



UNA MIRADA A ALMA

www.almaobservatory.org



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

ÍNDICE

1. Presentación	Pág. 2	8. Vida bajo estrellas	Pág. 16
2. ALMA en cifras	Pág. 3	9. Aporte científico	Pág. 19
3. Principales hitos	Pág. 4	10. Aportes a Chile	Pág. 23
4. Los socios de ALMA	Pág. 6	11. Aportes a la Región de Antofagasta	Pág. 25
5. Chile: ubicación privilegiada	Pág. 8	12. Futuro de ALMA	Pág. 28
6. Nuestra operación	Pág. 12		
7. Nuestros colaboradores	Pág. 14		



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



Más de **6.000 horas** de observación promedio al año



En 2024 se recibieron **1.712** propuestas científicas



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



Presupuesto global 2024 **USD +103 M**
De los cuales **USD +54 M** se invierten en Chile



Alrededor de **250 colaboradores** trabajan en Chile



Promedio de edad de nuestros colaboradores **46 años**



Aporte anual para el desarrollo de la astronomía en Chile (ANID) **USD \$800.000**

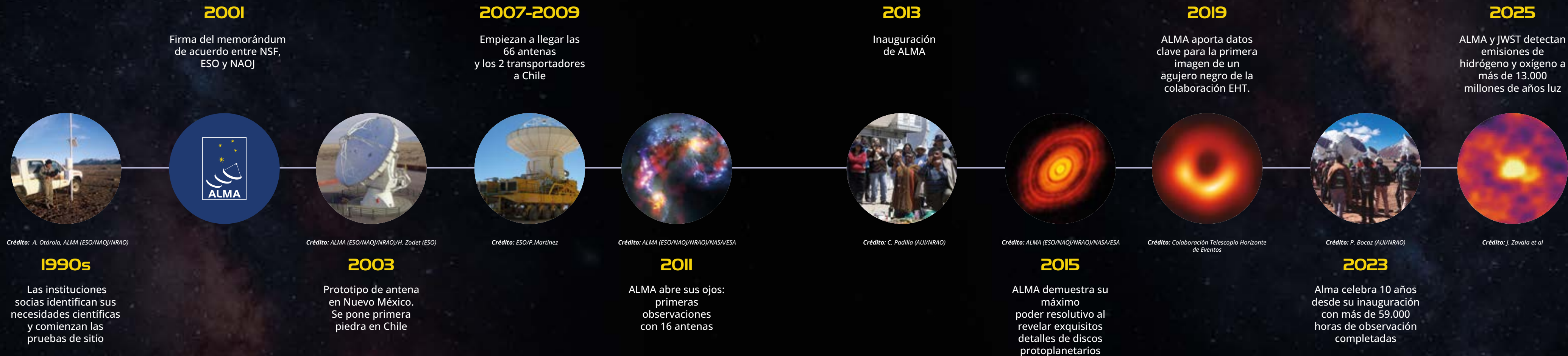


Aporte anual a la Región de Antofagasta **USD \$400.000**



47% de colaboradores establecidos en Santiago realizan teletrabajo parcial o completo

3 Principales hitos



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 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Taiwán (NSTC), 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.

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%

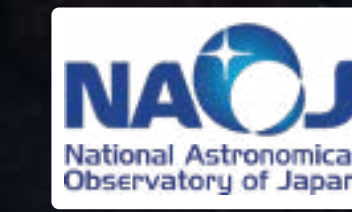
NRAO



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



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.



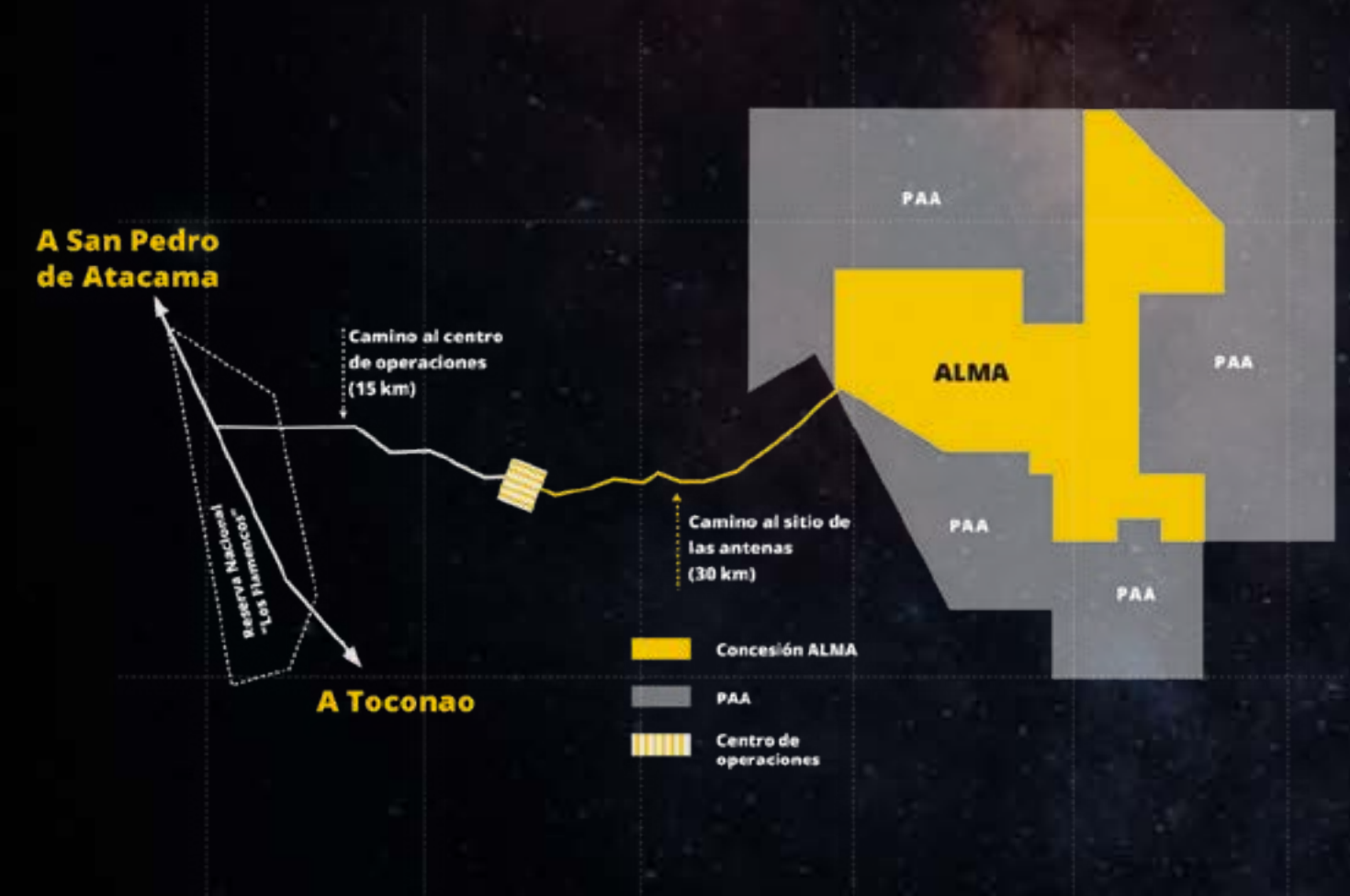
- ALMA eligió el llano de Chajnantor para observar debido a su sequedad, gran altitud, pocas nubes y escasez de interferencia de radio de las ciudades.
- La cordillera de los Andes bloquea la humedad proveniente del Amazonas y la fría corriente de Humboldt produce nubosidad a baja altura, permitiendo una claridad única, como es evidente en esta foto satelital.
- La comunidad científica no fue la primera 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.



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.



6 Nuestra operación

Lo que ocurre a 5.000 metros de altura:

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

Gracias a dos transportadores creados especialmente para esta tarea, las 66 antenas del arreglo se pueden ubicar en casi 200 posiciones distintas, para lograr observar distintas escalas del universo.

El correlacionador actúa como el cerebro del arreglo de antenas, combinando sus señales desde el edificio técnico, permitiendo que funcionen en conjunto como un telescopio con un diámetro máximo de 16 kilómetros.

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

**246 personas
contratadas
en Chile**



84% 16%

Jornada laboral
de 40 horas semanales

88%

Nacionalidad
chilena

51%

Trabaja en la
Región de
Antofagasta

10

Años de
permanencia
promedio en la
organización

12%

Nacionalidad
extranjera
(17 países)

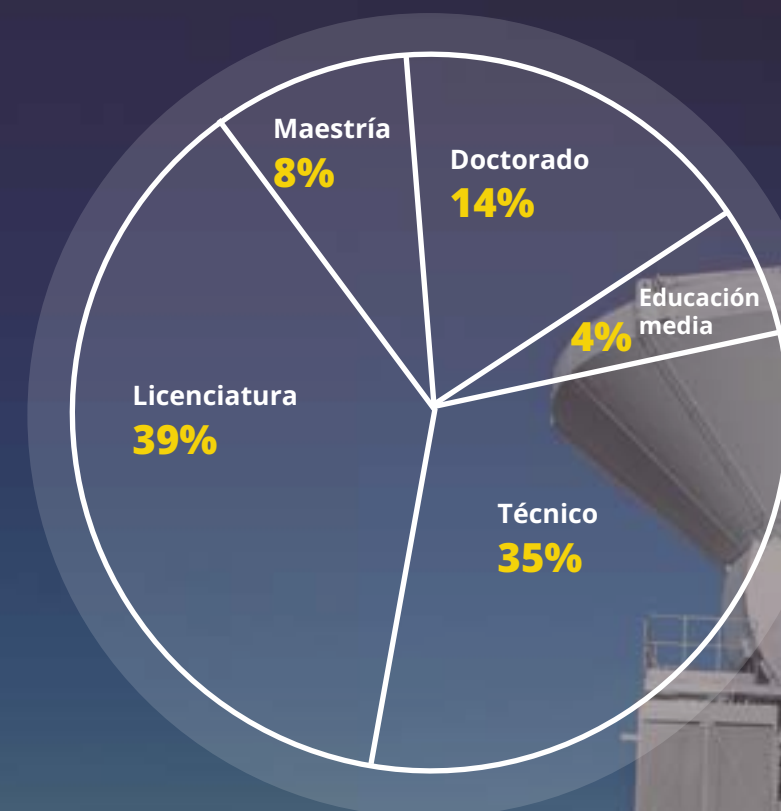
49%

Trabaja en
la Región
Metropolitana

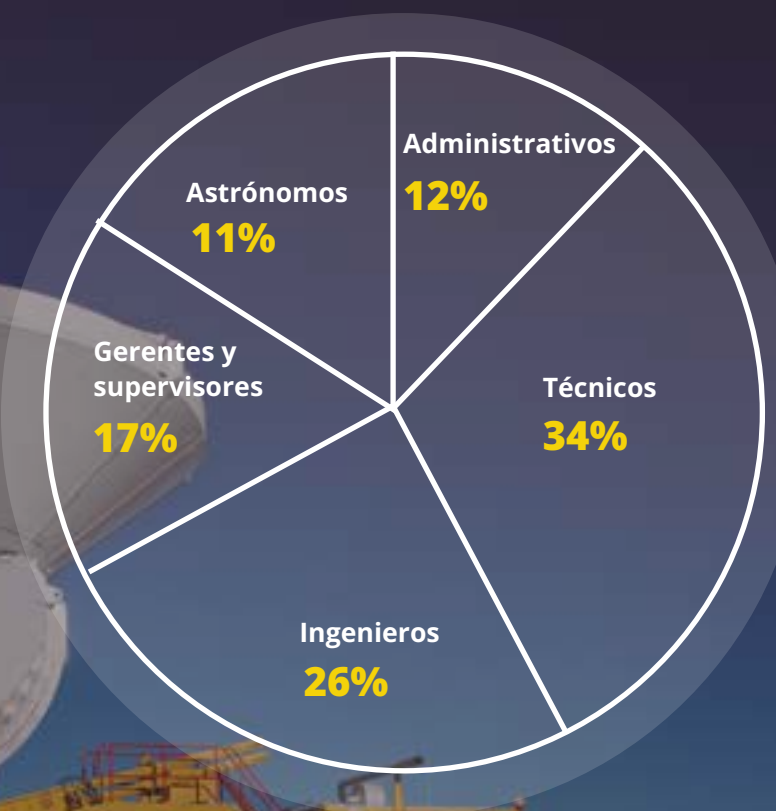
87%

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: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

Centro deportivo

Desde 2023 ALMA cuenta con un centro deportivo que alberga una cancha multipropósito bajo techo para la práctica de fútbol, básquetbol, vóleybol y tenis, así como un área separada para máquinas de ejercicios, sala de primeros auxilios, baños y bodega.

Esta nueva instalación deportiva se concretó gracias al aporte de la Fundación Nacional de Ciencia (NSF) de los Estados Unidos. La innovadora estructura tiene un techo de doble membrana, capaz de aislar y soportar las duras condiciones climáticas del desierto de Atacama.



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)

8 Vida bajo las estrellas

Trabajo en altura

Los colaboradores de ALMA cuentan con:

- Chequeo anual de salud (ACHS).
- Chequeo preventivo en policlínico antes de cada subida (presión arterial y saturación de oxígeno).
- Tanque de oxígeno personal en caso de estadía sobre los 3.000 metros de altura.
- Edificio técnico enriquecido con oxígeno a 5.000 metros de altura.



Crédito: P. Rojo (AUI/NRAO)

Estadísticas de seguridad

De acuerdo a la evaluación anual de octubre de 2024:

- La tasa de accidentes del trabajo se encuentra por debajo de la mitad del promedio nacional durante 2024.
- No se han producido accidentes de tránsito en el observatorio.

Con el objetivo de mantener altos estándares de seguridad, todos los colaboradores deben aprobar periódicamente cursos sobre manejo de montaña y sobre hipobaría e hipoxia.



Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)

Brigada de emergencia

La brigada está conformada por colaboradores selectos de ALMA, quienes de manera voluntaria se capacitan y entrenan permanentemente para responder ante emergencias como incendios, accidentes de tránsito, rescate de montaña, etc.

Además, nuestra brigada históricamente ha prestado apoyo durante emergencias a otros observatorios y comunidades vecinas.



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

9 Aporte científico

ALMA cumple su misión de servir a la comunidad científica internacional al recolectar y entregar datos de alta calidad de manera gratuita, 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. Se entregan cerca de 4.300 horas de observación cada año.

Por cada propuesta enviada por equipos científicos, quien lo lidera debe evaluar una decena de propuestas de otros equipos. Este proceso se conoce como sistema de evaluación distribuida entre pares. A fin de que este proceso sea lo más justo posible, las identidades, tanto de quienes solicitan el tiempo como de quienes evalúan las propuestas, no son reveladas a los distintos equipos, lo que se denomina evaluación ciega.

Hasta agosto del 2024 se ha logrado lo siguiente:

68.000

horas de observación acumuladas

Datos utilizados por

1.687

científicos de 38 países

Más de

3.850

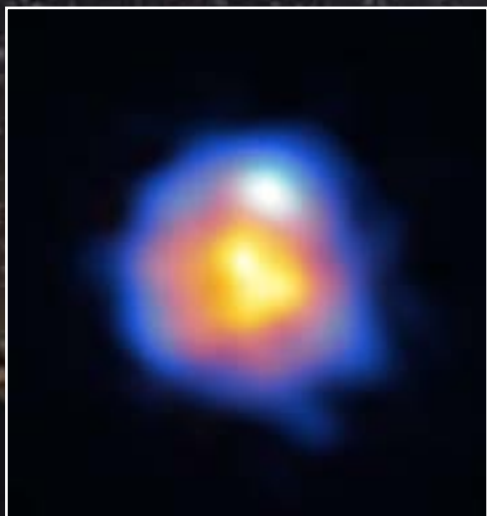
artículos publicados

Sobredemanda actual de propuestas es de

7,4

9 Aporte científico

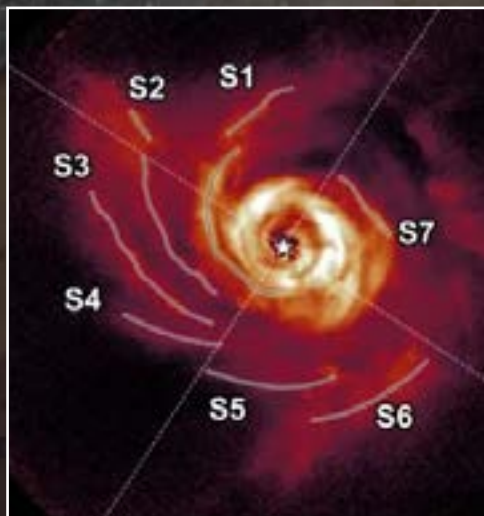
Hallazgos recientes



Crédito: Y. Asaki - ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

La configuración más extendida de ALMA logra la imagen con mayor resolución de su historia (5 milisegundos de arco), observando detalles inéditos del máser alrededor de R Leporis.

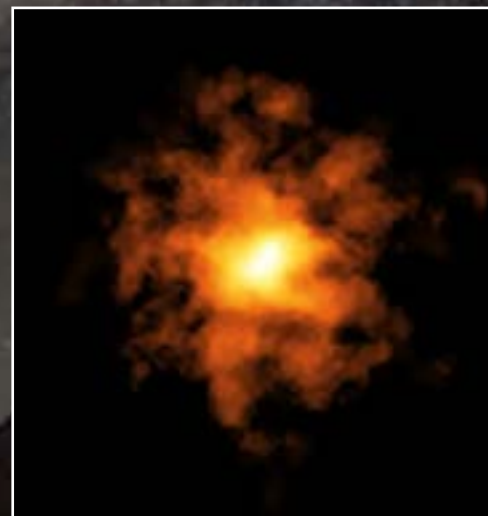
(Yoshiharu Asaki et al., noviembre 2023)



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NSF NRAO), VLT/SPHERE (ESO), Speedie et al.

Detección de movimiento característico en el disco de la estrella AB Aurigae, deja en evidencia que las inestabilidades gravitacionales son uno de los mecanismos de formación planetaria.

(Speedie et al., septiembre 2024)



Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/L. Rowland et al.

Observaciones del gas frío de la galaxia REBELS-25, evidencian la presencia de una barra central. Esto la convierte en la galaxia más lejana en la que se ha detectado rotación.

(Rowland et al., junio 2024)

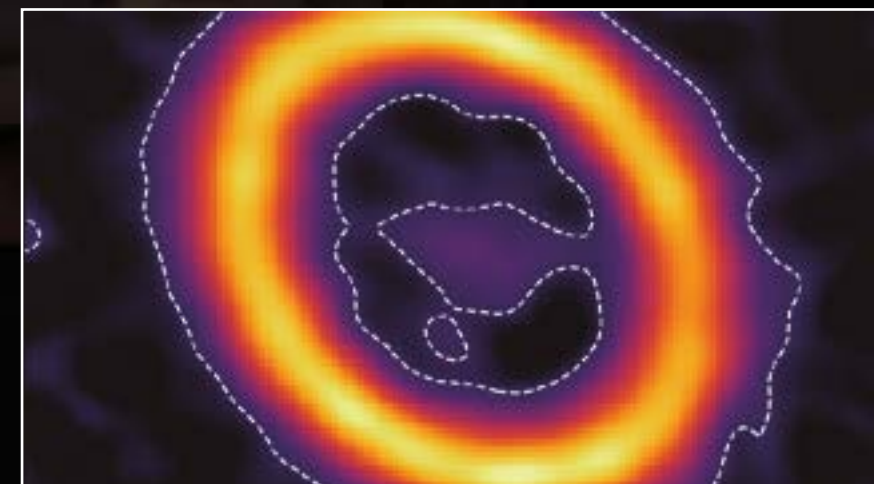
9 Aporte científico

Investigación y desarrollo chileno

Destacado equipo de investigadores chilenos encuentra signos de formación planetaria en un disco protoplanetario utilizando trazadores de gas y polvo.

Utilizando datos de ALMA, y mediante el análisis de la distribución y cinemática del gas y polvo observado, el equipo reportó la posible existencia de dos planetas en formación alrededor de la joven estrella J16120.

(Anibal Sierra et al., septiembre 2024)



Crédito: Sierra et al., 2024

Un equipo de la Universidad de Chile desarrolló el sistema óptico de los receptores de la Banda 1. Esta banda es particularmente sensible al polvo interestelar, y a moléculas complejas pre-bióticas, ya que opera en una frecuencia de 35-50 GHz (la más baja en la que opera ALMA).

Este gran avance fue galardonado con el premio “Ramón Salas Edwards 2024”, entregado por el Instituto de Ingenieros de Chile, siendo la primera vez que este premio se otorga a avances en instrumentación astronómica.



Crédito: CATA

9 Aporte científico

Ciencia de alto impacto

El observatorio ALMA ha permeado en la cultura e identidad chilena de maneras sorprendentes.

1

El diseño de los pebeteros de los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos de Santiago 2023 se basaron en las antenas de ALMA. En la imagen, se ve a Cristian Valenzuela, chileno tres veces campeón olímpico en paraatletismo, encendiendo la llama en el Estadio Nacional.

2

Las antenas de ALMA acompañan a toda persona chilena en el extranjero ya que en las marcas de agua del nuevo pasaporte chileno, estrenado en 2024, se distinguen los perfiles de las antenas del observatorio en el paisaje del llano de Chajnantor.

3

La comunidad sorda del Colegio Dr. Jorge Otte Gabler ha creado una seña en Lengua de Señas Chilena para nombrar al observatorio ALMA. Esta comienza con la seña de alma y la corona marcando las 4 estrellas de la Cruz del Sur presentes en el logo del observatorio.

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 2024 se entregaron

USD \$800.000

Desde 2004, se han entregado cerca de

USD \$13,4 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, dando origen a una autopista digital en la que se distribuyen los datos científicos producidos por el observatorio.

Esto ha abierto las posibilidades para el desarrollo futuro de mejoras a la infraestructura de telecomunicaciones existente en ciudades y pueblos ubicados cerca del observatorio.

EVALSO
TELEFONICA
SILICA NETWORKS



10 Aportes a Chile

Colaboración con instituciones chilenas

Desde 2011 ALMA colabora con diferentes instituciones educativas 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.



En 2024 se entregaron USD \$400.000 y el total acumulado desde sus inicios es cercano a los

USD \$7 millones



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

11 Aportes a la Región de Antofagasta

Fomento a la educación científica

Desde antes de su inauguración, ALMA ha apoyado 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 y actividades, entre las que destacan:

Crédito: D. Vidal - ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



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

Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



Feria científica de San Pedro: Actividad de acercamiento de la ciencia a la comunidad local.

Crédito: C. Padilla (AUI/NRAO)



PROVOCA: Promoción de vocaciones STEM.

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 2003.
- Monitoreo trimestral de flora y fauna por una bióloga experta.
- Todo movimiento de tierra es supervisado por una arqueóloga.
- Capacitación permanente en temas ambientales.



Imagen: Trichocereus atacamensis, Econorte



Imagen: Vicuña, Econorte



Imagen: Maihueniopsis glomerata, Econorte



Imagen: Vizcacha, Econorte

12 El futuro de ALMA

El plan estratégico “ALMA 2030” llevará las capacidades del observatorio a un nuevo nivel, fortaleciendo su rol como el radiotelescopio milimétrico y submilimétrico más poderoso del planeta.

- Se ampliará la cobertura de frecuencias observables y se mejorará la capacidad de observar múltiples bandas simultáneamente.
- La actualización del correlacionador (el supercomputador que procesa las señales de las antenas) permitirá detectar más líneas espectrales simultáneamente, haciendo posible observar múltiples moléculas y elementos químicos de forma más eficiente.
- ALMA podrá observar hasta 4 veces más rápido, obteniendo más información y con mayor detalle, y abriendo las puertas a proyectos más ambiciosos.

En un entorno donde Chile continúa consolidándose como capital mundial de la astronomía, ALMA seguirá siendo un complemento perfecto para los nuevos telescopios que explorarán el universo descubrimientos científicos del futuro.



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



Imagen: Crióstato, S. Otárola ALMA(ESO/NAOJ/NRAO)



WWW.ALMAOBSERVATORY.ORG

WWW.ESO.ORG

WWW.NAO.AC.JP/EN/

WWW.NRAO.EDU

MÁS INFORMACIÓN



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