferencia de radio de las ciudades.
- La Cordillera de los Andes bloquea la humedad proveniente del Amazonas y la fría corriente de Humboldt produce nubosidad a baja altura, permitiendo una claridad única, como es evidente en esta foto satelital.
- Los astrónomos no fueron los primeros en reconocer las condiciones extraordinarias de este lugar. Prueba de ello es que Chajnantor significa “lugar de despegue” en kunza, la lengua de los Lickan Antai, pueblo originario que desde hace siglos ha escudriñado los cielos desde esa zona, observando constelaciones en las zonas oscuras o frías del universo, al igual que ALMA.

A satellite photograph of the Atacama Desert in Chile, showing the high-altitude Chajnantor Plateau. A large ALMA antenna dish is visible in the foreground, partially obscuring the view of the desert. The word "ALMA" is written in bold black letters on a yellow speech bubble-like background over the satellite image.

ALMA

5 Chile: ubicación privilegiada

ALMA tiene una concesión de 50 años para un terreno de ~18 mil hectáreas en el Área de Desarrollo Indígena (ADI) Atacama la Grande, que comprende 9 pueblos y 9 ayllus (unidades de organización social atacameña).

Se accede desde la ruta CH-23 que une San Pedro con Toconao. Rodeando la concesión de ALMA está el Parque Astronómico Atacama (PAA), una superficie ~36 mil hectáreas concesionada a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) para el desarrollo de la astronomía y ciencias afines.

A San Pedro de Atacama

Camino al centro de operaciones (15 km)

Reserva Nacional "Los Flamencos"

A Toconao

Camino al sitio de las antenas (30 km)

- Concesión ALMA
- PAA
- Centro de operaciones

PAA

ALMA

PAA

PAA

PAA

6

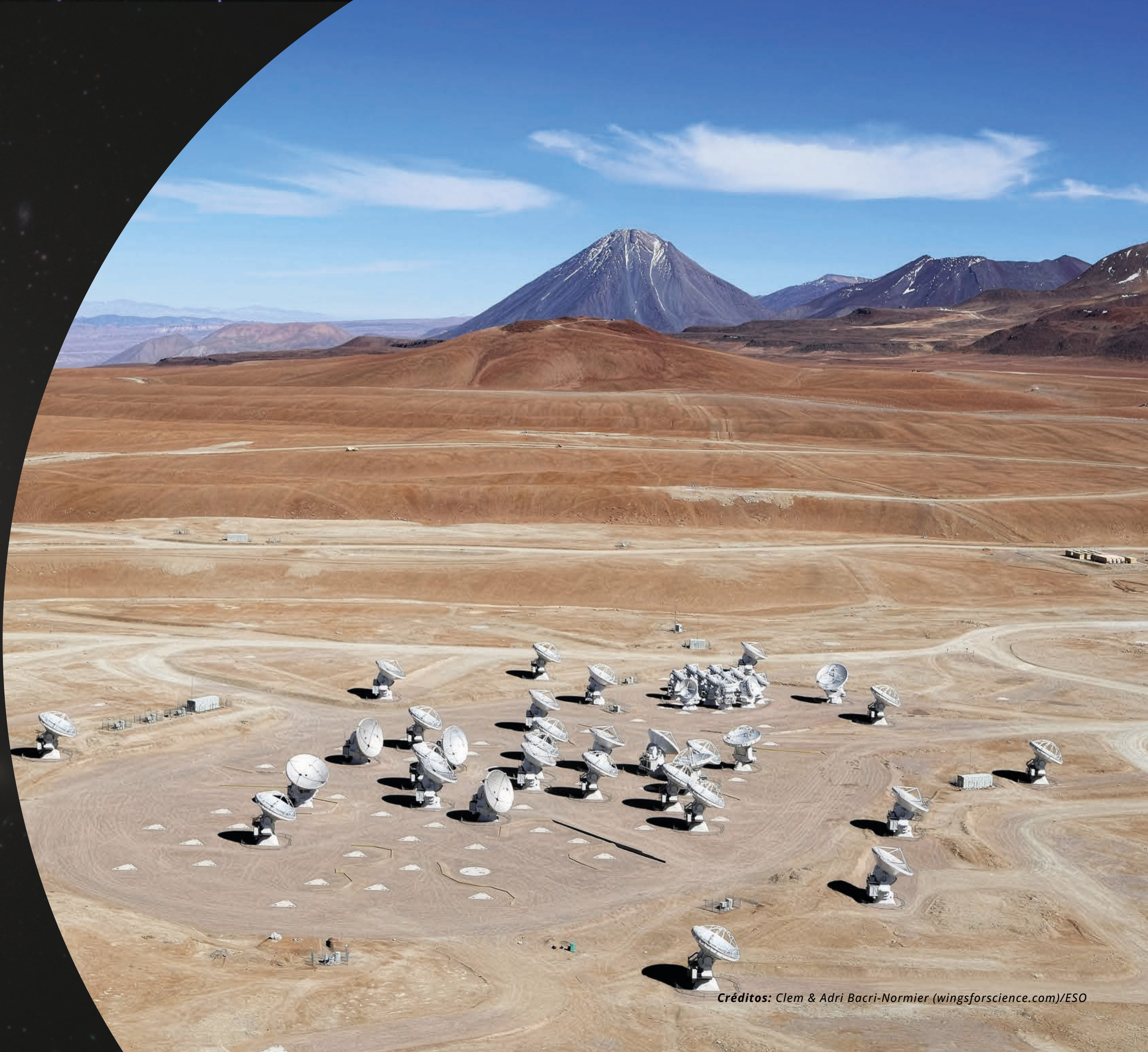
Nuestra operación

Lo que ocurre a 5.000 metros de altitud:

En el llano de Chajnantor, se ubica el sitio de operación de las antenas, junto al computador central o "correlacionador".

Las 66 antenas del arreglo se pueden ubicar en casi 200 posiciones distintas, permitiendo, gracias al correlacionador, que funcionen como un telescopio gigante de hasta 16 kilómetros de diámetro

El correlacionador está en el edificio técnico y actúa como el "cerebro" del conjunto de antenas combinando sus señales.





6

Nuestra operación

Lo que ocurre a 2.900 metros de altitud:

En el centro de apoyo a las operaciones viven aproximadamente 200 personas (100 por turno) que trabajan en el observatorio.

Las instalaciones están compuestas por la sala de control de antenas, laboratorios, oficinas, sistema de generación eléctrica, planta de tratamiento de aguas, hangares de mantenimiento, residencia y lugares de esparcimiento

7

Nuestros colaboradores

**250 personas
contratadas en Chile**



84%

16%

**Jornada laboral
de 40 horas semanales**

85%

Nacionalidad
chilena

63%

Trabaja en la
Región de
Antofagasta

8,5

Años de permanencia
promedio en la
organización

15%

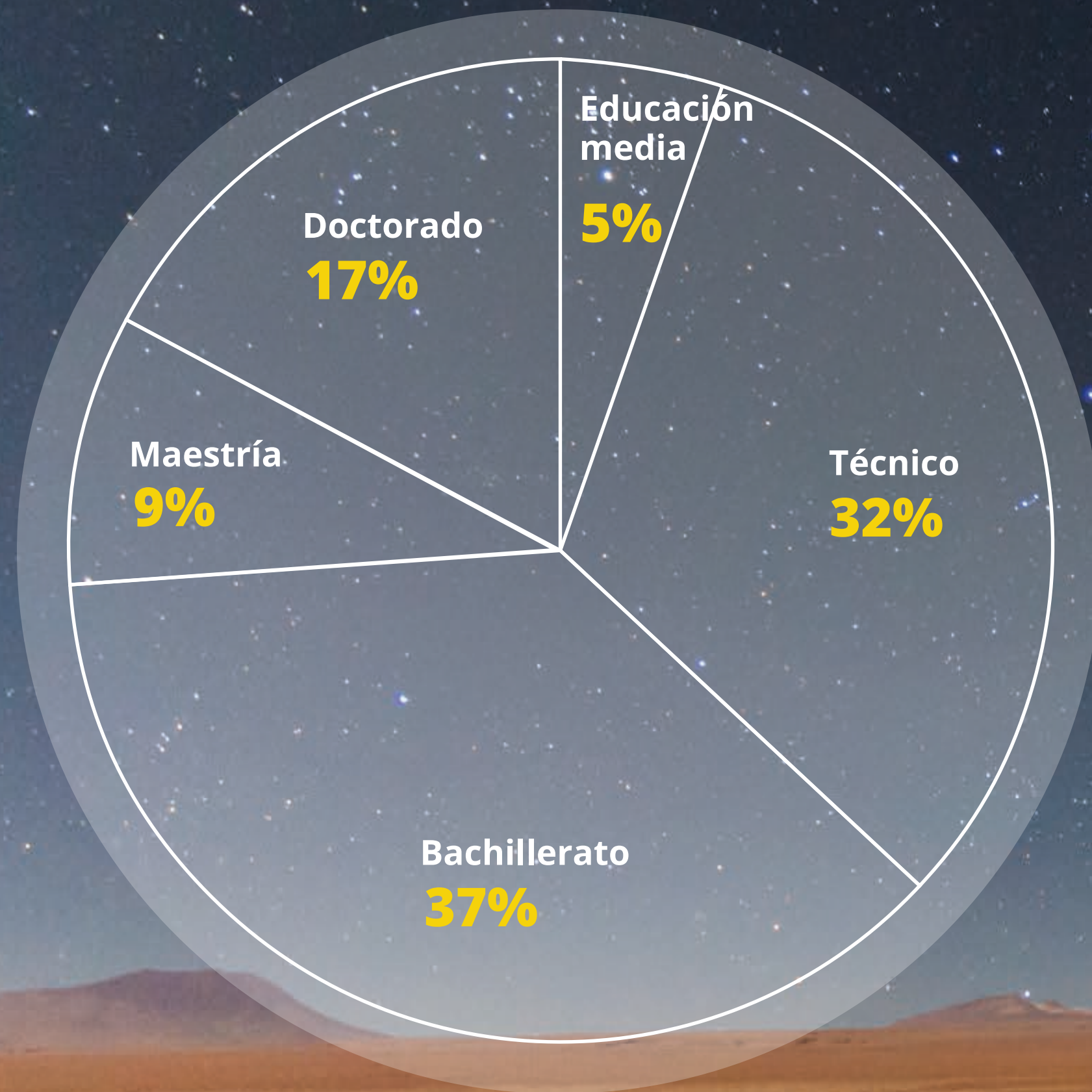
Nacionalidad
extranjera
(19 países)

37%

Trabaja en la
Región
Metropolitana

88%

Sindicalización
(dos sindicatos)



Nivel de formación



Ocupación

8

Vida bajo las estrellas

Dadas las condiciones de vida en el desierto, trabajando en un lugar remoto con turnos diarios y nocturnos, se diseñó una residencia acogedora para que todo el personal tenga una grata estadía.

La residencia tiene una superficie total de 5.711 m² y contempla:

Área de alojamiento:

120 dormitorios individuales con baño

Espacios comunes:

Cocina, comedores y salas de reuniones

Instalaciones de esparcimiento:

Sala de estar, spa con gimnasio, piscina, sauna, área para asados y multicancha techada



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)



Crédito: A. Caproni/ESO



Crédito: A. Caproni/ESO



Crédito: A. Caproni/ESO

8

Vida bajo las estrellas

Centro deportivo

Este nuevo centro consiste en una cancha multipropósito que alberga un espacio bajo techo para la práctica de fútbol, básquetbol, vóleibol y tenis, así como un área separada para máquinas de ejercicios, sala de primeros auxilios, baños y bodega.

Esta nueva instalación deportiva se lleva a cabo gracias al aporte de la Fundación Nacional de Ciencia (NSF) de los Estados Unidos.



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)

Vida bajo las estrellas

Trabajo en altura

Los colaboradores de ALMA cuentan con:

- Chequeo anual de salud (ACHS).
- Chequeo periódico en policlínico, antes de cada subida (presión arterial y saturación de oxígeno).
- Tanque de oxígeno personal para cada colaborador.
- Oxigenación del edificio técnico a 5000 m.



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)

Estadísticas de seguridad

De acuerdo a la última evaluación anual correspondiente a mayo de 2022:

- Tasa de incidentes cercana a cero.
- Ausencia de accidentes de tránsito.

Además, nuestra brigada de emergencia ha prestado apoyo durante emergencias a comunidades aledañas



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)

Medidas Covid

ALMA implementó protocolos Covid-19 certificados por la ACHS

- Política de PCR y pruebas de antígenos exitosa.



Crédito: Asociación Chilena de Seguridad (ACHS)

9

Aporte científico

ALMA se encuentra al servicio de la comunidad científica internacional al reunir y entregar, de manera gratuita, un conjunto de datos de alta calidad, operando, manteniendo y desarrollando un observatorio de vanguardia.

Anualmente se realizan convocatorias para presentar propuestas de observación, las cuales son evaluadas exclusivamente según criterios de mérito científico y factibilidad técnica de su ejecución. Para el ciclo que comienza en octubre de 2022 hubo 4.300 horas de observación disponibles.

A fin de que el proceso sea lo más justo posible, las identidades, tanto de los revisores como del equipo proponente, no se revelan. Cada equipo de astrónomos que solicita tiempo de observación con ALMA debe evaluar una veintena de propuestas de otros equipos. Este proceso que se conoce como sistema de evaluación distribuida entre pares.

**Hasta junio de 2022
se ha logrado lo siguiente:**

47.000

horas de observación
acumuladas

Datos utilizados por

1.476

científicos de 36 países

Más de

2.800

papers publicados

Sobredemanda actual de
solicitudes es de

6,5

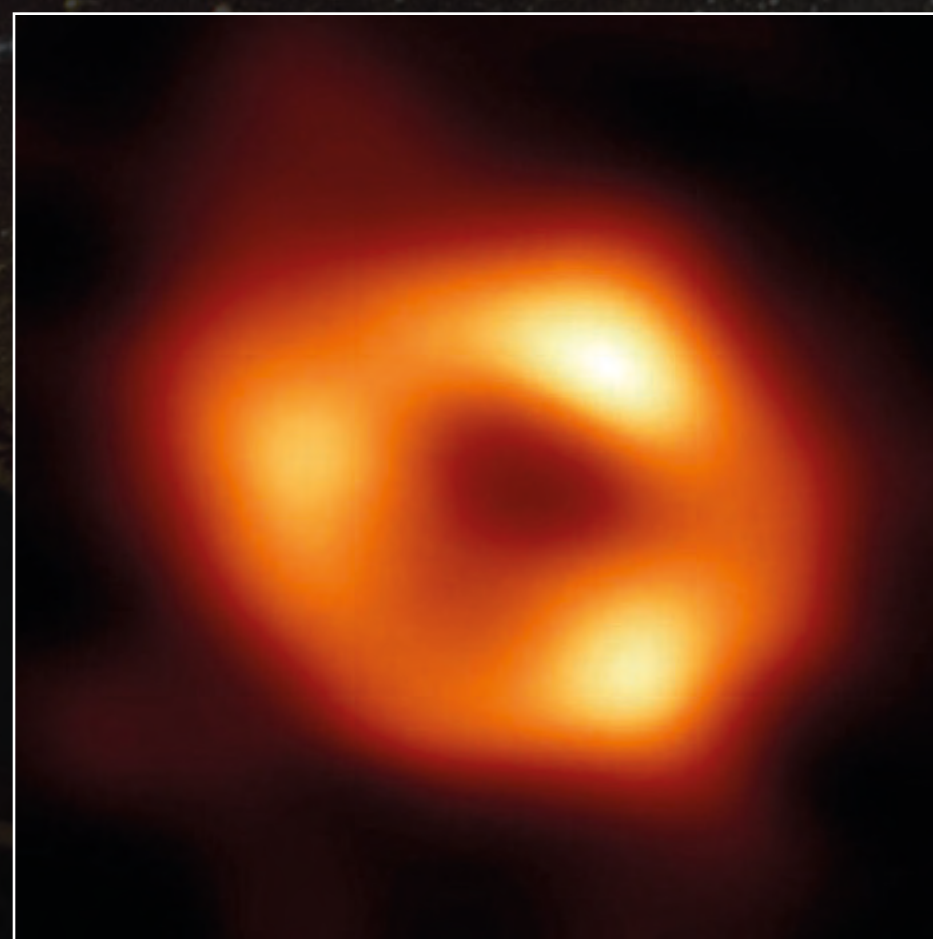


Imagen: Colaboración Telescopio Horizonte de Eventos

Primeras imágenes jamás obtenidas del agujero negro en el centro de la Vía Láctea, Sgr A*, por parte del Telescopio Horizonte de Eventos (EHT).

(Colaboración EHT, mayo, 2022)

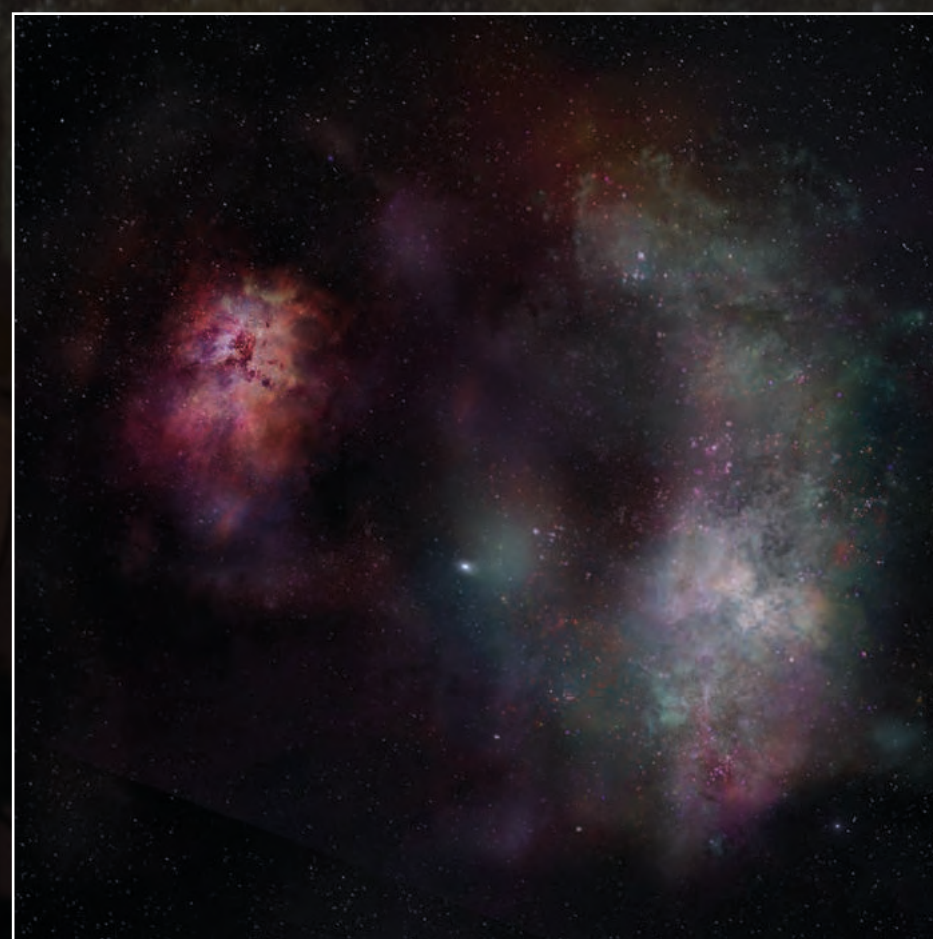


Imagen: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/S. Dagnello

Detección de agua en la galaxia más masiva del universo primitivo, a poco tiempo de que se formaran los elementos en las primeras estrellas.

(Jarugula et al., noviembre, 2021)

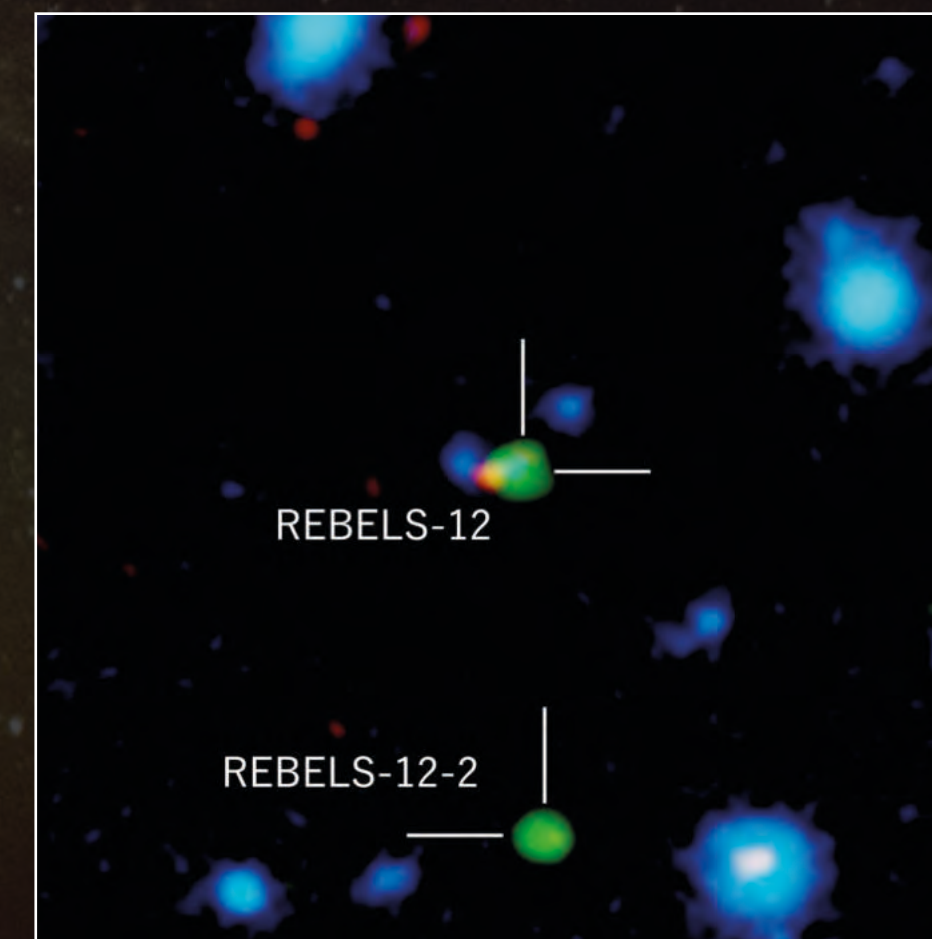


Imagen: ALMA / ESO / NAOJ / NRAO / NASA / ESA / Hubble / Fudamoto et al.

Descubrimiento de galaxias en el amanecer cósmico escondidas en el polvo. Hasta 1 de cada 5 galaxias en el universo podrían estar escondidas de esta manera, ALMA nos permite descubrirlas.

(Fudamoto et al., septiembre, 2021)

Aporte científico

Investigadores chilenos

Astrónomas chilenas lideran hallazgo clave sobre la formación de planetas gigantes.

(Teresa Paneque-Carreño, Laura Pérez, et al. junio, 2021)

El estudio muestra mecanismo para formar planetas gigantes. (como Júpiter), que aunque ampliamente estudiado, no se tenía aún evidencia observacional de que ocurriera.

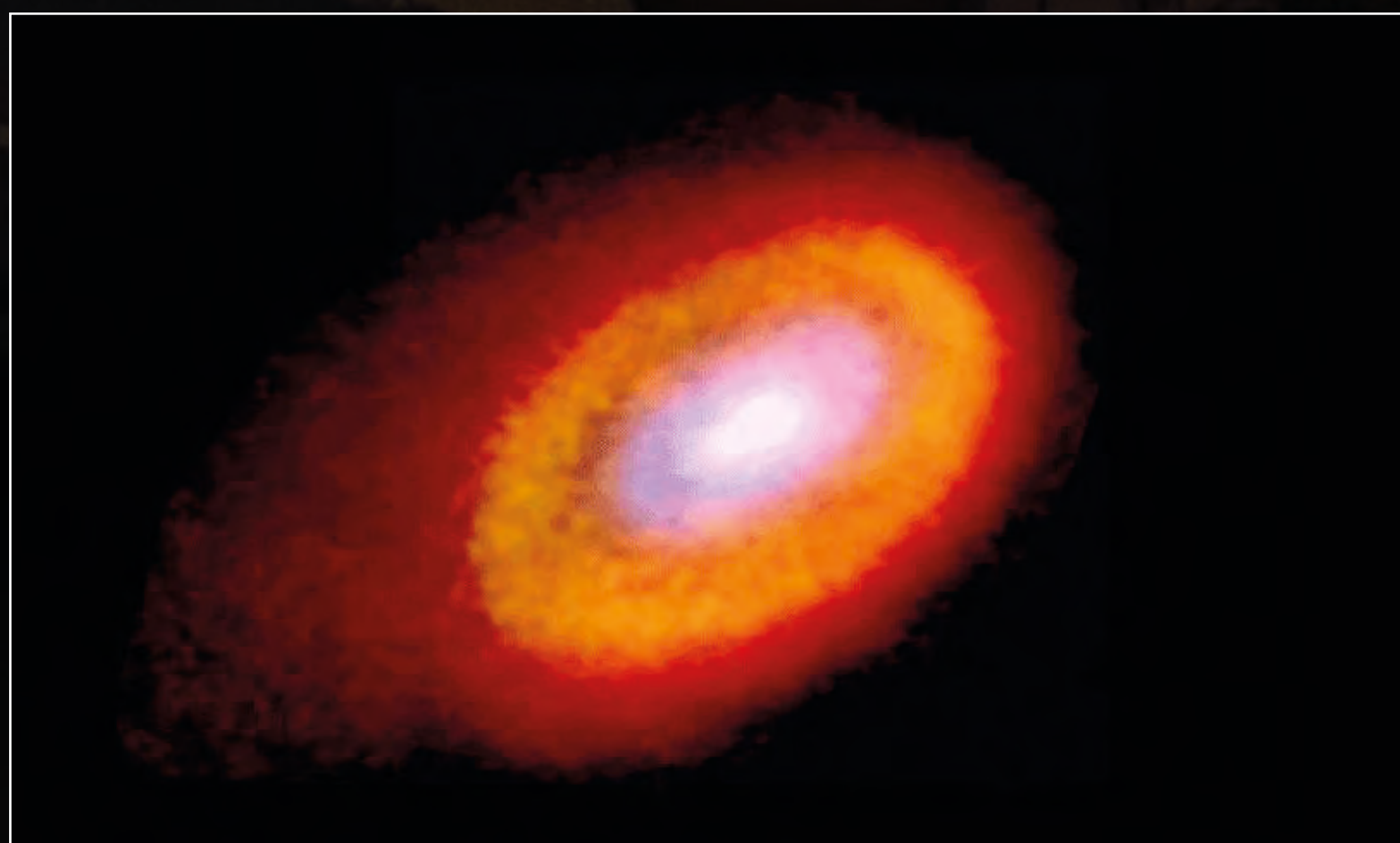


Imagen: Disco protoplanetario Elias 2-27, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/T. Paneque-Carreño (Universidad de Chile), B. Saxton (NRAO)

Científicos descubren las huellas que dejan los planetas durante su formación.

(Viviana Guzmán, Laura Pérez y Nicolás Troncoso trabajaron en este tema como parte de la colaboración DSHARP, diciembre, 2018).

Se observó que las estrellas forman planetas rápidamente en sus primeras fases de vida. Las marcas características de este proceso se pueden ver nítidamente con estos datos.

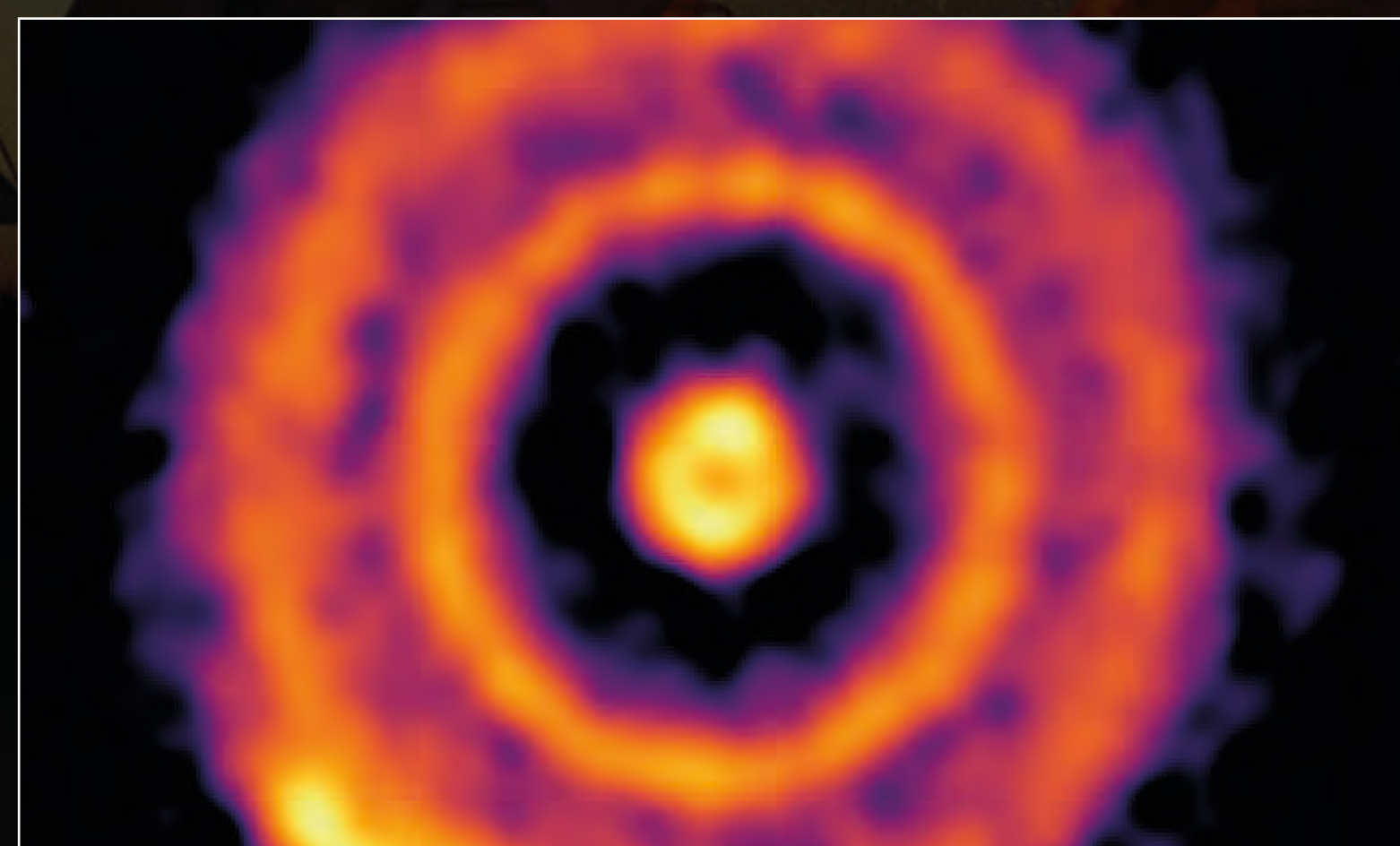


Imagen: Disco de polvo alrededor de la estrella HD 143006. Pérez et al, 2018.

9

Aporte científico Ciencia de alto impacto

Efectos de la campaña comunicacional de la primera imagen del agujero negro central de nuestra galaxia (mayo 2022):

Se realizaron 7 conferencias de prensa simultáneas (Alemania, Chile, China, Estados Unidos, Japón, México y Taiwán) para dar a conocer las imágenes.

Aparece en primera plana de periódicos en todo el mundo, generando un alcance potencial de miles de millones de personas.

Provocó alto tráfico mundial en redes sociales llegando a cuadruplicar las búsquedas del término agujero negro ese mes.

www.almaobservatory.org



10 Aportes a Chile

Fondo ALMA para el Desarrollo de la Astronomía Chilena

Desde 2004, ALMA contribuye todos los años a través de un fondo entregado a ANID (anteriormente a CONICYT) destinado a la contratación de nuevos astrónomos, investigadores y técnicos, el fortalecimiento de programas de estudios de postgrado, iniciativas de índole teórica o tecnológica, y proyectos de educación y divulgación.

En 2022 se entregaron
USD \$715.000

Desde 2004, se han entregado cerca de
USD \$11,8 millones

Telecomunicaciones: desarrollo de infraestructura para Chile

La instalación de ALMA impulsó la creación de un enlace de fibra óptica entre San Pedro de Atacama y Calama, que dio origen a una autopista digital en la que se distribuyen los datos científicos producidos por el observatorio.

Lo anterior posibilita el desarrollo futuro de mejoras a la infraestructura de telecomunicaciones existente en ciudades y pueblos ubicados cerca del observatorio.



10 Aportes a Chile

Colaboración con instituciones chilenas

Desde 2011 ALMA colabora con diferentes instituciones educacionales chilenas en la generación de tecnología avanzada, y la integración de miradas innovadoras al caudal de conocimientos y prácticas de los futuros profesionales de las ciencias.

Este intercambio se observa también en las charlas, conferencias y cursos del personal de ALMA en universidades chilenas, en el centenar de practicantes y postdoctorados de universidades locales recibidos por el observatorio y, además, porque estudiantes prometedores han podido desarrollar diplomados en materias ofrecidas por ALMA.

Algunas de las instituciones involucradas son: las universidades de Chile, de la Frontera, Adolfo Ibáñez, Católica de Chile, Federico Santa María, de Concepción y de Santiago, además de INRIA-Chile, la Red Universitaria Nacional (REUNA), y el Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento de Chile (NLHPC).



Crédito: ESO/Max Alexander



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

11 Aportes a la Región de Antofagasta

Convenio de apoyo regional

A través de un convenio público-privado firmado en 2003, entre los socios de ALMA y el Gobierno Regional de Antofagasta, se busca el desarrollo del territorio comprendido en el Área de Desarrollo Indígena Atacama la Grande y, en particular, la comunidad de Toconao.

Este convenio busca mejorar las condiciones de vida de sus habitantes a través de iniciativas diseñadas y ejecutadas por las diferentes comunidades, asociaciones y organizaciones que son parte de dicho territorio.

Parte del Fondo ALMA financia proyectos concursables que presentan las comunidades destinados a iniciativas productivas, culturales y sociales que vayan en beneficio colectivo del territorio donde se inserta la organización.

VER VIDEO



En 2022 se entregaron USD \$358.000 y el total acumulado desde sus inicios es cercano a los **USD \$6 millones**



Imagen: "Video Fondo ALMA - Resumen", ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

Aportes a la Región de Antofagasta

Fomento a la educación científica

Desde antes de su inauguración, ALMA apoya al Complejo Educacional Toconao y a la mayoría de los establecimientos educacionales de la comuna a través del programa de Educación en Ciencias Basada en la Indagación (ECBI). Este incluye apoyo técnico a la dirección, capacitación a profesores y educación inclusiva (especialista en discapacidad visual). El observatorio también fomenta la educación científica a través de diversas iniciativas, entre las que destacan:

Crédito: V. Pinaud -ALMA (ESO / NAOJ / NRAO)



Atacama Makers:
uso de tecnología
en solución de
problemas sociales.

Crédito: S. Duffau (AUI/NRAO)



Observatorios y Ciudades
Gemelas: Intercambio
cultural entre San Pedro y
Magdalena (NM).

provoca.org



PROVOCA:
Mentorías para niñas
y jóvenes (promoción
de vocaciones científicas).

Preservación del patrimonio cultural

- Proyecto de etno-astronomía “El Universo de nuestros Abuelos” destaca cosmovisión atacameña
- Conservación de la Estancia Barrios
- Apoyo a la expedición interdisciplinaria que constató la existencia de estructuras astronómicas, “saywas”, bordeando el Camino del Inca



Crédito: R. Benett



Crédito: C. Padilla - ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

Conservación

El desierto de Atacama es hogar de flora y fauna autóctonas, que se han adaptado a las duras condiciones reinantes. Los colaboradores de ALMA frecuentemente ven vicuñas, vizcachas, zorros, cactus cardón, rica-rica y llaretas, animales y plantas que habitan este increíble paisaje.

Medidas adoptadas

- Ingreso voluntario al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
- Resolución de Calificación Ambiental obtenida en 2004
- Capacitación permanente en temas ambientales
- Monitoreo trimestral de flora y fauna por bióloga experta
- Todo movimiento de tierra es supervisado por arqueóloga



Imagen: *Echinopsis atacamensis*, Econorte



Imagen: *Opuntia conoidea*, Econorte



Imagen: Vicuña, Econorte



Imagen: Vizcacha, Econorte

El futuro de ALMA

El plan de desarrollo para la próxima década, conocido como “ALMA 2030” potenciará las capacidades del observatorio.

- Se aumentará el rango de frecuencias, así como el número de ellas que serán observables al mismo tiempo.
- Nuevo supercomputador de ALMA permitirá observar más elementos químicos y moléculas a la vez, analizando y grabando en paralelo.
- Se observará a velocidades 4 veces más rápidas, obteniendo más información y con mayor detalle, y abriendo las puertas a proyectos más ambiciosos.
- A medida que se construyen los observatorios más avanzados del mundo en Chile, ALMA es y seguirá siendo un complemento perfecto para los descubrimientos científicos del futuro.



Imagen: Correlacionador, P. Carrillo, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

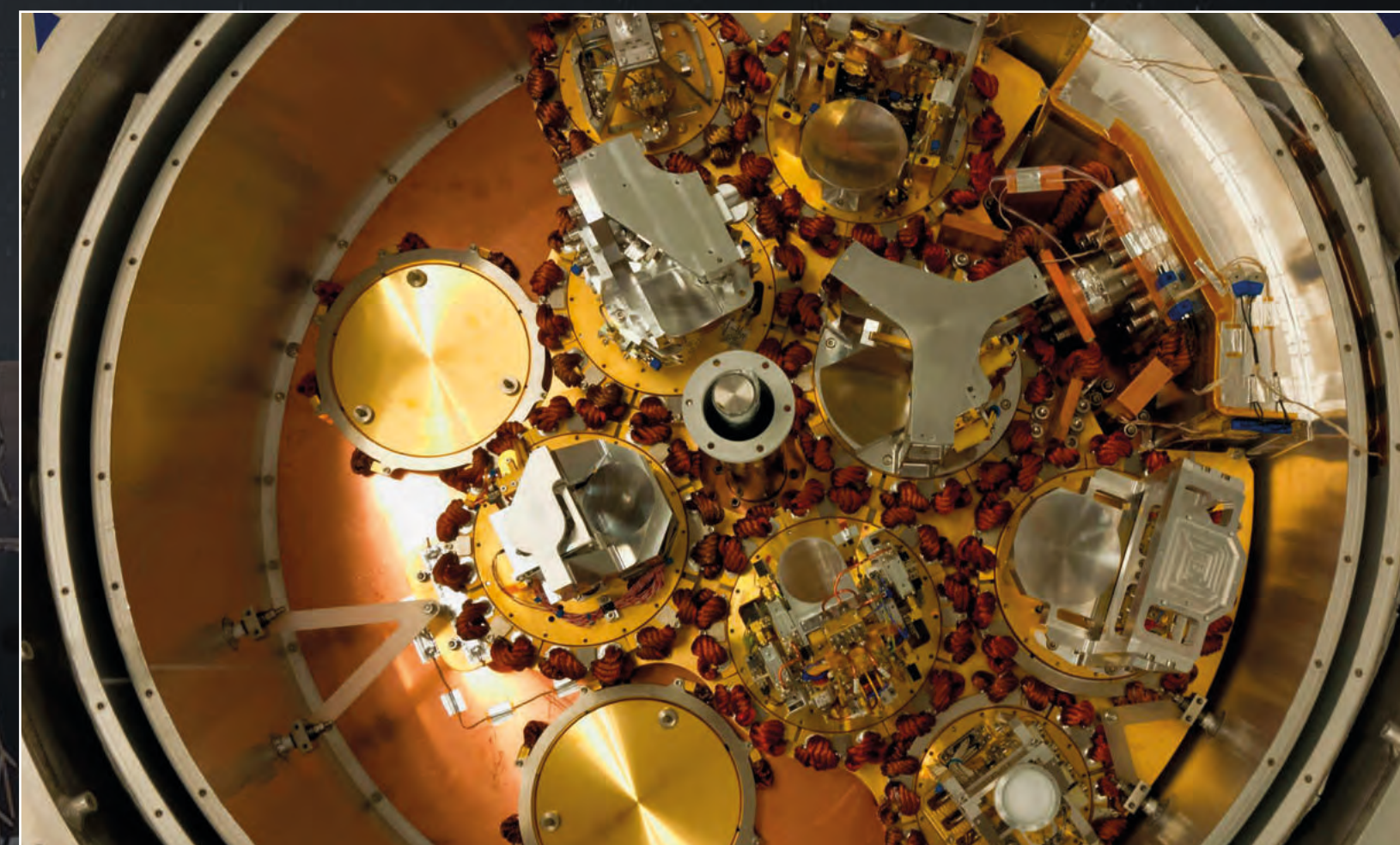


Imagen: Criostato, ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), S. Argandoña.



WWW.ALMAOBSERVATORY.ORG

WWW.ESO.ORG

WWW.NAO.AC.JP/EN/

WWW.NRAO.EDU

MÁS INFORMACIÓN

