

# Alcanzando las Estrellas: Hallazgos de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía



Gemini, AURA.

# Alcanzando las Estrellas: Hallazgos de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía

Santiago de Chile, noviembre de 2016

Este documento es una síntesis de las ideas expresadas por más de cien expertos, y cerca de 50 instituciones chilenas e internacionales, que participaron en las **Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía** en 2015 y 2016. Si bien no refleja la voz de aquellos que, por una razón u otra, no pudieron estar presentes, es el mayor esfuerzo realizado en el país por coordinar estrategias que permitan potenciar la educación y difusión de la astronomía en Chile, y entre Chile y sus socios internacionales.

El objetivo global propuesto por las cumbres fue aumentar ostensiblemente el impacto cualitativo y cuantitativo de los diversos programas de educación y difusión pública en astronomía, así como promover las comunicaciones, la coordinación y la colaboración en este campo.

Esperamos que los diálogos reflejados en estas páginas sirvan como herramienta para aprovechar el inmenso potencial que ofrece la astronomía a un país como Chile.



**Editores Jefes** - Sergio Cabezón (AUI-NRAO) y Valentina Rodríguez (GMTO)

**Jefe de Proyecto** - Tim Spuck (AUI)

**Editores** - Dinah Arnett (Embajada de los Estados Unidos en Chile), Paulina Bocaz (AUI-NRAO), Eduardo Hardy (AUI-NRAO), Miguel Roth (GMTO) y Chris Smith (AURA)

**Asistentes de Edición** - David Azócar (CATA), Farid Char (Universidad de Antofagasta), Luis Chavarría (Programa de Astronomía, CONICYT), Haydée Domic (Planetario de Santiago), Valeria Foncea (ALMA), Marllory Fuentes (Universidad de Concepción), Loreto Navarrete (Verde), Leonor Opazo (NOAO-CTIO) y Mark Phillips (Las Campanas Observatory)

**Autores Contribuyentes** - Marcos Aracena (Observatorio Collowara), Dinah Arnett (Embajada de los Estados Unidos en Chile), David Azócar (CATA), Roberto Bermúdez (Carnegie Institution for Science), Paulina Bocaz (AUI-NRAO), Sergio Cabezón (AUI-NRAO), Farid Char (Universidad de Antofagasta), Luis Chavarría (Programa de Astronomía, CONICYT), Marcos Cordero (Fundación Chile), Haydée Domic (Planetario de Santiago), Pamela Duarte (SERNATUR-Coquimbo), María Eliana Escobar (Programa Explora, CONICYT), Makarena Estrella (MAS), Kadur Flores (CTIO), Valeria Foncea (ALMA), Marllory Fuentes (Universidad de Concepción), Eduardo Hardy (AUI-NRAO), Sue Ann Heatherly (NRAO), Olga Hernández (Liceo Abate Molina de Talca), Suzanne Jacoby (LSST), Amanda Kocz (GMTO), María Rebeca López (Colegio Carlos Condell De La Haza de La Serena), Rodrigo Marín (Observatorio Cruz del Sur), Loreto Navarrete (Verde), Leonor Opazo (NOAO-CTIO), Ana María Pérez Rivera (Observatorio Astronómico Andino), Stephen Pompea (NOAO), Ed Prather (University of Arizona), Sandra Preston (McDonald Observatory), Valentina Rodríguez (GMTO y ESO), Jaime Sarah (CORFO), Juan Seguel (CTIO), Chris Smith (AURA), Jacqueline Soto (Observatorio Astronómico Andino), Timothy Spuck (AUI), Vilma Tapia (Instituto Científico Educativo José Maza Sancho de Antofagasta), Carola Torrejón (Liceo Likan Antai C-30 de San Pedro de Atacama), Valeria Vera (MIM), Vivian White (Astronomical Society of the Pacific) y Ana María Pérez (Observatorio Astronómico Andino)

**Este documento no representa las políticas o visiones oficiales del Gobierno de los Estados Unidos.**

# Prefacio

Chile dispone de cielos oscuros y limpios que hacen de nuestro país un territorio ideal para la instalación de los más grandes y sofisticados telescopios del mundo. Es así como hoy día somos anfitriones de cerca del 30% de las capacidades de observación astronómica del planeta -correspondiente al área recolectora de telescopios ópticos e infrarrojos de más de 3 metros de diámetro- y, a inicios de la próxima década, alcanzaremos el 70% de esta capacidad.

Los cielos limpios y oscuros son un recurso natural que Chile posee, no muy distinto del cobre. El desafío está en cómo aprovechar este recurso natural. No debemos tratarlo como una “renta” económica más, sino como un trampolín que ayude a dar el salto hacia el desarrollo. Miramos a la astronomía como una enorme oportunidad, no solo científica, sino también tecnológica, turística, de imagen país y, en especial, una oportunidad cultural y educativa. Es lo que llamamos un laboratorio natural.

Chile aspira alcanzar los estándares de un país desarrollado, lo que conlleva complejos desafíos, entre otros: distribución más justa del ingreso, bienestar social, pero especialmente educación, que no se obtiene solo teniendo más recursos económicos. La educación y la formación del capital humano avanzado, son la clave para dar ese salto al desarrollo. Y aquí la astronomía, como disciplina inserta en la constelación STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) puede jugar un importante rol. El éxito de la iniciativa Cumbre Chileno-Estadounidense de Educación y Difusión de la Astronomía, cuyo segundo evento conduce a esta publicación, es una muestra de ello.

La astronomía y la astrofísica, no son hoy solo ciencias que nos permiten responder preguntas claves que cada ser humano se hace sobre su origen y lugar en el cosmos. Son también una práctica, que por su sofisticación tecnológica, nos familiariza con innovaciones ingenieriles, manejo de grandes volúmenes de datos y complejas operaciones de alta precisión. En ese sentido, los observatorios astronómicos son una “escuela de ingeniería de clase mundial” instalada en nuestro país y, una oportunidad educativa que debemos aprovechar al máximo. Sabemos que lamentablemente muchas veces las innovaciones tienen su origen en los conflictos bélicos. Aquí tenemos la oportunidad de acceder a ellas a través de la más pacífica de las prácticas humanas: la observación.

La oportunidad, sin embargo, es más grande: la astronomía nos abre un espacio educativo muy amplio que va más allá de lo estrictamente científico-tecnológico. Nos acerca a la experiencia de transformar misterios ancestrales no solo en conocimiento científico, sino también en saber cultural, en sabiduría ciudadana, que debiera ser apropiada por todos los habitantes del planeta para hacernos más humanos.

La astronomía es uno de los muchos laboratorios naturales que Chile posee. Las zonas antárticas y subantárticas, el desierto, el océano, las montañas y sus convulsiones y el clima mediterráneo, todos ellos son laboratorios naturales que podrán aprender de ella, y transformarse también en vehículos de educación. Chile tiene el privilegio y la oportunidad de poseer estos laboratorios naturales en su territorio. Ese derecho nos impone también el deber de ser guardianes generosos y desarrollarlos para beneficio de la humanidad. La educación es el mejor vehículo para cumplir ese deber.

A fin de cuentas, esos cielos limpios y oscuros que buscamos proteger, han cobijado por miles de años a nuestros ancestros y han sido testigos del lento, y a veces contradictorio, camino de la construcción de nuestra propia civilización.

Emb. Gabriel Rodríguez García-Huidobro  
Director de Energía, Ciencia y Tecnología e Innovación  
Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile



# Índice

<b>Prefacio</b>	5
<b>Introducción</b>	8
Resultados de la Evaluación de la II Cumbre	9
Algunas citas de participantes en estas cumbres	10
<b>Participantes de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía 2015 y 2016</b>	13
<b>Acrónimos y siglas utilizadas</b>	14
<b>Resumen Ejecutivo</b>	15
Recomendaciones y Áreas de Exploración Futura	16
<b>Capítulo 1: Educación y Difusión de la Astronomía en la Educación Básica y Media</b>	20
Objetivos	20
Estado actual de esta área en Chile	20
Programas ejemplares para apoyar la enseñanza escolar de la astronomía en Chile	23
Problemas o necesidades existentes	26
Áreas de Exploración Futura	28
Recursos Adicionales	28
<b>Capítulo 2 : El Rol de los Planetarios, Museos, Centros de Investigación y Desarrollo Científico y de la Educación No Formal en la Educación y Difusión de la Astronomía</b>	30
Objetivos	30
Introducción	30
Programas ejemplares en esta área en Chile	31
Actividades de educación no formal de la astronomía	32
Participación de los astrónomos profesionales y aficionados en la educación no formal de la astronomía	34
Áreas de Exploración Futura	34
<b>Capítulo 3: El Rol de los Observatorios Científicos Internacionales en la Educación y Difusión de la Astronomía</b>	36
Objetivos	36
Introducción	37
Equipos de Divulgación y Educación de los Observatorios Científicos	38
Descripción de programas	39
Áreas de Exploración Futura	42
<b>Capítulo 4: El Rol de las Universidades en la Educación y Difusión de la Astronomía</b>	43
Objetivos	43
Estado actual de esta área en Chile	43
Programas ejemplares de esta área en Chile, entre Chile y Estados Unidos y con otros países	44
Problemas o necesidades existentes	46
Áreas de Exploración Futura	47
<b>Capítulo 5: El Rol del Astroturismo, los Observatorios Municipales y los Observatorios Turísticos en Astronomía</b>	48
Objetivos	48
Estado actual de esta área en Chile y alianzas entre Chile y Estados Unidos y con otros países	49
Programas ejemplares de esta área en Chile, entre Chile y Estados Unidos y con otros países	50
Problemas o necesidades existentes	51
¿Cómo pueden los otros cuatro pilares de la educación y difusión de la astronomía, el Gobierno, la empresa privada y las fundaciones, ayudar a resolver estos problemas y/o necesidades?	53
Áreas de Exploración Futura	54
Anexos	55

<b>Capítulo 6: Apoyo a los Programas de Educación y Difusión de la Astronomía en Chile</b>	58
Objetivos	58
Estado actual de esta área en Chile	58
Programas ejemplares de esta área en Chile, entre Chile y Estados Unidos y con otros países	59
Problemas o necesidades existentes	60
Áreas de Exploración Futura	61
Anexo	62
<b>Capítulo 7: Métricas de Evaluación de los Programas de Educación y Difusión de la Astronomía</b>	63
Objetivos	63
La relevancia de las métricas de evaluación de programas de educación y difusión de la astronomía	63
Necesidades en esta área en Chile	65
Áreas de Exploración Futura	67
Recursos Adicionales	67
<b>Conclusiones</b>	68



# Introducción

En los últimos 25 años, Chile ha transitado por una senda económica y social que le ha permitido alcanzar niveles de desarrollo mayores, y más sostenibles, que el promedio de sus vecinos en la región. En igual período, la astronomía se ha ido consolidando como la ciencia por excelencia en el país, con un crecimiento en infraestructura y tecnología de punta sin precedentes a nivel mundial.

Los observatorios astronómicos de primer nivel irrumpen en Chile hace aproximadamente medio siglo, con la construcción del *Cerro Tololo Inter-American Observatory* (CTIO) de la organización estadounidense *Association of Universities for Research in Astronomy* (AURA), que hoy opera telescopios en Cerro Tololo y Cerro Pachón, cerca de La Serena. Este *big-bang* de la astronomía en Chile, y en el hemisferio sur, es la antesala de una expansión cada vez más acelerada que alcanza uno de sus puntos más álgidos a comienzos del siglo XXI, con dos hitos fundamentales:

- la inauguración del *Very Large Telescope* (VLT) en Cerro Paranal, cerca de Antofagasta, por parte del *European Southern Observatory* (ESO), considerado hasta la fecha como el telescopio óptico e infrarrojo más avanzado y productivo del mundo;

- y la construcción y entrada en operaciones del observatorio internacional *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array* (ALMA), cerca de San Pedro de Atacama, por parte de un consorcio internacional liderado por ESO en representación de sus estados miembros; por el Observatorio Radioastronómico Nacional de EE.UU. (NRAO), gestionado por *Associated Universities, Inc.* (AUI), en representación de Norteamérica; y por el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ), en representación de Asia del Este. ALMA es el mayor observatorio astronómico que existe, y funciona en longitudes de onda milimétricas y submilimétricas.

Ambos telescopios son considerados líderes de la investigación astronómica a nivel global, y se espera que continúen transformando nuestra comprensión del Universo en los años venideros.

Este crecimiento explosivo de la astronomía en Chile, lejos de desacelerarse, proyecta un crecimiento exponencial para el 2025, con proyectos de gran escala ya aprobados y en construcción como:

- El *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST) liderado por AURA, el cual inició su construcción a comienzos de 2015 cerca de La Serena, y que fue diseñado para conducir una investigación de 10 años del Universo dinámico.

- La Organización Telescopio Magallanes Gigante (GMTO, por sus sigla en inglés), liderada por un

consorcio de más de 10 prestigiosas instituciones de Estados Unidos, Australia, Corea y Brasil, que inició su construcción en noviembre de 2015 cerca de La Serena, y que revolucionará nuestra comprensión del Universo a partir del año 2022.

- El *European Extremely Large Telescope* (E-ELT) de ESO, cerca de Antofagasta, cuya construcción fue aprobada recientemente y que entrará en operaciones a mediados de la próxima década, como el telescopio óptico e infrarrojo cercano más grande del mundo.

De acuerdo con esta proyección, en menos de una década se habrá duplicado el total de la inversión internacional en astronomía realizada en Chile en los últimos 55 años. Todo indica que el país se consolidará -por lejos- como líder mundial en astronomía desde la Tierra, concentrando al final del período señalado, aproximadamente el 70% de la capacidad mundial de observación del Universo, según datos entregados por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).<sup>1</sup>

Los convenios que Chile ha acordado con los distintos observatorios internacionales, y que, entre otras cosas, garantizan un acceso privilegiado a tiempo de observación para astrónomos de instituciones chilenas, son cruciales para el desarrollo de la ciencia astronómica, logrando que al día de hoy 13 universidades a lo largo del país incorporen astrónomos en su dotación académica y, a lo menos 7 a la astronomía como carrera de pre y posgrado<sup>2</sup>. Estos acuerdos de colaboración con los observatorios, implementados en un principio por el Ministerio de Relaciones Exteriores y la Universidad de Chile y, desde hace algunos años, por su Dirección de Energía, Ciencia y Tecnología e Innovación (DECYTI), han sido fundamentales para cimentar las bases del desarrollo de la astronomía en el país.

Los privilegiados cielos del norte de Chile, valorados internacionalmente como un "laboratorio natural" único en el mundo, han comenzado poco a poco a trascender las fronteras de la astronomía profesional. Nuevas generaciones de estudiantes comienzan a reconocer la ventaja estratégica de la astronomía para impulsar otras disciplinas en áreas científicas y tecnológicas.

Un ejemplo de lo anterior es la creación de laboratorios y carreras de astro-tecnología en diversas instituciones nacionales, lo que ha permitido que instituciones chilenas participen en el desarrollo del prototipo de la banda 1 para el Observatorio Radioastronómico ALMA<sup>3</sup>. También cabe

---

<sup>1</sup>[http://web.sofofa.cl/wp-content/uploads/2014/03/04\\_MRubio.pdf](http://web.sofofa.cl/wp-content/uploads/2014/03/04_MRubio.pdf)

<sup>2</sup><http://www.sochias.cl/info/miembros/censos-de-astronomos/119-informacion-general/miembros/289-censo-2016-de-astronomos-en-instituciones-chilenas>

<sup>3</sup>La producción del receptor de Banda 1 fue desarrollado por un equipo internacional encabezado por el Instituto de Astronomía y Astrofísica Academia Sinica (ASIAA), donde además participan el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ), la Universidad de Chile, el Observatorio Radioastronómico Nacional de Estados Unidos (NRAO), el Instituto Herzberg de Astrofísica (HIA) y el Instituto Nacional Chung-Shan de Tecnología de Taiwán (NCSIST).

mencionar la creación en Chile del *National Laboratory for High Performance Computing* ([www.nlhpc.cl](http://www.nlhpc.cl)), integrado por 19 instituciones nacionales, con el objetivo de consolidar una instalación en Chile que ofrezca procesamiento de alto desempeño para satisfacer las demandas de cómputo científico y manejo del *big data* derivados de la astronomía, y fortalecer los vínculos entre la investigación científica, la industria y el sector público<sup>4</sup>.

La experiencia internacional muestra que una base educativa sólida en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas -conocida universalmente como STEM (por su sigla en inglés)-, resulta clave para alcanzar altos niveles de desarrollo<sup>5</sup>. En este sentido, el potencial de la astronomía para un país como Chile es inmenso. El desafío pendiente es encontrar mecanismos que permitan llevar adelante, y de manera sostenida, el salto científico-tecnológico que el país necesita<sup>6</sup>. Una señal positiva en esta dirección fue el anuncio de la Presidenta Michelle Bachelet en su cuenta anual del 21 de mayo de 2016, donde se comprometió a enviar durante el segundo semestre del año en curso un proyecto de ley que crea el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Un año antes de este anuncio, entre el 22 y 27 de marzo de 2015, se celebró la Primera Cumbre Chileno-Estadounidense de Educación y Difusión de la Astronomía, organizada por los observatorios estadounidenses y la Embajada de Estados Unidos en Chile, con el apoyo de AUI, AURA, *Carnegie Institution for Science*, CONICYT, Fundación Imagen de Chile y la *National Science Foundation* de los Estados Unidos (NSF). Nunca antes se habían reunido tantos actores del ámbito de las comunicaciones y la educación de la astronomía a evaluar experiencias y generar redes de colaboración. Esta primera cumbre recibió el apoyo de la Embajada de los Estados Unidos en Chile con un aporte de US\$51.000, de la Fundación Imagen de Chile con US\$12.500 y de la NSF que aportó US\$10.500.

El entusiasmo generado por este primer encuentro pavimentó el camino para la realización de la Segunda Cumbre Chileno-Estadounidense de Educación y Difusión de la Astronomía, entre el 7 y el 10 de marzo de 2016, financiada gracias a una contribución de US\$39.000 de la NSF. La astronomía europea, representada por ESO, ha participado en ambas cumbres, en tanto que la NAOJ, parte integral de ALMA entre otros proyectos, ha expresado interés en una participación futura. Ambas cumbres contaron con aportes indirectos que incluyeron el uso de instalaciones para reuniones<sup>7</sup>, cantidades importantes de horas de trabajo dedicadas a tareas de coordinación y, en general, un amplio espectro de recursos humanos.

Cabe señalar que, si bien el financiamiento de las cumbres proviene principalmente de instituciones estadounidenses, este se funda en la convicción de que la excelencia en la educación y difusión de la astronomía en Chile, y en cualquier lugar del mundo, beneficia a esta ciencia globalmente. En este sentido, Chile posee condiciones privilegiadas para convertirse en un referente mundial en este campo.

## Resultados de la Evaluación de la II Cumbre

Como una forma de evaluar la percepción sobre las cumbres, se realizó una encuesta que fue respondida por el 90% de los participantes. Los resultados más relevantes de esta encuesta son los siguientes:

- 97% de los encuestados estuvo de acuerdo (o muy de acuerdo) que una cumbre o una reunión similar debería llevarse a cabo cada año en Chile,
- 98% estuvo de acuerdo (o muy de acuerdo) que esta experiencia ha aumentado significativamente su interés en colaborar con otros en Chile y/u otros países con el fin de mejorar la educación y difusión de la astronomía y/u otras actividades,
- 98% estuvo de acuerdo (o muy de acuerdo) que esta experiencia le ha permitido establecer nuevas colaboraciones,
- 100% estuvo de acuerdo (o muy de acuerdo) que esta experiencia ha expandido significativamente su red de gente con la cual trabajará en el futuro para mejorar la educación y/o difusión de la astronomía,
- 94% estuvo de acuerdo (o muy de acuerdo) que esta experiencia ha incrementado significativamente su conocimiento sobre la educación y/o la difusión de la astronomía que tienen lugar en Chile,
- 86% estuvo de acuerdo (o muy de acuerdo) que esta experiencia ha incrementado significativamente su comprensión de las mejores prácticas en educación y/o difusión de la astronomía, y
- 83% estuvo de acuerdo (o muy de acuerdo) que las visitas a los observatorios científicos internacionales y las interacciones durante la cumbre han incrementado significativamente su comprensión de los observatorios y sus actividades relacionadas a educación y difusión.

---

<sup>4</sup>El NLHPC está formado por la Universidad de Chile (institución patrocinadora), la Universidad Católica del Norte (UCN), la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), la Universidad de Santiago (USACH), la Universidad de Talca (UTalca), la Universidad Austral (UACH), la Universidad de Antofagasta (UA), la Universidad de Concepción (UdeC), la Universidad de La Serena (ULS), la Universidad del Bío-Bío (UBB), la Universidad Católica del Maule (UCM), la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) y la Universidad de la Frontera (UFRO); en asociación con REUNA, INRIA Chile, AURA, Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso (CINV) y la Fundación Ciencia & Vida (FCV).

<sup>5</sup>Science: the endless frontier. Bush, Vannevar (1945). Basándose en las recomendaciones de esta publicación el gobierno estadounidense creó la NSF.

<sup>6</sup>[www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2012/06/OPORTUNIDADES-ASTRONOMIA-EN-CHILE-ANEXOS.pdf](http://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2012/06/OPORTUNIDADES-ASTRONOMIA-EN-CHILE-ANEXOS.pdf)

<sup>7</sup>Por ejemplo, el acceso a instalaciones comunitarias por parte de la Alcaldía de San Pedro de Atacama durante la Primera Cumbre.



## Algunas citas de participantes en estas cumbres

Otro indicador del impacto de las cumbres en la comunidad de educación y difusión de la astronomía fueron los comentarios expresados por los participantes al cierre de las dos cumbres. A continuación presentamos algunos de los más representativos ordenados por nacionalidad de las personas citadas.

### Participantes chilenos:

“Utilizaré esta guía para promover y fortalecer la difusión de la astronomía en la comunidad chilena, especialmente desde mis funciones públicas destinadas a promover la competitividad, productividad e innovación del astroturismo”. (Anónimo)

“Las recomendaciones y conclusiones surgidas de cada grupo de trabajo, sentarán las bases para destacar la importancia que tienen la enseñanza y el conocimiento de la astronomía en cada una de las instituciones convocadas a participar en esta cumbre. Como profesora, siento la responsabilidad de sensibilizar a la comunidad educativa, para despertar en cada uno de nuestros estudiantes el interés por la ciencia, astronomía y, sobre todo, por el cuidado de nuestros cielos, como fuente de investigación y patrimonio de la humanidad”. (Anónimo)

### Participantes extranjeros:

“¡Wow! En una sala de conferencias de hotel ustedes reunieron a un equipo con los líderes en educación de la astronomía más dedicados, experimentados y entusiastas que jamás haya visto. Todos saben que los cielos de Chile son de clase mundial; por lo tanto, no debiera sorprender que sus profesores en el país también lo sean”, Steve Pompea, Director de Educación y Difusión del Observatorio Astronómico de Óptica Nacional.

“Esta cumbre ha sido la más colaborativa en la cual haya participado en mucho tiempo. Los grupos en los que participé estaban verdaderamente contentos de trabajar juntos para convertir este evento en algo más grande que la suma de sus partes. Tengo grandes esperanzas de que esta nueva coalición de profesores de astronomía trabajarán en conjunto para llevar la educación de esta ciencia en Chile a una nueva era de efectividad a través de la colaboración”, Vivian White, Sociedad Astronómica del Pacífico.

En resumen, se desprende de los comentarios recogidos en las encuestas que estas reuniones han servido para plantar las primeras semillas hacia una educación en astronomía más coordinada y colaborativa, que permita un aprovechamiento cada vez más efectivo de esta ciencia como motor de desarrollo científico y tecnológico.

¡Esperamos que disfrute la lectura!



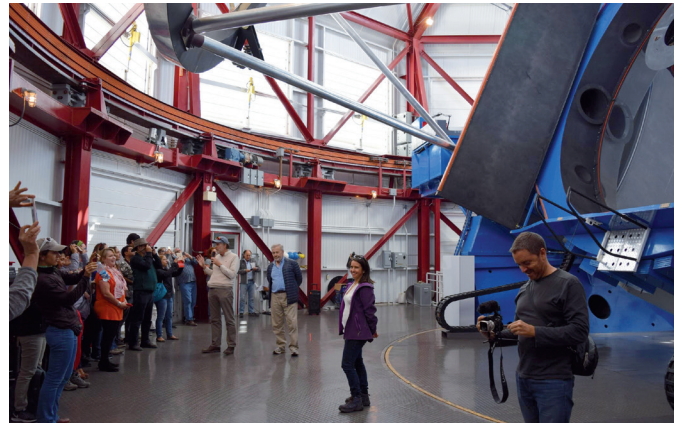
*Primera Cumbre: Profesores chilenos y estadounidenses trabajan juntos para entender las similitudes y diferencias entre las prácticas de la educación básica y media en ambos países. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*



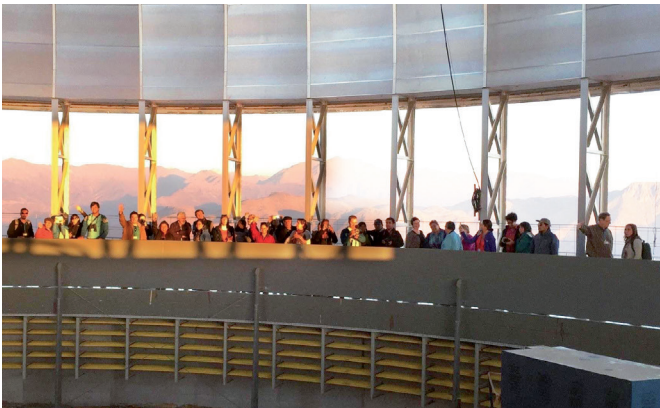
*Participantes de la Primera Cumbre durante su visita a ALMA. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*



*Primera Cumbre: José Maza, astrónomo mundialmente conocido y Premio Nacional de Ciencias Exactas de Chile 1999, dialoga animadamente con un miembro de la comunidad de San Pedro de Atacama sobre las comunidades indígenas y la divulgación de la astronomía. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*



*Mark Phillips, Director de Las Campanas, explica detalles de Magellan Telescopes de 6.5 metros. Crédito: Amanda Kocz (GMTO).*



*Segunda Cumbre: Los participantes en el Observatorio CTIO. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*



*Participantes de la Segunda Cumbre durante su visita a Las Campanas. Al fondo se puede ver el cerro Las Campanas, donde estará ubicado el GMT. Crédito: Amanda Kocz (GMTO).*





*Segunda Cumbre: Los participantes asisten a una presentación sobre observatorios turísticos. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*



*Segunda Cumbre: Los organizadores de esta actividad se reúnen con funcionarios públicos de la zona en La Serena, para discutir la importancia de la astronomía para esa región y el control de la contaminación lumínica. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*

# Participantes de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía 2015 y 2016

\* Equipo organizador de las cumbres.

Pablo Álvarez, Verde  
Marcos Aracena, Observatorio Turístico Collowara  
Marco Araya, Universidad de Antofagasta  
Geraldine Araya, Liceo Fernando Bivignat  
\*Dinah Lee Arnett, Embajada de los EE.UU. en Chile  
David Azócar, CATA  
Roberto Bermúdez, *Observatories of the Carnegie Institution for Science*  
\*Paulina Bocaz, AUI/NRAO-Chile  
Mónica Buvinic, Universidad de Magallanes  
\*Sergio Cabezón, AUI/NRAO-Chile  
Manuel Carreño, Centro de Educación Integral de Adultos (CEIA)  
Nelly Carriol, Colegio Carlos Condell  
Farid Char, Universidad de Antofagasta  
Luis Chavarría, Programa de Astronomía, CONICYT  
Rodrigo Cid, Colegio Santo Tomás de Aquino  
Marcos Cordero, Fundación Chile  
Haydée Domic, Planetario de Santiago  
Pamela Duarte, Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR)  
María Eliana Escobar, Programa Explora de CONICYT  
Makarena Estrella Pacheco, *Millenium Institute of Astrophysics*  
Jorge Fernández, Observatorio Cerro Mayu  
\*Mary Sue Fields, Embajada de los EE.UU. en Chile  
Kadur Flores, NOAO-CTIO  
Valeria Fonca, ALMA  
Iván Fredes, Telescopios y Estrellas  
Marllory Fuentes, Universidad de Concepción  
Vladimir Fuentes, Liceo Fernando Bivignat  
Juan Carlos Gacitúa, CICAT  
Antonieta García, Observatorio Gemini  
David González, Fundación Imagen de Chile  
\*Eduardo Hardy, AUI/NRAO-Chile  
Sue Ann Heatherly, NRAO  
Olga Hernández, Liceo Abate Molina de Talca  
\*Camila Ibarlucea, AURA  
Suzanne Jacoby, LSST  
Hernán Julio, Telescopios y Estrellas  
Amanda Kocz, GMTO  
\*Carola Lara, AUI/NRAO-Chile  
Penélope Longa, Universidad de Antofagasta  
María Rebeca López, Colegio Carlos Condell De La Haza de La Serena  
Rodrigo Marín, Observatorio Cruz del Sur  
José Maza, Departamento de Astronomía U. de Chile  
Peter Michaud, *Gemini Observatory*  
Maximiliano Montenegro, Pontificia Universidad Católica de Chile  
Dixon Morgado, NOAO-CTIO  
Daniel Munizaga, NOAO-CTIO  
Mabel Muñoz, Asesorías e Intervenciones Socioeducativas SpA  
Loreto Navarrete, Verde  
Leonor Opazo, NOAO - CTIO  
David Orellana, Cielos Diaguítas  
Freddy Orrego, Observatorio Cerro Mayu  
Manuel Paredes, *Gemini Observatory*  
\*Rosario Peñafiel, AURA  
Ana María Pérez, Observatorio Astronómico Andino  
Mark Phillips, *Las Campanas Observatory*  
Claudio Piña, ICCI  
Sergio Pizarro, NOAO-CTIO  
Stephen Pompea, NOAO  
Ed Prather, *University of Arizona*  
Sandi Preston, UT - *McDonald Observatory*  
Rosario Puente  
Valentina Rodríguez, GMTO y ESO  
Amelia Ramírez, Universidad de La Serena  
Matías Rivera Baeza, InterPro Traducciones  
\*Miguel Roth, GMTO  
Jaime Sarah, CORFO  
Sebastián Schmidt, InterPro Traducciones  
Juan Seguel, NOAO - CTIO  
\*Chris Smith, AURA  
Jacqueline Soto, Observatorio Astronómico Andino  
\*Tim Spuck, AUI  
Wilma Tapia, Instituto Científico Educacional José Maza Sancho  
Carola Torrejón, Liceo Likan Antai C-30 de San Pedro de Atacama  
Yessenia Urrutia, Ministerio de Cultura, Gobierno de Chile  
Marianela Velasco, Programa Explora de CONICYT  
Laura Ventura, ESO  
Valeria Vera, Museo Interactivo Mirador  
Daniel Verschatse, Hacienda Los Andes  
Nelly Vilches, Colegio Carlos Condell  
Vivian White, *Astronomical Society of the Pacific*



# Acrónimos y siglas utilizadas

ACHAYA: Asociación Chilena de Astronomía y Astronáutica  
ACEAP: *Astronomy in Chile Educator Ambassadors Program*  
ACT: *Atacama Cosmology Telescope*  
ALMA: *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*  
AUI: *Associated Universities, Inc.*  
AURA: *Association of Universities for Research in Astronomy*  
CADIAS: Centro de Apoyo a la Didáctica de la Astronomía  
CATA: Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines  
CICAT: Centro Interactivo de Ciencias, Artes y Tecnologías  
CNCA: Consejo Nacional de la Cultura y las Artes  
CONADI: Corporación Nacional de Desarrollo Indígena  
CONICYT: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica  
CTIO: *Cerro Tololo Inter-American Observatory*  
EDP: Educación y Difusión Pública  
E-ELT: *European Extremely Large Telescope*  
EPO: *Education and Public Outreach* o Educación y Difusión Pública  
ESO: *European Southern Observatory*  
FIC: Fondo de Innovación para la Competitividad  
FIC-R: Fondo de Innovación para la Competitividad Regional  
FMLP: Fundación Minera Los Pelambres  
FNDR: Fondo Nacional de Desarrollo Regional  
FONDEF: Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico  
GAVRT: *Goldenstone Apple Valley Radiotelescope*  
GMTO: *Giant Magellan Telescope Observatory* u Organización Telescopio Magallanes Gigante  
IDA: *International Dark-Sky Association*  
INJUV: Instituto Nacional de la Juventud  
JPL: *Jet Propulsion Laboratory*  
LCER: *Lewis Center for Educational Research*  
LSST: *Large Synoptic Survey Telescope*  
MAS: *Millennium Institute of Astrophysics*  
MIM: Museo Interactivo Mirador  
MIT: *Massachusetts Institute of Technology*  
NAOJ: *National Astronomical Observatory of Japan*  
NOAO: *National Optical Astronomy Observatory*  
NRAO: *National Radio Astronomy Observatory*  
NSF: *National Science Foundation*  
OAN: Observatorio Astronómico Nacional  
OPCC: Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile  
PAI: Programa de Apoyo a la Inserción  
PAR: Proyectos Asociativos Regionales  
PEM: Proyectos de Medio Externo  
PIA: Prácticas de Investigación en Astronomía  
PSU: Prueba de Selección Universitaria  
SAVAL: Sociedad Astronómica de Valparaíso y Viña del Mar  
SEP: Ley de Subvención Escolar Preferencial  
SIMCE: Sistema de Medición de la Calidad de la Educación  
SOCHIAS: Sociedad Chilena de Astronomía  
STEM: *Science, Technology, Engineering and Mathematics*  
UA: Universidad de Antofagasta  
UNAWA: *Universe Awareness*  
VLT: *Very Large Telescope*

# Resumen Ejecutivo

Las excepcionales condiciones del cielo de Chile para la astronomía han permitido que más de 20 países confluyan en el territorio nacional para impulsar proyectos de vanguardia en este campo. Todo indica que para el año 2025, Chile será líder indiscutido en observación astronómica desde la Tierra, concentrando aproximadamente el 70% de la capacidad mundial.

Los beneficios de esta expansión acelerada han comenzado a trascender las fronteras de la astronomía profesional, permitiendo impulsar otras disciplinas científicas y tecnológicas, así como un número importante de actividades relacionadas como el turismo, las comunicaciones y la educación formal y no formal de la ciencia.

Conscientes del enorme potencial que posee Chile para convertirse en un referente mundial en EDP de la astronomía, los observatorios estadounidenses y la Embajada de Estados Unidos en Chile, junto a AUI, AURA, *Carnegie Institution for Science*, CONICYT, Fundación Imagen de Chile y la NSF de los Estados Unidos, decidieron organizar dos ediciones de la Cumbre Chileno-Estadounidense de Educación y Difusión de la Astronomía en los años 2015 y 2016.

Con más de cien participantes y cerca de 50 instituciones representadas, las cumbres permitieron reunir por primera vez en Chile a un gran número de expertos y líderes en este campo, tanto de Chile como de los Estados Unidos, para debatir sobre el estado actual y los desafíos de la EDP en astronomía.

Desde un comienzo, las cumbres fueron acogidas por los participantes como una oportunidad única para abordar, como comunidad, los problemas de coordinación y evaluación estratégica en la EDP de la astronomía en el país. Durante las cumbres se hizo cada vez más evidente la existencia de grupos dispersos, así como individuos entusiastas, que llevaban a cabo programas de difusión pública en astronomía sin comunicarse entre sí, duplicando esfuerzos y desaprovechando (por desconocimiento) los escasos recursos disponibles en esta área.

El objetivo global propuesto por las cumbres fue aumentar ostensiblemente el impacto cualitativo y cuantitativo de los diversos programas de educación y difusión pública en astronomía, así como promover las comunicaciones, la coordinación y la colaboración en este campo, tanto dentro de Chile como entre el país y sus asociados internacionales.

Para avanzar de forma ordenada, se decidió trabajar por áreas específicas de interés las que, en menor o mayor medida, representan al amplio espectro de actores que conforman la comunidad EDP de la astronomía:

1. EDP de la astronomía en la Educación Básica y Media.

2. Rol de los planetarios, museos, centros de investigación y desarrollo científico, y de la educación no formal en la EDP de la astronomía.
3. Rol de los observatorios científicos internacionales en la EDP de la astronomía.
4. Rol de las universidades en la EDP de la astronomía.
5. Rol del astroturismo y de los observatorios municipales y turísticos en la EDP de la astronomía.
6. Financiamiento y apoyo en Chile a programas de EDP de la astronomía.
7. Métricas de evaluación de los programas de EDP de la astronomía.

Para cada área se constituyó un grupo de trabajo lo más diverso posible, que diera cuenta, idealmente, de las diferentes visiones y anhelos de los participantes. A cada grupo de trabajo se le encomendó lo siguiente:

- Analizar el estado actual de la EDP de la astronomía.
- Revisar, adaptar y distribuir materiales de alta calidad (y bajo costo) para la EDP de la astronomía, desarrollados en Chile y en el extranjero.
- Identificar oportunidades de capacitación, infraestructura y financiamiento para la EDP de la astronomía.
- Compartir mejores prácticas y programas exitosos de EDP de la astronomía desarrollados en Chile y en el extranjero, y promover alianzas en este ámbito.
- Explorar ideas que estimulen el estudio de la astronomía y carreras STEM, así como la especialización en comunicación científica orientada a programas de EDP de la astronomía.
- Explorar ideas que estimulen el desarrollo de astroturismo de alta calidad en Chile.
- Explorar mecanismos para que los observatorios científicos puedan contribuir de manera más directa a programas de EDP de la astronomía y al desarrollo del astroturismo, entendiendo que la misión específica de los observatorios, de la cual depende su financiamiento, es la ciencia.
- Explorar puntos de vista y experiencias de las comunidades situadas cerca de los observatorios, de modo que la presencia de estos centros de investigación internacionales tenga un impacto positivo en sus vidas.
- Explorar ideas que estimulen la implementación de métricas de evaluación en la EDP de la astronomía.
- Identificar oportunidades para aprovechar la EDP de la astronomía como vehículo para la colaboración internacional y para el desarrollo del país.
- Documentar los distintos puntos de vista, los diálogos y las conclusiones de estas cumbres, para compartirlos con la comunidad de EDP de la astronomía en Chile y en los países asociados.

Las discusiones sostenidas al interior de los distintos grupos de trabajo quedaron plasmadas en el presente documento, titulado **“Alcanzando las Estrellas: Hallazgos de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía”**. Sus siete capítulos son una oportunidad para conocer el pensamiento de expertos en el área, tanto en Chile como a nivel internacional, y mirar de cerca el trabajo, muchas veces silencioso, de individuos e instituciones que están marcando una diferencia.

## Recomendaciones y Áreas de Exploración Futura

Al final de cada capítulo se presenta un listado de Recomendaciones (R) y Áreas de Exploración Futura (E), elaborado por cada grupo de trabajo. Las recomendaciones se entienden como acciones concretas que, a juicio de los participantes, son posibles de implementar en el mediano y corto plazo. Las áreas de exploración futura corresponden a temas que requieren un mayor estudio y análisis antes de convertirse en recomendaciones factibles de ser implementadas.

A continuación se ofrece un resumen de las principales R's y E's contenidas en los distintos capítulos:

### Capítulo 1. Educación y Difusión de la Astronomía en la Educación Básica y Media

Este capítulo busca proporcionar herramientas básicas para aumentar la motivación por el conocimiento y comprensión de la astronomía y ciencias relacionadas, así como el desarrollo del pensamiento crítico, tanto en profesores como en estudiantes de educación básica y media.

**R1.1** - Potenciar la actual Red de Profesores de Astronomía a nivel nacional con el propósito de planificar, ejecutar y evaluar acciones que involucren la participación de docentes y sus alumnos. Una forma de fortalecer esta red es creando alianzas entre colegios cercanos dentro de una región o comuna.

**R1.2** - Incorporar el patrimonio cultural y la diversidad en el material de clases sobre astronomía y ciencias relacionadas, considerando temas como la visión de los pueblos originarios, igualdad de género, capacidades diferentes y vulnerabilidad social, entre otros.

**R1.3** - Crear una base de datos en línea de programas ejemplares en la EDP de la astronomía desarrollados en Chile.

**R1.4** - Crear un listado de material o recursos sobre astronomía de alta calidad desarrollado en otros países, traducirlo al español y ponerlo en línea para la comunidad de EDP de la astronomía. Esto se podría complementar con un Centro de Traducción Virtual para Recursos de Educación en Astronomía que además contribuya al posicionamiento de Chile en el exterior como referente para la educación y difusión de la astronomía.

**R1.5** - Crear colecciones regionales de equipamiento móvil que puedan itinerar entre escuelas de enseñanza básica y media, y que cuenten con la curadería del área de educación y difusión de una institución vinculada a la astronomía. Se recomienda establecer un centro de recursos astronómicos en cada región de Chile dotado del personal necesario para la óptima administración de estos recursos.

**R1.6** - Desarrollar cursos gratuitos en línea y en español para escolares y docentes que puedan ser completados al ritmo de cada participante.

**E1.1** - Promover alianzas dentro de la sala de clases entre astronomía y otras materias como inglés, historia, arte, literatura y educación física.

**E1.2** - Crear programas de desarrollo formal de profesores en astronomía a través del Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP) del MINEDUC. Para esto se requiere un rol más activo del Gobierno en la coordinación, evaluación y financiamiento de estos programas así como en el fortalecimiento del currículum escolar en astronomía.

**E1.3** - Estudiar más a fondo la posibilidad de implementar colaboraciones estudiante-maestro-científico en Chile, con el apoyo de CONICYT, universidades, observatorios científicos y centros de enseñanza secundaria. Una forma es dedicar una pequeña fracción del tiempo de observación disponible en los observatorios profesionales, tanto en Chile como en el extranjero, para este fin.

### Capítulo 2. El Rol de los Planetarios, Museos, los Centros de Investigación y Desarrollo Científico y de la Educación No Formal en la Educación y Difusión de la Astronomía

En este capítulo se discute cómo aumentar la valoración de la astronomía como imagen país y motor de desarrollo social y económico. En este sentido, se analiza cómo llevar la educación de la astronomía a espacios no tradicionales, cómo involucrar a los medios de comunicación, autoridades y observatorios científicos en esta tarea y cómo aprovechar de un modo más eficiente las oportunidades de financiamiento para estos programas.

**R2.1** - Incorporar el requisito de interdisciplinariedad en las oportunidades de financiamiento ofrecidas por el Gobierno para la difusión y educación de la astronomía. Los recursos para divulgación científica, generalmente escasos, requieren que distintos actores unan fuerzas para alcanzar mayor impacto.

**R2.2** - Crear programas de difusión y educación dirigidos a las comunidades locales que potencien el contacto directo con público de todas las edades, así como programas virtuales de difusión y educación de la astronomía que tengan un mayor alcance, tanto a nivel nacional como internacional.

**R2.3** - Crear y promocionar un programa de Clubes de Astronomía en colegios, aportando materiales de calidad y entregando algún tipo de reconocimiento o certificación. Para ello es necesario, además, crear nodos de comunicación y seguimiento capaces de conectar a científicos profesionales con los clubes escolares.

**R2.4** - Crear la categoría de "Embajadores Astronómicos" para estimular que expertos en este campo visiten distintas comunidades que normalmente no tienen acceso a estos contenidos.

**R2.5** - Proveer capacitación en habilidades comunicacionales para estudiantes universitarios y expertos en astronomía y ciencias relacionadas interesados en la divulgación.

**R2.6** - Educadores, desarrolladores y las agencias de financiamiento, tanto de las comunidades educativas formales y no formales, debiesen trabajar juntos para identificar herramientas existentes, o crear nuevos instrumentos que hagan accesible a todos las maravillas del Universo, incluida la población en situación de discapacidad.

**E2.1** - Entregar créditos universitarios para cursos y programas en EDP para estudiantes de Astronomía, Física y ciencias afines. Sería deseable que las universidades o centros de investigación y desarrollo científico buscaran formas de estimular este tipo de divulgación.

**E2.2** - Crear nuevos espacios públicos o privados, tales como planetarios, observatorios, museos, parques o plazas, para la divulgación y educación no formal de la astronomía en regiones, especialmente en zonas que no cuentan con la presencia masiva de observatorios científicos o turísticos.

### **Capítulo 3. El Rol de los Observatorios Científicos Internacionales en la Educación y Difusión de la Astronomía**

En este capítulo se abordan temas relacionados con el fortalecimiento de la cultura científica y las carreras STEM a través de la promoción de los descubrimientos generados por los observatorios científicos. También se exploran mecanismos para potenciar el impacto positivo de los observatorios en sus comunidades locales.

**R3.1** - Coordinar reuniones anuales de los grupos de EDP de los observatorios científicos a fin de establecer oportunidades de colaboración que eviten duplicar esfuerzos y/o competir por los mismos fondos. Este esfuerzo debe ser acompañado de una relación continua y periódica de estos actores.

**R3.2** - Conseguir que la reunión anual de la SOCHIAS extienda su participación a los profesionales de EDP de los observatorios científicos.

**R3.3** - Organizar una reunión anual de profesores para capacitarlos en astronomía y proporcionarles materiales.

**R3.4** - Promover canales de comunicación con el Ministerio de Educación para lograr que el sistema educacional chileno dé cuenta de la importancia de la astronomía para Chile.

**R3.5** - Identificar los materiales y modelos de conducta más idóneos para mostrar a las carreras de STEM de forma más atractiva.

**R3.6** - Hacer más explícito en los programas de educación que las carreras STEM ofrecen múltiples oportunidades para los jóvenes.

**R3.7** - Aumentar la presencia de los observatorios profesionales en las redes sociales.

**R3.8** - Potenciar productos en español y de nivel internacional, desarrollados por los observatorios profesionales, para apoyar iniciativas de EDP de la astronomía entre audiencias chilenas.

**R3.9** - Participar de alianzas institucionales para evaluar programas/materiales/recursos de alto impacto y mejorar prácticas en la EDP de la astronomía, con la finalidad de alcanzar audiencias más amplias.

**R3.10** - Desarrollar un trabajo interdisciplinario entre la Astronomía y otras ciencias, como la Biología y la Medicina, para crear conciencia en torno al problema de la contaminación lumínica.

**R3.11** - Promover, entre aquellos observatorios científicos que todavía no han incorporado un sistema regular de visitas a sus instalaciones, que abran sus puertas a las comunidades locales y al público nacional y extranjero.

**E3.1** - Aumentar las visitas a los observatorios profesionales.

**E3.2** - Apoyar un capítulo chileno de la IDA y de la Iniciativa Europea *Starlight*. También se recomienda dotar de otro recurso humano a la OPCC, que actualmente solo cuenta con un profesional.

**E3.3** - Desarrollar programas educativos para colegios que difundan las normativas de protección de cielos y radiofrecuencias (RFI) entre estudiantes y profesores, así como prácticas universitarias de pregrado, grado y nivel técnico en temas de contaminación lumínica y RFI.

**E3.4** - Crear una estrategia para fortalecer los programas de los observatorios científicos en torno a la protección de cielos oscuros y RFI, y su relación con los responsables y ejecutores de políticas públicas.

**E3.5** - Desarrollar reuniones coordinadas entre los equipos de EDP de los observatorios profesionales, con diversas instituciones como Programa Explora de CONICYT, Ministerio de Educación, CONADI y SENAME o INJUV, entre otras, para evaluar cómo potenciar programas individuales ofrecidos por los observatorios para acercar la astronomía a diversas audiencias (pueblos originarios, grupos vulnerables, jóvenes, etc.), a través de una colaboración entre todos los participantes.

### **Capítulo 4. El Rol de las Universidades en la Educación y Difusión de la Astronomía**

En este capítulo se destaca el rol de las universidades nacionales como referentes de la calidad y formación de los educadores, y se exploran alternativas para fortalecer su participación en la EDP de la astronomía y en la promoción de políticas públicas orientadas al desarrollo de la astronomía y las disciplinas relacionadas.

**R4.1** - Realizar salidas a terreno y diseñar actividades itinerantes que acerquen la astronomía a distintos públicos en diferentes zonas geográficas.

**R4.2** - Integrar de modo más efectivo a las universidades y la comunidad de EDP de la astronomía mediante estrategias coordinadas de difusión y divulgación de la astronomía en medios de comunicación, redes sociales y espacios públicos.

**R4.3** - Otorgar facilidades a los académicos para realizar divulgación, como también poder establecer una política de reconocimiento académico por la realización de dichas actividades.

**E4.1** - Posicionar a Chile como un referente mundial de recursos útiles para la EDP de la astronomía. Las universidades chilenas están en condiciones de generar una “industria” para la educación y difusión de la astronomía, capaz de apoyar el desarrollo de materiales educativos originales así como la adaptación y traducción de materiales generados en otros países.

**E4.2** - Impulsar propuestas que aumenten los contenidos de astronomía en la malla curricular de carreras como Pedagogía en Ciencias, Periodismo y Turismo, entre otras, para que sus egresados tengan una base que les permita incorporar esta ciencia en su ejercicio profesional.

**E4.3** - Crear un certificado universitario adicional o programas de diplomados en EDP de la astronomía, especialmente en instituciones regionales.

## **Capítulo 5. El Rol del Astroturismo y de los Observatorios Municipales y Turísticos en la Astronomía**

En este capítulo se discute cómo posicionar a Chile como destino astroturístico de excelencia a nivel mundial, aumentando la cantidad y calidad de la oferta actual. También se analiza el rol del astroturismo en la EDP de la astronomía, así como en la sensibilización sobre el problema de la contaminación lumínica y la protección de los cielos oscuros.

**R5.1** - Desarrollar un trabajo conjunto con todos los actores del sector, para diseñar e implementar un programa de formación para guías de astroturismo en Chile.

**R5.2** - Ofrecer cursos de inglés para fines específicos a guías de turismo y actores asociados al astroturismo.

**R5.3** - Generar y mantener instancias de trabajo entre las instituciones públicas turísticas de Chile (Subsecretaría de Turismo y SERNATUR), los actores vinculados a la astronomía (grandes observatorios científicos y universidades) y la industria del turismo en general.

**E5.1** - Incrementar la participación de los observatorios profesionales en el sector, mejorando sus actuales programas de visitas y estudiando alternativas para aumentar el número de visitas a sus instalaciones (las que resultan de gran atractivo para el público general, nacional e internacional).

**E5.2** - Desarrollar estudios que permitan actualizar anualmente las cifras de visitantes obtenidas en el marco del proyecto “Astroturismo Chile”, de modo de contar con información relevante para la toma de decisiones públicas, científicas y turísticas, en cuanto al desarrollo del astroturismo.

## **Capítulo 6. Apoyo a los Programas en Chile de Educación y Difusión de la Astronomía**

Entre los aspectos analizados en este capítulo se destacan las sugerencias para hacer más efectivos los procesos de postulación a los recursos existentes y generar nuevas oportunidades de apoyo. También se sugiere reforzar las capacidades de diseño de proyectos y gestión de fondos.

**R.6.1** - Establecer un diálogo formal entre la comunidad encargada de la difusión y educación de la astronomía y el sector privado, fundaciones filantrópicas chilenas y extranjeras, líderes de opinión en ciencia y responsables de políticas públicas para generar nuevas posibilidades de financiamiento.

**R.6.2** - Ampliar el perfil de los solicitantes que pueden postular a financiamiento para la EDP de la astronomía, permitiendo, por ejemplo, la postulación de profesores de establecimientos educacionales o de instituciones públicas como municipalidades y juntas de vecinos, entre otros.

**R.6.3** - Crear y mantener actualizada una guía para oportunidades de financiamiento y organizaciones que ofrecen apoyo, así como capacitación en EDP de la astronomía.

**R.6.4** - Creación de capacitación, a través de talleres y guías, para el diseño de propuestas exitosas.

**E.6.1** - Incluir en el PAI de CONICYT, la opción de que becados que retornan al país puedan trabajar en organizaciones de EDP de la astronomía. Además, se propone expandir las prácticas profesionales en instituciones vinculadas a la astronomía para estudiantes de carreras como Periodismo, Computación, Diseño, Publicidad y Administración.

**E.6.2** - Premiar la evaluación de propuestas de proyectos que reflejen asociaciones institucionales y actividades multi-temáticas.

**E.6.3** - Modificar las políticas de financiamiento existentes en los fondos concursables, para posibilitar que las propuestas seleccionadas de difusión y educación de la astronomía con una duración de largo plazo, sean automáticamente renovables.

**E.6.4** - Priorizar la protección de los cielos oscuros en los concursos a fondos. Se debe explorar la posibilidad de abrir líneas de financiamiento específicas para la protección de cielos oscuros a través del Fondo de Protección Medioambiental del ministerio de esta área.

**E.6.5** - Impulsar el desarrollo del astroturismo y de su capital humano a través de fondos concursables de instituciones como CORFO o CONICYT, entre otras.



**E6.6** - Incluir a expertos en EDP de la astronomía en los comités que evalúan postulaciones a financiamiento en estas áreas. Su participación puede ser como consultores externos o evaluadores.

**E6.7** - Crear un modelo de coordinación eficiente que permita la participación de observatorios profesionales en la evaluación y diseño de estrategias, programas y acciones nacionales de EDP de la astronomía implementadas por el Gobierno de Chile. Un incentivo adicional sería reservar un porcentaje de los fondos ALMA-CONICYT, GEMINI-CONICYT y Comité Mixto ESO-Chile a proyectos de EDP de la astronomía.

**E6.8** - Explorar la creación de espacios regionales para el desarrollo de EDP de la astronomía, como centros de visita y planetarios, y/o incentivar el uso de espacios existentes como museos, parques, plazas y otros.

## **Capítulo 7. Métricas de Evaluación de los Programas de Educación y Difusión de la Astronomía**

En este capítulo se hace hincapié en la relevancia de las métricas de evaluación de los programas de EDP de la astronomía y se exploran alternativas para mejorar las capacidades de elaboración y gestión de proyectos, mediante la incorporación de métodos de evaluación de impacto.

**R7.1** - Generar programas de capacitación y talleres que ayuden a implementar correctamente métricas de evaluación en programas de EDP de la astronomía.

**R7.2** - Crear una librería de recursos en línea, basada en fuentes nacionales e internacionales, que contenga las mejores prácticas en métricas de evaluación en EDP de la astronomía, en un formato accesible y en español.

**R7.3** - Garantizar que las métricas de evaluación consideren variables como la diversidad cultural de los programas de EDP de la astronomía, en particular en el diagnóstico de programas para las comunidades indígenas.

**E7.1** - Establecer alianzas con entidades a cargo de la divulgación de la astronomía en diferentes países, además de organizaciones internacionales, para crear oportunidades de intercambio y capacitación en métricas de la evaluación.

**E7.2** - Incorporar como área de financiamiento en los fondos concursables existentes la traducción y publicación de recursos internacionales de alta calidad en temas de métricas de la evaluación para la EDP de la astronomía.

### **Consideraciones especiales**

Es importante mencionar que los capítulos que se presentan a continuación reflejan las opiniones de quienes participaron en las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía. No es pretensión de quienes elaboraron este documento, presentarlo como el único camino para alcanzar los desafíos planteados, sino más bien como un primer intento por aunar esfuerzos hacia un objetivo común.

El orden en que aparecen las recomendaciones y las áreas de exploración tampoco corresponde a una escala de importancia o propuesta de priorización, sino más bien a un resumen, lo más exhaustivo posible, de aquellos acuerdos alcanzados por los distintos grupos de trabajo.

Quienes han liderado esta iniciativa, esperan continuar desarrollando una serie de reuniones anuales que apoyen la implementación de las recomendaciones aquí presentadas, así como la incorporación de otras organizaciones e individuos que compartan el deseo de convertir a Chile en un referente de excelencia en la educación y difusión de la astronomía. **Alcanzando las Estrellas: Hallazgos de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía** no es el final del camino, sino el comienzo de un esfuerzo mancomunado para alcanzar el desarrollo cultural, humano y social a través de la astronomía.

## Capítulo 1

# Educación y Difusión de la Astronomía en la Educación Básica y Media



*Participantes del ACEAP visitan la escuela de Toconao para aprender sobre los principales observatorios científicos estadounidenses en Chile y sus programas de difusión en colegios de comunidades aledañas. ACEAP es una colaboración entre AUI y NRAO y los observatorios NOAO y Gemini-Sur (administrados por AURA); y es financiado por la NSF. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*

## Resumen

Las opciones profesionales y el desarrollo económico nacional, se benefician de áreas de la educación vinculadas con las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas (STEM). La astronomía, por su parte, es una de las ciencias que presenta una mayor motivación del ser humano por estas cuatro áreas, ya que su desarrollo conlleva el entendimiento en distintas materias vinculadas a cada uno de estos campos del conocimiento.

Mediante una sólida política nacional que promueva la educación en las áreas de STEM, Chile puede realzar el impacto que la astronomía puede tener sobre el aprendizaje desde temprana edad y sobre el futuro de la ciencia y tecnología del país. Esta ciencia en específico es capaz de inspirar a nuestros niños para seguir una carrera en STEM, además de ser un generador de trabajo, incrementando oportunidades para empleos relacionados con estas cuatro áreas.

Un país con una ciudadanía educada en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, presenta una mayor competitividad global y una economía más sólida y más innovadora. La educación en estas áreas es una inversión, y dicha inversión comienza en las escuelas básicas.

Por último, es pertinente la agrupación de organismos directamente involucrados con el ámbito científico (observatorios, planetarios y centros científicos) con instituciones públicas, universidades y escuelas, para desarrollar un plan de difusión y educación sistemática y atingente, que involucre el respeto por los educadores como expertos en el tema pedagógico, tal como los científicos son vistos como expertos en su área disciplinar. De esta manera, se propiciará un diálogo colaborativo, donde todos los integrantes compartan sus áreas de experiencia en beneficio de la enseñanza de diversas temáticas STEM.

## Objetivos

- Aumentar el conocimiento y comprensión de los contenidos de la astronomía y ciencias relacionadas entre profesores de escuelas y estudiantes de educación básica y media.
- Utilizar la astronomía para motivar el estudio de las ciencias y el desarrollo de un pensamiento crítico entre los estudiantes de educación básica y media.
- Fortalecer herramientas y metodologías de enseñanza escolar de la astronomía y ciencias relacionadas.

## Estado actual de esta área en Chile

La enseñanza básica y media son etapas claves para la formación de una ciudadanía educada y participativa, y para sentar las bases de la educación universitaria y técnica, que

conlleven oportunidades profesionales y laborales, además de emprendimientos inovadores que contribuyen al desarrollo del país.

La astronomía es, probablemente, el área del conocimiento científico que presenta la mayor motivación para el ser humano debido a estar compuesta por diversos campos del STEM, estimulando desde muy pequeño al individuo en estas cuatro áreas y desarrollando sus habilidades en ellas. Así, entre otros campos, la enseñanza de la astronomía en la educación básica y media, requiere un entendimiento de las Matemáticas, la Física, diversas tecnologías y hasta del medioambiente (si consideramos la relevancia de la protección de los cielos oscuros para el desarrollo de la investigación astronómica).

Una de las principales razones por las que los escolares a menudo evitan las Matemáticas y las Ciencias es la falta de confianza en sí mismos y la percepción de que no pueden tener éxito en su estudio. Por ello, hay que encontrar la manera de reforzar su confianza, y ofrecer a los estudiantes experiencias en estas áreas en las que puedan alcanzar logros, y la astronomía podría ser la respuesta. Específicamente, esta ciencia es inspiradora e interesante, y puede motivar a los estudiantes a querer saber más sobre ella y sus investigaciones. Así, se puede usar la curiosidad natural del ser humano por la astronomía, para involucrar a los escolares en el aprendizaje de las Matemáticas y las Ciencias, y de esta manera aumentar la confianza en sus habilidades personales en estos campos.

El reforzamiento de la curiosidad de los escolares a través de la astronomía es un factor que se puede además fortalecer a través de la utilización de equipos remotos durante el día, y así cumplir con el involucramiento más simple de los estudiantes durante su jornada escolar. Para ello existen recursos que trabajan la astronomía solar, la radioastronomía, telescopios y archivos de datos accesibles en línea en todo el mundo y las colaboraciones con observatorios comunitarios y turísticos; que hacen que sea posible que los estudiantes participen en una amplia variedad de experiencias de aprendizaje durante el día y por la noche, desde su hogar.

La astronomía, por otra parte puede proporcionar grandes oportunidades para incrementar las habilidades en el desarrollo de procesos científicos y el pensamiento crítico entre los estudiantes. Cuando pensamos en las cuatro áreas de STEM presentes en la astronomía, entendemos que es una oportunidad para que los estudiantes aprendan mejor al ver y analizar las conexiones y procesos entre lo que están aprendiendo en estas materias específicas. Pero la astronomía también se puede utilizar para mejorar las experiencias de aprendizaje interdisciplinario de una mayor variedad de asignaturas que las que comprende STEM; como es por ejemplo el lenguaje, la historia y la diversidad cultural de un país, entre otras.

Teniendo en cuenta estos aspectos sobre la relevancia de la astronomía en cuanto herramienta de apoyo al aprendizaje escolar y lo trascendental de acercar esta ciencia a los escolares chilenos, existen en nuestro país situaciones particulares que impiden el normal flujo en esa dirección.

Si bien se ha establecido una colaboración educativa entre los observatorios astronómicos presentes en Chile -científicos, municipales y turísticos- y las comunidades cercanas a ellos, aún falta reforzar la enseñanza de la astronomía dentro de la estrategia nacional para la educación básica y media. No sólo se debe promover la colaboración de las escuelas con los observatorios, sino con las universidades, los planetarios y los centros científicos; considerando esencialmente el apoyo al Currículum Nacional del Ministerio de Educación para estudiantes de educación básica y media en Chile.

Como antecedente del reforzamiento requerido en la enseñanza de la astronomía en las escuelas, hay que mencionar que esta ciencia se incluye en el currículum nacional (ver cuadro 1), aunque no en un gran número de asignaturas, por lo que aún queda mucho por mejorar e implementar. La flexibilidad que poseen los establecimientos educacionales públicos (municipales y particulares subvencionados) y privados en el país, en la enseñanza de los contenidos de esta malla, les da libertad en el diseño de planes y programas educacionales, lo que condiciona una presencia relativa de la astronomía en los contenidos curriculares impartidos en ellos.

Cabe señalar que la Ley General de Educación, obligatoria para todos los establecimientos educacionales, determina en su artículo 1º la existencia de derechos y deberes de los integrantes de la comunidad educativa, la importancia de requisitos mínimos a exigir en cada nivel de educación, la supervisión del Estado en su cumplimiento y la fiscalización de los establecimientos educacionales que garanticen un sistema educativo igualitario y de calidad.<sup>8</sup>

De acuerdo a esta ley, el Ministerio de Educación debe elaborar planes y programas de estudio obligatorios para aquellos establecimientos que no cuenten con los propios, y que hayan sido aprobados por el Ministerio como concordantes a las bases curriculares o a los objetivos fundamentales y contenidos mínimos establecidos.<sup>9</sup>

Un segundo aspecto que determina la baja consideración de la astronomía en el currículum escolar, tiene que ver con los contenidos relacionados con esta área al interior de la prueba SIMCE, donde se observa un déficit en la evaluación de esta temática. Esta prueba -creada en 1988 con la intención de evaluar los resultados de aprendizaje escolar-, según consigna el sitio web de la Agencia de Calidad de la Educación del Gobierno de Chile, busca contribuir al mejoramiento de la calidad y equidad de la educación.

---

<sup>8</sup><http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1006043>.

<sup>9</sup>[http://www.cned.cl/public/secciones/SeccionEducacionEscolar/apelaiones.aspx#PregEE\\_11](http://www.cned.cl/public/secciones/SeccionEducacionEscolar/apelaiones.aspx#PregEE_11).

Cuadro 1:

ASTRONOMÍA EN CURRÍCULUM NACIONAL DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE CHILE <sup>10</sup>		
<b>EJE TEMÁTICO</b>		
Ciencias de la Tierra y el Universo		
<b>ASIGNATURA</b>	<b>GRADO O NIVEL</b>	<b>EJE</b>
	Pre-Kínder	Relación con el Medio Natural y Cultural
	Kínder	Relación con el Medio Natural y Cultural
Ciencias Naturales	1° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Ciencias Naturales	2° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Ciencias Naturales	3° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Ciencias Naturales	4° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Ciencias Naturales	5° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Ciencias Naturales	6° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Ciencias Naturales	7° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Ciencias Naturales	8° Básico	Ciencias de la Tierra y el Universo
Física	2° Medio	La Tierra y el Universo: una visión del sistema solar
Física Electivo / Física Mecánica	3° Medio	
Física	4° Medio	El origen y la evolución del Universo

<sup>10</sup><http://www.curriculumnacional.cl>

El SIMCE complementa el análisis que realiza cada establecimiento educacional a partir de sus propias evaluaciones, considerando lo aprendido por los estudiantes, junto a los desafíos y fortalezas de las estrategias de enseñanza <sup>11</sup>. Para ello, específicamente en el área de ciencias vinculadas a la astronomía, sólo informa de los logros de aprendizaje de los estudiantes de 8° básico, relacionándolos con el contexto escolar y social en el que estos aprenden. Ya que las ciencias vinculadas con la astronomía no son evaluadas en todos los cursos por esta herramienta, se puede evidenciar un grado de deficiencia en la relevancia de esta área para las estrategias públicas de enseñanza.

Un tercer aspecto que influye en la baja consideración de la astronomía en la malla escolar, está vinculado con la baja o nula presencia del área de astronomía dentro de las mallas de formación profesional de los futuros pedagogos en Chile, acrecentado por el hecho que las universidades locales no adhieren a un estándar que permita delinear los contenidos científicos vinculados a ella a lo largo de estas carreras.

Un último aspecto que condiciona la limitada presencia de esta ciencia en el currículum nacional tiene que ver con la no obligatoriedad de que la totalidad de los docentes, durante el ejercicio de su carrera, sean sometidos a evaluaciones que midan el dominio estandarizado de sus conocimientos en diferentes áreas, incluyendo, por supuesto, la de astronomía. Así, dos de las evaluaciones más populares en el ámbito docente existentes en la actualidad -la Evaluación Docente y la Evaluación Inicia-, son aplicadas solo a los profesores de establecimientos municipales (la primera) y de rendición voluntaria para egresados de pedagogía (la segunda).

Tomando en consideración este escenario, los educadores han debido sortear las limitadas oportunidades para lograr integrar la astronomía en los contenidos curriculares. Al respecto, y como se verá en el siguiente punto, los profesores cuentan con actividades adicionales de apoyo pedagógico ofrecidas por diversas instituciones nacionales y extranjeras ligadas a la astronomía, para así integrar esta ciencia a la enseñanza básica y media. A estas oportunidades se suman recursos en línea para educar en astronomía, caracterizados por una amplia oferta y diversidad de material. Muchas de estas iniciativas reflejan alianzas, apoyo en contenidos, mejores prácticas y capacitación docente, en las que participan diversos países.

## Programas ejemplares para apoyar la enseñanza escolar de la astronomía en Chile

Existen algunas iniciativas ejemplares de apoyo a la enseñanza de la astronomía en el ámbito de la educación básica y media. Algunas de ellas han alcanzado un gran impacto en sus audiencias:

### **GTTP:**

El Programa de Entrenamiento para Docentes “Galileo” (GTTP), es un curso de capacitación diseñado para enseñar a

docentes de ciencias el uso de materiales y recursos interdisciplinarios (imágenes, telescopios ópticos y radioastronómicos en Internet, cámaras web, teléfonos celulares, ejercicios de astronomía, planetarios en línea y software didácticos astronómicos de uso gratuito). Luego de su entrenamiento, los profesores traspasan estos contenidos a sus alumnos y también capacitan a otros profesores.

GTTP está presente en alrededor de 100 países y su representante en Chile es AUI -institución representante de la fracción norteamericana del observatorio ALMA-, que posee una alianza académica con la Universidad de California, Berkeley. AUI, a su vez, avala iniciativas de entrenamiento de otras instituciones locales con contenidos de este programa (como es el caso de las Escuelas Astronómicas de Invierno, a cargo de la Unidad de Astronomía de la Universidad de Antofagasta).

Seis talleres organizados por AUI en Chile han capacitado a cerca de 170 docentes de todo el país, provenientes de las áreas de Ciencias y Física de educación básica y media, beneficiando a 13.000 estudiantes de escuelas públicas, semi-públicas y privadas. Su alcance llegó inclusive a educadores de zonas extremas tales como Punta Arenas, Puerto Natales y Puerto Williams, becados para cursar este entrenamiento por la Embajada de los EE.UU en Chile, en un gesto colaborativo.

El seguimiento a los usos dados por los profesores capacitados, indica que los contenidos enseñados han sido vinculados a iniciativas educativas en que han participado algunos de los docentes entrenados. Este es el caso de profesores capacitados en Calama y Antofagasta, quienes, junto a sus alumnos, han asistido a eventos astronómicos como campamentos, congresos de astronomía y ferias nacionales e internacionales, en las que, además, han ganado los primeros lugares. Docentes entrenados han implementado talleres de astronomía en el currículum formal del Instituto Científico Educacional José Maza Sancho de Antofagasta y de la Escuela G-130 Baquedano, estos últimos gestados en colaboración con la Unidad de Astronomía de la Universidad de Antofagasta, la que los ha apoyado mediante la organización de campamentos regionales de astronomía en los últimos tres años.

R1.1: Potenciar la actual Red de Profesores de Astronomía a nivel nacional, con el propósito de planificar, ejecutar y evaluar acciones que involucren la participación de docentes y sus alumnos; además de interactuar con actores que representen a instituciones gubernamentales y no-gubernamentales, observatorios y expertos científicos universitarios, entre otros. Es posible fortalecer esta red creando alianzas entre colegios cercanos dentro de una región o comuna, para así impulsar el currículum de sus profesores y las materias que enseñan, potenciando una mejora continua entre los docentes.

<sup>11</sup><http://www.agenciaeducacion.cl/simce/que-es-el-simce/>.



## Proyecto GAVRT:

Hace casi diez años que se gestionó un proyecto de radioastronomía en el Colegio San Pedro de Concepción, que permite a sus estudiantes operar un radiotelescopio ubicado en California, EE.UU. Una iniciativa que favorece el aprendizaje transversal, y que incluye materias de Ciencias, Matemáticas, Física e Inglés. En el año 2008 se concretó mediante un acuerdo de divulgación científica con Caltech, el LCER y el JPL, en alianza con el Proyecto GAVRT de la NASA, ello con el objetivo de utilizar estas instalaciones para fines educacionales. En esta iniciativa enmarcada en el área EPO, profesores del Colegio San Pedro de Concepción participaron en capacitaciones en los EE.UU. Como reconocimiento de su trabajo, el colegio ha viajado a los EE.UU. dos veces con invitación de la NASA para presenciar el lanzamiento y luego el regreso del satélite JUNO.



Foto: Programa GTTP. Crédito: Sergio Cabezón, AUI/NRAO/NSF.

## StarTeachers:

Desarrollado en 2005, el programa *StarTeachers* del observatorio Gemini-AURA consistió en seleccionar tres profesores de Hawái y tres de Chile, para que unidos generaran modelos de trabajo que luego serían testeados por sus respectivos alumnos durante un año. Los profesionales viajaban al territorio contrario y se comunicaban por videoconferencia con sus alumnos para que estos los observaran en su interacción con los profesores de la otra nación. Este programa se realizó en dos ocasiones y, al igual que todos los que se realizan en Gemini, tenía financiamiento de la NSF.

*StarTeachers* benefició a más de 2.000 escolares de siete colegios de cada país y lo implementado se recopiló en un CD donde los profesores dejaron un "legado" de actividades para compartir. Las copias se entregaron a la Biblioteca Pública de La Serena.

## Congresos de Astronomía:

En las regiones de Antofagasta y del Biobío, entre otras, se desarrollan congresos de astronomía. Antofagasta suma ocho congresos donde alumnos de 100 establecimientos de

enseñanza básica y media de distintos colegios del país, han desarrollado habilidades de pensamiento científico y más de 20 proyectos; a lo menos mil escolares han participado de manera indirecta en estos congresos, mediante la asistencia a clubes de astronomía.

En la región del Biobío, la Universidad de Concepción y CATA han colaborado en la realización de un programa de congresos estudiantiles desde 2013. Este consta de dos categorías: básica, para alumnos de 6º a 8º básico; y media, para estudiantes de 1º a IIIº medio, de establecimientos educacionales públicos, privados y subvencionados de la región. El congreso estimula a los estudiantes a participar en proyectos de investigación astronómica durante el año, incluyendo la supervisión de astrónomos.



Foto: Congreso de Astronomía en Antofagasta. Crédito: Mónica Barraza, Club de Ciencias.

## Olimpiadas Nacionales de Astronomía y Astronáutica:

SOCHIAS junto a profesores de escuelas, organiza las Olimpiadas Nacionales de Astronomía y Astronáutica, abiertas a escolares y profesores de todo el país (sus primeras versiones fueron organizadas desde el Liceo Abate Molina de Talca, el que además ha ofrecido una constante colaboración a estas iniciativas). El alto nivel de sus ganadores los ha llevado a participar de las Olimpiadas Latinoamericanas de Astronomía y Astronáutica, donde un alumno chileno recibió medalla de oro. Esto también ha incidido en el alto puntaje de estos estudiantes en la PSU de Ciencias, lo que ha permitido que cuatro de ellos estén estudiando Astronomía en prestigiosas universidades locales.

También la Región de Magallanes ha demostrado mucho interés, participando colegios de Punta Arenas, dando evidencia de que la astronomía es un tema atractivo aún fuera de las regiones donde existen infraestructura y programas que promueven y facilitan su difusión.

## Manual de Radioastronomía para profesores:

El observatorio ALMA lanzó un manual de radioastronomía destinado a facilitar la tarea de los docentes a la hora de enseñar a sus alumnos conceptos básicos de astronomía y radioastronomía. Este incluye una serie de actividades prácticas que el profesor puede desarrollar con sus alumnos

en el aula. El manual está disponible en español e inglés en el sitio web de ALMA ([www.almaobservatory.org/es/publicaciones](http://www.almaobservatory.org/es/publicaciones)).

Además, se han organizado talleres dirigidos por astrónomos de ALMA a profesores de educación básica y media en Chile para enseñarles a usar este manual. En total 231 profesores asistieron a los seis talleres realizados entre los años 2014 y 2015 para probar este material y luego divulgarlo entre los educadores. Este tipo de actividades sigue realizándose.



Ganadores de las Olimpiadas Nacionales de Astronomía y Astronáutica de visita en Cerro Tololo. Crédito: Olga Hernández.

### Estadias de escolares en el observatorio Las Campanas:

Desde hace varios años Las Campanas ha estado involucrado en actividades de difusión y educación con escuelas, a través de estadias de grupos de colegio en sus instalaciones. El observatorio ofrece estancias de una noche a los alumnos ganadores de la Feria Regional Escolar de Ciencia y Tecnología en Copiapó, junto con sus profesores; al igual que a los vencedores del Premio Euler de la Universidad de Santiago de Chile. Ya suman más de una docena de visitas de este tipo.

### Talleres para reforzar el aprendizaje de ciencias entre escolares:

El Departamento de Astronomía de la Universidad de Concepción (UdeC) fortalece el trabajo en aulas de conceptos científicos mediante talleres creados para diferentes niveles escolares. Cada taller es dictado por monitores del Equipo de Divulgación Astronómica, integrado por alumnos del Departamento de Astronomía de la Universidad. Los talleres tienen una componente teórica y otra práctica, para hacerlos lúdicos y de fácil recepción por parte de los estudiantes. En 2015 asistieron 1.610 escolares a ellos.

La Unidad de Astronomía de la UA, con académicos que han manejado cerca del 90% de los proyectos de educación astronómica en la Región de Antofagasta, mantiene una serie de programas educativos cuyo foco principal son estudiantes y profesores. Algunos ejemplos de estos

programas son la Escuela Astronómica de Invierno, el programa Astronomía en el Aula, la consolidación del proyecto Centro de Innovación Educativa, y otras instancias que han permitido llegar, directa e indirectamente, a miles de escolares cada año.

R1.2 Incorporar el patrimonio cultural y la diversidad en el material de clases relevante para la astronomía y las ciencias. Se debe incentivar el encuentro con otras culturas directamente vinculadas a la astronomía, ya que amplía la mirada de los alumnos de establecimientos educacionales y fomenta su entusiasmo para estudiar y dialogar con otras culturas, enriqueciendo su vida en un mundo cada vez más globalizado.



"Día del Asteroide", taller con alumnos de la Alianza Francesa de Concepción. Crédito: Marlory Fuentes, Depto. de Astronomía, UdeC.

### Enseñar con Telescopios:

CTIO ha difundido el programa Enseñar con Telescopios, de NOAO, que nace de la oportunidad de contar con telescopios económicos llamados Galileoscopios, creados en conjunto por Stephen Pompea (jefe del Departamento de Educación y Difusión de NOAO) y colaboradores del Año Internacional de la Astronomía, celebrado en 2009. El programa, que introduce a los participantes en tópicos de óptica básica y astronomía, consiste en talleres en los cuales a los educadores se les enseña a ensamblar pequeños telescopios de producción masiva (Galileoscopios), y un plan de observación. Entre 2010 y 2012 se realizaron más de 300 talleres, distribuyendo los 1.500 Galileoscopios que CTIO adquirió para Chile.

### Sitio web de ALMA para escolares:

En la búsqueda de acercar la astronomía a los niños, para que entiendan lo descubierto sobre el Universo y cuál es el aporte de la radioastronomía y específicamente del observatorio ALMA, se lanzó *ALMA Kids* (<http://kids.alma.cl>), mini sitio web creado por este observatorio para los escolares. Un cómic, descubrimientos explicados en palabras simples, videos, juegos y un diseño lúdico, son parte de los contenidos de este espacio educativo. ALMA Kids se encuentra en español, inglés y chino (gracias a un esfuerzo conjunto con la Academia Sínica de Taiwán). Pronto se sumarán versiones en japonés y portugués.



En 2015 este sitio tuvo casi 30.000 visitantes, con un promedio mensual de 2.450 sesiones, o secuencias de páginas que el visitante recorrió durante su visita al sitio web.

R1.3: Crear una base de datos en línea de programas ejemplares en la educación y difusión de la astronomía en Chile. Esta propuesta podría asociarse a una universidad u otro centro de educación científica, y en su oferta sería similar a la base de datos *STEMWorks* en los EE.UU (<http://changetheequation.org/stemworks>). Este material se traduciría a otros idiomas para su uso en otros países, y así, contribuir al posicionamiento de Chile en el exterior como referente no solo para la investigación en astronomía, sino también como país productor de material y programas para la educación y difusión de la astronomía de alta calidad.



Sitio web "ALMA Kids". Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO).

### CADIAS:

En 2006 CTIO desarrolló CADIAS, que apoya a los profesores en el desarrollo de planes de estudios que incluyan la astronomía en clases desde kínder hasta la educación media. Contempla capacitación a profesores y alumnos, observación con los telescopios de Cerro Tololo, utilizando los conocimientos adquiridos por ambos grupos, y la creación de una biblioteca especializada en astronomía con más de 500 libros. Ha contado con la participación de más de 60 mil escolares y ha capacitado a cerca de 600 profesores.

R1.4: Crear un listado de material o recursos de astronomía de alta calidad en otros países, traducirlo al español y ponerlo en línea para tareas de difusión y educación. Esto se complementará con un Programa de Traducción Virtual para Recursos de Educación en Astronomía que permita aprovechar material existente de alta calidad que esté en otro idioma. Podría tratarse de un esfuerzo colaborativo entre universidades y entidades especializadas y otros públicos de interés locales, de los EE.UU. y de otros países. El foco principal del centro debiese ser la traducción de recursos de aprendizaje astronómico de alta calidad al español (programas escolares, sitios web, etc.).

### Programa de ALMA para mejorar la educación de la escuela pública de Toconao:

ALMA otorga apoyo educacional a la escuela pública de Toconao en las áreas de Ciencias e Inglés. Este observatorio ha impartido capacitaciones, seleccionado y financiado la contratación de docentes y construido infraestructura para ayudar al despegue de este programa. ALMA también ha entregado material didáctico y retroalimentación periódica sobre la implementación del programa a través de consultores especializados en educación. La iniciativa ha ayudado a mejorar los resultados de los alumnos de Toconao en los exámenes estandarizados nacionales y ha sido aclamado por profesores, apoderados y autoridades locales. Actualmente, la experiencia se está extendiendo a otras escuelas de la comuna a través de diversas iniciativas, con la colaboración de la Municipalidad de San Pedro de Atacama y otros socios estratégicos. Más de un millón de dólares han sido destinados a este programa desde su inicio en 2008.

### Ciudades Gemelas (Sister Cities):

Financiado por AUI, esta iniciativa busca promover prácticas de enseñanza y aprendizaje, así como experiencias de intercambio cultural entre profesores y alumnos de educación primaria y secundaria del Liceo Likan Antai C-30 de San Pedro de Atacama, en Chile y la Escuela Pública en Magdalena, Nuevo México, en EE.UU. Esta iniciativa beneficia a las comunidades escolares de Magdalena, cercana al Telescopio VLA, y de San Pedro de Atacama, en los alrededores del telescopio ALMA. La nueva versión de este programa apoya una vez más el programa de intercambio de estudiantes y profesores, sin embargo no solo enriquece la experiencia de lenguaje y cultura, sino que también se enfoca en el reforzamiento de la astronomía, las áreas STEM y el aprendizaje a través de la mutua colaboración. A la fecha se han realizado cinco intercambios de profesores y ocho de alumnos, de ambas escuelas.



Alumnos de la escuela secundaria de Magdalena visitando el observatorio ALMA. Crédito: S. Cabezón (AUI/NRAO/NSF).

### Problemas o necesidades existentes

Las principales necesidades en la vinculación de las áreas de la educación básica y media con la astronomía son las que se mencionan a continuación:

## **El conocimiento y comprensión de la astronomía se enfrenta a limitaciones en la formación universitaria y el contexto laboral que afectan a los profesores de educación básica y media en Chile:**

Durante la etapa de formación universitaria, existe una baja o nula presencia del área de astronomía dentro de las mallas de formación de los futuros pedagogos vinculados a la ciencia en Chile. Su formación académica adolece de un estándar en cantidad de horas de aprendizaje de la astronomía o áreas afines. Como mucho, la oferta de asignaturas vinculadas a esta ciencia o afines (como es el caso del área relacionada al tema del Universo), sería de un ramo en tan solo un semestre para la totalidad de algunas carreras (es el caso de Pedagogía en Educación Media en Física, de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y de Pedagogía en Educación General Básica con mención en Lenguaje y Comunicación y Matemáticas, de la Universidad Diego Portales).

Ya pasando a la etapa laboral, la administración del tiempo es un tema con el que los profesores luchan diariamente. Esto se puede dimensionar al convenir que estos profesionales ejecutan, en su horario de clases, actividades pedagógicas integrales para el aula, las que no son simples tareas adicionales<sup>12</sup>.

El aprendizaje y adopción de nuevas actividades o programas, de parte de los educadores, no es tarea fácil, y exige bastante tiempo. Las investigaciones indican que a los profesores comprometidos con el desarrollo profesional les lleva 30 a 100 horas, durante un período de seis a 12 meses, para que estas actividades tengan un efecto duradero en las prácticas educativas<sup>13</sup>. Y si pretendemos que incorporen nuevas tecnologías, se requerirán de tres a cinco años para que los profesores adquieran las habilidades necesarias para ser considerados usuarios efectivos de nuevas tecnologías en sus aulas<sup>14</sup>.

R1.5: Crear una colección móvil de equipamiento astronómico que rote entre colegios, y que cuente con la curaduría del área de difusión y educación de una institución vinculada a la astronomía. De esta manera, los colegios tendrán acceso a equipamiento de primer nivel que de otra manera no podrían solventar individualmente. En este sentido se recomienda establecer un centro de recursos astronómicos en cada región de Chile con el personal necesario para llevar adelante el desarrollo profesional y el equipamiento que pueda ser compartido entre escuelas básicas y medias. Esta propuesta podría asociarse a una universidad u otro centro de educación científica, que se encargue de verificar el uso de los recursos, amplitud de la convocatoria y transparencia en la administración de esta iniciativa.

## **La flexibilidad existente para impartir asignaturas en colegios públicos y privados disminuye la prioridad de enseñar astronomía:**

Según la Ley General de Educación en Chile, los establecimientos educacionales pueden elaborar sus propios

planes y programas de estudio, los cuales deben ser aprobados por el Ministerio de Educación en concordancia con las bases curriculares o los objetivos fundamentales y contenidos mínimos establecidos. De no contar con los propios, el colegio deberá ser obligatoriamente evaluado por los planes y programas elaborados por el Ministerio.

Se permite, así, una libertad institucional para el diseño de planes y programas educacionales en los colegios, lo que afecta la presencia de contenidos curriculares del área de astronomía, impartidos en algunos establecimientos. Este nivel de libertad está subordinado a aspectos administrativos institucionales a los que se acoge todo establecimiento educacional en el país, como son la Jornada Escolar Completa, el Proyecto Educativo Institucional, los Sellos Institucionales, la Subvención Escolar Preferencial, los Planes de Mejoramiento Educativos y los Talleres Extraprogramáticos.

R1.6: Desarrollar cursos gratuitos en línea y en español dedicado a los escolares y a los docentes, que avancen al ritmo de cada participante. Para ello se sugiere utilizar el material básico de apoyo a la educación que ofrecen sitios web implementados por observatorios profesionales en Chile. Se trata de textos, fotografías, videos y esquemas que se encuentran en idiomas español e inglés (en Recursos Adicionales).

## **Escasas condiciones tecnológicas para favorecer la educación en astronomía:**

Tener acceso en línea a medios de aprendizaje es muy importante para promover la educación básica y media. Existen cursos de astronomía en línea que pueden tomar profesores y alumnos. Además, hay simulaciones entretenidas que ayudan a los estudiantes a comprender los conceptos de la astronomía. Sin embargo, ya que el acceso a Internet varía a lo largo de Chile, al igual que los usos que se le da a esta red, la participación masiva en dichos cursos tiene algunos obstáculos.

Según un estudio de la Subsecretaría de Telecomunicaciones publicado en 2015<sup>15</sup>, el 70% de los chilenos (alrededor de 12 millones de personas) son usuarios de Internet, ubicándonos ocho puntos por debajo de países desarrollados. En tanto, los hogares conectados a esta red alcanzan un 67%, con el 70% de conexión en los urbanos y 42%, en los rurales. En cuanto a niveles sociales, comparativamente el estudio muestra que

<sup>12</sup>Lester, J. (2003). Planning Effective Secondary Professional Development Programs. *American Secondary Education*, 32(1), 49-61.

<sup>13</sup>Darling-Hammond, L., & Richardson, N. (2009). Teacher Learning: What Matters? *Educational Leadership*. 66(5), p46-53.

<sup>14</sup>Brinkerhoff, J. (2006). Effects of a long-Duration Professional Development Academy on Technology Skills, Computer Self-Efficacy, and Technology Integration Beliefs and Practices *Journal of Research on Technology Education*, 39(1), 22-32.

<sup>15</sup>Encuesta Nacional de Acceso y Uso de Internet, realizado por la Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile, 2015.

un 54% de los hogares del quintil más bajo de los chilenos posee conexión a Internet, versus un 86% en el quintil más alto.

Los principales usos de Internet en el hogar, según indicaron los encuestados, son la comunicación (93%) e información (81%). Estas áreas, junto a la recreación, son las de mayor interés para el segmento más vinculado al ámbito escolar (más del 50% de los usos de Internet para personas entre 15 y 29 años de edad). En cuanto a los niveles socioeconómicos, estos intereses a la hora de usar Internet, son los que mantienen las primeras posiciones entre los usuarios de los distintos quintiles.

De las 15 regiones del país, la Metropolitana, la de Magallanes y la de Antofagasta son las que poseen una menor brecha digital en relación al número de hogares conectados a Internet. En tanto siete regiones presentan una alta brecha digital, con hasta un 49% de hogares conectados en la Región de la Araucanía. Aun así, Chile es el país en Latinoamérica con más usuarios de Internet en proporción a su población.

## Áreas de Exploración Futura

Junto a las recomendaciones presentadas en este capítulo, diversos públicos de interés a lo largo de las comunidades vinculadas a la educación y difusión de la astronomía, debiesen explorar el potencial existente para la implementación de estas estrategias clave.

E1.1: Promover alianzas entre Astronomía/Ciencias e Inglés en las salas de clases, mediante el desarrollo profesional continuo de los profesores usando grados universitarios de Pedagogía en Ciencias. Para ello se debe incorporar a profesores de inglés en iniciativas de aprendizaje de la astronomía, para sensibilizar a los estudiantes acerca de la importancia de este idioma para esta ciencia y otras afines. En Chile existe un desafío tremendo en el ámbito del idioma inglés, su falencia opera como obstáculo para la aspiración a estudios científicos, becas y publicaciones, y la colaboración internacional, particularmente entre sectores menos privilegiados, poblaciones de regiones y egresados del sistema educacional público. Esto, además, vuelve a reiterar la transversalidad de la astronomía en relación a su vinculación con diversas asignaturas escolares. En este sentido existen muchas oportunidades para integrar la astronomía más allá de las Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, pudiéndose integrar con la Historia, el Arte y la Literatura, e, incluso, con la Educación Física.

E1.2: Crear programas de desarrollo formal de profesores en astronomía a través del Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP) del MINEDUC. El Gobierno podría tener un rol más activo coordinando programas de entrenamiento docente en astronomía, evaluarlos y destinar fondos para la capacitación de profesores (integrados en la programación formal de instrucción

impartidas por CPEIP o, dependiente del Ministerio de Educación).

Es importante que el Gobierno también pueda proveer de los instrumentos necesarios, el apoyo logístico y el financiamiento para que la astronomía sea incluida en los planes educativos, integrándola al currículum escolar. Esto aportará a la identificación del país con esta ciencia y a promover la imagen de Chile como capital de la astronomía mundial.

E1.3: CONICYT y las universidades, en colaboración con los observatorios y centros de enseñanza secundaria, deben estudiar más a fondo la posibilidad de implementar colaboraciones estudiante-maestro-científico en Chile, dedicando una pequeña fracción del tiempo de observación con telescopios profesionales. Como parte del acuerdo con sus socios internacionales, Chile y las instituciones locales reciben un porcentaje de tiempo de observación en los principales observatorios profesionales. Los observatorios turísticos y de la comunidad, también ofrecen tiempo de observación. Hay una fuerte evidencia de que fomentar la participación de profesores y estudiantes en las colaboraciones de investigación en astronomía, con astrónomos y estudiantes de post-grado, puede mejorar significativamente las prácticas pedagógicas de los profesores, el aprendizaje y el interés por las carreras de STEM en los estudiantes de enseñanza básica y media, y en los universitarios.

También existen oportunidades para colegios chilenos de operar telescopios en el exterior desde las aulas, tales como el programa de NRAO en sus instalaciones en Virginia Occidental, EE.UU.

## Recursos Adicionales

- [www.almaobservatory.org/es/publicaciones](http://www.almaobservatory.org/es/publicaciones): Sección del sitio web del observatorio ALMA, que posee versiones en inglés y español de publicaciones: libros y folletos que el observatorio ha desarrollado para la audiencia general; además del manual de enseñanza de astronomía para profesores. También cuenta con una sección que explica aspectos de la radioastronomía a los niños.

- [www.eso.org](http://www.eso.org): Posee folletos y manuales de entrenamiento para colegios traducidos a diversos idiomas.

- <http://redastropp.blogspot.cl>: Red de Profesores de Astronomía que entrega material y herramientas para la enseñanza de la astronomía en el colegio.

- [www.educarchile.cl](http://www.educarchile.cl): Portal web de educación que entrega contenidos, sugerencias e información educacional a docentes, estudiantes, padres y apoderados. El sitio presenta problemas de actualización.

- [www.primeraluz.cl](http://www.primeraluz.cl): Página web creada a partir del proyecto del mismo nombre, en conjunto por el Gobierno



Regional de Antofagasta y la Universidad de Antofagasta, con apoyo de Minera Escondida. Difunde materiales educativos, enfatizando la mirada regional en temas de astronomía, por una extensión de al menos 10 años. A este recurso también se está sumando material audiovisual y material fotográfico.

- [www.handsonuniverse.org/software/](http://www.handsonuniverse.org/software/): Página de *Global Hands On Universe* donde se puede descargar uno de los dos programas más utilizados en la capacitación GTTP: SalsaJ.

- <http://nitarp.ipac.caltech.edu/>: NASA-IPAC Programa de Investigación de Archivos para Profesores, que reúne a astrónomos con profesores y estudiantes de educación media con la intención de vincularlos en verdaderos proyectos de investigación astronómica.

## Capítulo 2

# El Rol de los Planetarios, Museos, Centros de Investigación y Desarrollo Científico y de la Educación No Formal en la Educación y Difusión de la Astronomía



Talleres de Astronomía para niños en Cerro Calán. Crédito: Universidad de Chile, CATA.

## Resumen

En este capítulo se destaca que, a pesar de existir una comunidad de astrónomos nacionales muy entusiastas en la divulgación de este campo científico, y de que cada día hay más iniciativas que se implementan por personas, grupos de investigación y espacios públicos y privados que se pueden agrupar como educación no formal de la astronomía; no existe una política explícita que permita masificar estas iniciativas.

Esto, por lo demás, no permite que estos proyectos sean permanentes y tampoco posibilita crear nuevos espacios (públicos o privados), que den la sistematización y continuidad necesaria para crear una cultura “astronómica” nacional, y que las integre en una estrategia país.

En gran medida, esta ausencia obedece a la percepción de que la educación y difusión de la astronomía es atractiva pero no hace una contribución real al desarrollo de la nación. Con excepciones, la consideración de la astronomía como aporte al desarrollo real y con apreciaciones en políticas públicas, se vincula principalmente a su inserción en el currículum escolar, y no a la educación y difusión fuera del aula.

Los que sí impulsan la educación no formal en astronomía son los planetarios, museos y otros espacios de esta naturaleza, aliados potenciales para programas y proyectos de astronomía y fuentes de contenido, materiales y experiencias lúdicas.

## Objetivos

- Incrementar el interés del público general en la astronomía como producto que se identifica con el país.
- Promover entre el público general, el entendimiento del rol que juega la astronomía en el desarrollo económico de Chile.
- Generar conciencia acerca de la relevancia estratégica de la difusión y educación de la astronomía para el desarrollo del país entre el público general, los tomadores de decisiones y los medios de comunicación.
- Ampliar el aprendizaje de la astronomía a espacios no tradicionales y mediante metodologías de educación informal.
- Convertir los centros de investigación y desarrollo científico en un referente de validación para el público general de los descubrimientos de los observatorios científicos nacionales y extranjeros en Chile.
- Aumentar las oportunidades de postulación a fondos de financiamiento para actividades de difusión de la astronomía.

## Introducción

La *National Science Teachers Association* de Estados Unidos hizo, en 1998, una declaración pública que apoyaba los esfuerzos educativos de los museos y otros contextos educativos no formales, en la que se

reconocía que las experiencias no formales influyen en diversas e importantes áreas como la social, cognitiva y afectiva, de los estudiantes que las experimentan<sup>16</sup>.

En relación a lo anterior, en el marco de este documento se agrupará la misión de los planetarios, museos, centros de investigación y desarrollo científico y la educación no formal, precisamente en este último concepto. Así, se comprenderá por educación o aprendizaje no formal a "aquellos procesos de aprendizaje en contextos no formales (...) diferentes en muchos aspectos de aquellos asociados con la escuela. El aprendizaje no formal se caracteriza por su libre elección y por su falta de estructuración y secuenciación, así como por su carácter abierto, social y no sometido a pruebas formales de evaluación".<sup>17</sup>

## Programas ejemplares en esta área en Chile

Si bien en Chile hay una gran cantidad de proyectos que favorecen la educación y divulgación de la astronomía, se destacan en este documento cuatro iniciativas ejemplares. Dos pertenecen a instituciones dedicadas totalmente a la difusión: el Planetario de la Universidad de Santiago de Chile y el MIM; una tercera desarrolla acciones de educación no formal entre escolares: Programa Explora de CONICYT; y la última está dedicada a la investigación y la difusión: CATA.

El Planetario de la Universidad de Santiago de Chile -inaugurado en 1985-, recibe aproximadamente 150.000 visitas al año, y en la actualidad posee unos de los equipos de proyección más modernos del mundo. Posee una ubicación estratégica en la ciudad de Santiago, en la Avda. Libertador Bernardo O'Higgins, eje central de la capital, y cercano a una estación de metro con gran afluencia de público, como es Estación Central. Cuenta con una sala de proyección audiovisual de 20 metros de diámetro con 298 butacas, por lo que se clasifica dentro de los planetarios grandes del mundo.

El MIM, perteneciente a la Fundación Tiempos Nuevos dependiente de la Dirección Sociocultural de la Presidencia, se encuentra ubicado en la comuna de La Granja, uno de los sectores socio-económicamente vulnerables de la Región Metropolitana. Inaugurado en el año 2000, posee aproximadamente 7 mil metros cuadrados de exhibición y recibe anualmente a cerca de 400.000 personas, siendo el tercer museo más visitado de Chile.

Recientemente, el MIM habilitó un edificio perteneciente al museo y está en proceso de desarrollo museográfico con el objetivo de instalar un Pabellón de la Astronomía, denominado Espacio Universo, en una superficie de dos niveles que suman en total 700 metros cuadrados de exhibición interactiva. Lo anterior bajo la propuesta educativa del MIM, para acercar la ciencia de manera lúdica, interactiva y de exploración autónoma. Así, este proyecto busca dar a conocer la relevancia de la astronomía en nuestro país, principalmente, desde el punto de vista educativo. Con la intención de que esté terminado a fines de 2017, este pabellón representará una inversión de aproximadamente 1.500 millones de pesos y proyecta recibir cerca de 200 mil personas anualmente.

Por su parte, el Programa Explora de CONICYT fue creado en 1995 por esta última institución, y busca que niños y jóvenes en edad escolar se apropien de los beneficios de la ciencia y la tecnología, y así fomentar la cultura científica como un instrumento para mejorar la calidad de vida de los chilenos. Son diversas las iniciativas que ofrece para promover la ciencia y la tecnología en todo el país a través de sus PAR. Entre sus actividades destacan la Semana Nacional de la Ciencia, que ya suma 21 versiones y en las que participan todas las regiones, congregando el 2015, sólo en Santiago, a más de 30 mil visitantes; la realización de materiales de divulgación (entre los que se cuentan publicaciones, juegos, afiches de contenidos, charlas en video, tour virtuales de exposiciones, cápsulas de TV y documentales); y el Congreso Nacional Escolar de Ciencia y Tecnología, que congrega investigaciones científicas de escolares provenientes de establecimientos educacionales de todo el país, y que en el 2015 recibió a 53 delegaciones, además de México y Perú, en su versión décimo sexta.

R2.1: Incorporar en las oportunidades de financiamiento para la difusión y educación de la astronomía el requerimiento de que las propuestas postulantes demuestren características interdisciplinarias. Los recursos para divulgación científica suelen percibirse como escasos, dada la gran competitividad existente para acceder a estos fondos; es por ello necesario que universidades, centros y otras instituciones enfocadas en la difusión científica, colaboren en propuestas y programas que pueden postular de manera conjunta con más éxito, y que tengan mayor impacto gracias a la unión de estas fuerzas. De la misma manera, es deseable que las instituciones que difunden la astronomía puedan unirse con otros organismos -productoras, artistas y comunicadores audiovisuales, entre otros- para poder dar con productos novedosos y que puedan optar a tipos de financiamiento distintos a los usuales, como el Fondart o los fondos del Consejo Nacional de Televisión.

En tanto, el CATA -conformado por la Universidad de Chile/Cerro Calán, como institución responsable, y la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción, como instituciones asociadas-, es un programa científico de investigación que cuenta con un área específica enfocada en la divulgación y educación de la astronomía que funciona desde 2008 (y desde 2002, si se lo considera como el continuador natural del Centro de Astrofísica Fondap o Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias). CATA realiza difusión y educación de los resultados científicos obtenidos por sus astrónomos y de los avances de la astronomía en el mundo tanto dentro como fuera de Chile, a público general, escolares y profesores. También ha trabajado en la confección de material educativo para capacitar a profesores de enseñanza básica y media

<sup>16</sup>National Science Teachers Association (1998) Science for all Americans, citado en Guisasaola, J. et al. (2005), Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Vol. 2, Nº 1, pp. 19-32.

<sup>17</sup>Ramey-Gasset, Walberg y Walberg (1994), Reexamining connections: Museums as science learning environment, Science Education 78(4), pp. 345-363.

en los temas curriculares de astronomía que contemplan los programas del Ministerio de Educación.

Durante el período 2010-2015, CATA desarrolló 34 cursos de astronomía para niños, nueve talleres de capacitación de profesores y publicó cinco libros de divulgación del tópico. A lo anterior se suma una gran visibilidad mediática: en el año 2015 sus científicos tuvieron más de 1.100 apariciones en medios (nacionales e internacionales) y su fan page de Facebook, fue visibilizada por casi 1.5 millones de cibernautas.

El Planetario, el MIM y CATA, son iniciativas ejemplares por su pertinencia, cantidad de público y su reconocimiento social. El éxito de estos tres programas se evidencia en su afluencia de público, su capacidad y voluntad de renovar sus propuestas de divulgación, su validación pública en los medios, su disponibilidad para asociarse con otras iniciativas de difusión, y su larga trayectoria (35 años en el caso del Planetario, 16 años para MIM y 8 para CATA, que sumados a la carrera del Centro de Astrofísica Fondap, alcanzan 14 años).

Otras dos iniciativas muy prometedoras en materia de educación no formal en astronomía, aunque de creación reciente, son CICAT y MAS. Emplazado en la ciudad de Coronel (Región del Biobío), CICAT desarrolla cuatro líneas de trabajo: muestras interactivas, formación docente, proyectos científicos y productos de divulgación. El MAS reúne a un equipo multidisciplinario de investigadores de cinco prestigiosas universidades chilenas -Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Valparaíso, Universidad Andrés Bello y Universidad de Concepción- y cuenta con una amplia red de colaboración internacional.

R2.2: Crear programas de difusión y educación dirigidos a las comunidades locales que potencien el contacto directo con público de todas las edades, así como programas virtuales de difusión y educación de la astronomía que tengan un alcance más, tanto a nivel nacional como internacional.

Ambas iniciativas representan esfuerzos valiosos que están ayudando a construir una importante visibilización en temas de educación y divulgación de la astronomía.

R2.3: Crear y promocionar un programa de Clubes de Astronomía en colegios, proveyendo material y seguimiento periódico e interacción en la forma de certificados y actividades. Se propone que las instituciones de astronomía en Chile -observatorios, departamentos de Astronomía en universidades, los centros de investigación y desarrollo científico, etc.-, apoyen a los clubes escolares de astronomía a través de la participación de astrónomos tutores que permitan cautelar la base científica de los contenidos de las actividades desarrolladas. Se trata de fortalecer el liderazgo estudiantil para comprometerlos con la relevancia de esta ciencia y sus temas afines para Chile (similar al modelo evangelizador en cuidado del medio ambiente de "Forjadores Ambientales", del Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile). Para ello es necesario, además, crear nodos de comunicación y seguimiento capaces de conectar a los profesionales científicos con las necesidades de los clubes escolares.

## Actividades de educación no formal de la astronomía

### Iniciativas de difusión de la astronomía de la Embajada de EE.UU. en Chile:

La Embajada de los Estados Unidos en Chile destaca la astronomía como una importante área de colaboración científica que ha llevado a la construcción de una infraestructura de observación inigualable en el mundo, a la formación de científicos renombrados y a descubrimientos fundamentales y deslumbrantes para nuestro entendimiento del Universo. Sin embargo, la Embajada también valora los aportes que la astronomía hace a la sociedad en términos del desarrollo económico, el fortalecimiento de la educación STEM, la creación de nuevas carreras universitarias, la promoción de intercambios educacionales, el aprendizaje del idioma inglés, y la creación de una cultura científica educada y participativa. Para la Embajada estadounidense, la astronomía es, también, un tema de diplomacia pública que acerca a las personas y que fortalece la relación entre los pueblos. En este contexto es que la Embajada ha sido un socio clave en la conceptualización, implementación y seguimiento de las dos Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía, aportando fondos, recursos humanos y gestión diplomática a esta alianza. Esta materia también se encuentra en otras iniciativas y actividades que ofrece la Embajada de manera continua, las que incluyen: la participación en conferencias de destacados científicos estadounidenses; apoyo para exhibiciones, concursos y campamentos científicos; talleres interactivos para profesores de ciencias; diálogos con científicos y becarios *Fulbright* de visita en Chile; conexiones virtuales con expertos y entidades estadounidenses; programas de radio difundidos a través de más de cien emisoras en Chile, y vínculos entre universidades chilenas y estadounidenses en esta temática. Además, en alianza con la Universidad de Talca, la Embajada de los EE.UU. opera el *American Academy of Science and Technology*, una plataforma de programas en el campus de postgrado y extensión de esta casa de estudios en la comuna de Providencia, cuyos eventos promueven el diálogo y la colaboración entre Chile y EE.UU. en ciencias, mediante actividades abiertas no solamente con la comunidad científica, sino también con educadores, los sectores público y privado, ONGs, la juventud y audiencia en general. Como todos los programas de la Embajada de los Estados Unidos, estas actividades son gratuitas.



Embajada de los Estados Unidos de América  
Santiago, Chile

TALCA  
UNIVERSIDAD  
CHILE

**ONDAS GRAVITACIONALES:  
una nueva ventana  
al Universo**

**Miércoles 23 de marzo**  
**15:00 horas**  
Centro de Extensión y Escuela de Postgrado  
de la Universidad de Talca  
Campus Santiago (Quebec 415, Providencia)

SRC: [americanacademy@utalca.cl](mailto:americanacademy@utalca.cl)

Andreas Reisenegger  
Pontificia Universidad  
Católica de Chile

Pedro Maronetti  
National Science  
Foundation

Eduardo Hardy  
National Radio Astronomy  
Observatory (NRAO)

American Academy of  
Science and Technology  
es una iniciativa conjunta  
entre la Embajada de los  
Estados Unidos y la  
Universidad de Talca

American Academy of  
Science and Technology

[www.utalca.cl](http://www.utalca.cl)

Foro: "Ondas gravitacionales: una nueva ventana al Universo", organizado por la Embajada de EE.UU. en Chile. Crédito: Universidad de Talca.

#### **Muestra Visual de la película *Interstellar* en Mall Florida Center (noviembre 2014):**

Financiado por *Warner Brothers* Chile, apoyado por el Planetario de la Universidad de Santiago de Chile, y asesorado científicamente por CATA. Reunió aproximadamente a 4.200 personas.

#### **Cartelera de Verano 2015:**

Organizada por la Universidad de Concepción y apoyada por CATA, se realizaron una serie de charlas y actividades sobre astronomía en Concepción, reuniendo a más de 2.000 personas.

#### **Chile Va!, Pinto y Concepción (dic. 2014 - enero 2015):**

Organizado por el Programa Explora de CONICYT y ejecutado por el CICAT, con el apoyo logístico de la Universidad de Concepción y CATA. Asistencia: 300 personas.

#### **Concurso de dibujo Vacaciones de Invierno MIM "Un Universo de colores":**

Se recibieron más de 3.000 trabajos sobre astronomía.

#### **Día del Asteroide:**

Coordinado por el MAS. Contó con la participación de CATA, la Universidad Andrés Bello, el Instituto de Astrofísica de la Universidad de Valparaíso, el Núcleo de Astronomía de la Universidad Diego Portales, el Planetario y el MIM. Público: 700 personas.

#### **Festival de Astronomía en la Academia Chilena de Ciencias (abril a agosto de 2015):**

Los centros CATA y MAS se coordinaron y realizaron esta actividad, que ofreció diez charlas dictadas por astrónomos a un público superior a 1.200 personas.

#### **Primera Feria Astronómica (11 de julio de 2015):**

En el sector Aires del Mall Plaza el Trébol, en Concepción. Organizada por la Universidad de Concepción y apoyada por CATA, atrajo aproximadamente a 2.000 personas.

#### **Ciclo de Charlas en el Planetario:**

Se realizan en promedio ocho charlas anuales en las cuales se invita a astrónomos nacionales y extranjeros. En promedio hay un público de 250 personas por charla.

#### **Taller de Astronomía "¿Qué nos muestra la luz de las estrellas?":**

Para celebrar el Año Internacional de la Luz, en 2015, el MIM creó un taller de espectroscopía para enseñar a alumnos de 7º básico a IVº medio cómo los astrónomos son capaces de descifrar la luz proveniente de diferentes fuentes luminosas. Desde septiembre de 2015 a la fecha, el taller ha contado con la asistencia de más de 8.000 estudiantes de 12 a 16 años de edad.

#### **Serie de cortos animados de Astronomía:**

En 2015, el Instituto Milenio de Astrofísica lanzó los dos primeros capítulos de una serie de cortos animados con contenidos básicos de astronomía. Fueron dibujados por el destacado ilustrador Guillermo "Guillo" Bastías y musicalizados - con música inédita - por los músicos nacionales Camilo Salinas y Pablo Ilabaca de *Melody Factory*. A marzo de 2016 (a cuatro meses de su lanzamiento) estos dos animates reunieron en conjunto casi 60.000 reproducciones.

#### **Libro en línea de Astronomía:**

Con el objetivo de buscar opciones lúdicas y novedosas para la difusión de la astronomía, el MAS lanzó en diciembre de 2015 el libro "Astronomía para todos. El Universo y sus misterios al alcance de todos". Se trata de un libro en línea, compuesto por diez capítulos presentados en infografías interactivas. El libro sumó 7 mil visitas a tres meses de su lanzamiento y se espera que en 2016 sea descargable en dispositivos móviles.



Taller de Astronomía MIM. Crédito: Andrea Gortaris (MIM).



Cartelera de Verano 2015, Concepción. Crédito: Romilio Pasmño (Diario de Concepción).

## Participación de los astrónomos profesionales y aficionados en la educación no formal de la astronomía

En Chile existe una creciente comunidad de astrónomos profesionales, ligados a las universidades, comprometidos y conscientes de la importancia de la divulgación de esta ciencia. Dentro de este grupo destacan tres premios nacionales de Ciencias Exactas: María Teresa Ruiz (Directora del CATA y actual presidenta de la Academia Chilena de Ciencias), Mario Hamuy (Presidente de CONICYT y ex Director del MAS) y José Maza (astrónomo de la Universidad de Chile), los que desarrollan anualmente decenas de actividades de extensión y difusión, que llegan a miles de personas y que además extienden su alcance al público mediante una alta cobertura mediática.

R2.4: Crear la categoría de “Embajadores de la Astronomía” consistente en personajes y expertos de alto perfil quienes participaran en actividades públicas en Santiago y regiones para dar mayor visibilidad a la astronomía como potente puerta de entrada a las ciencias. Estos embajadores podrían desarrollar actividades como charlas y sesiones de observación, similar al modelo de interrelación entre expertos estadounidenses en astronomía y profesionales e instituciones vinculadas a esta ciencia en Chile, que desarrolla el programa ACEAP de AUI/NRAO y AURA/NOAO/Gemini<sup>18</sup>.

Gran parte de los astrónomos profesionales conscientes de divulgar esta ciencia, están ligados a proyectos inter institucionales como CATA (Basal), MAS y los Núcleos Milenio y Anillos de CONICYT. La mayor parte de estos organismos cuenta con comunicadores que trabajan en extensión y difusión de las actividades y descubrimientos de estos grupos.

R2.5: Proveer capacitación en comunicaciones a estudiantes universitarios y expertos en astronomía y ciencias relacionadas. Se sugiere ofrecer instancias de capacitación en técnicas comunicacionales (como talleres) a los miembros de la comunidad científica interesados en la divulgación, para así apoyar su condición de buen comunicador masivo.

Los astrónomos y sus organizaciones están mostrando una creciente voluntad de participar en actividades conjuntas, como el Día de la Astronomía en Chile y el Día del Asteroide. No obstante, ambas son experiencias recientes que aún están en etapas perfectibles.

Otros agentes nacionales que desarrollan divulgación en astronomía y ciencias afines son los astrónomos aficionados, de los cuales existen muchos calificados y con entusiasmo que divulgan esta ciencia entre el público general. Algunas de las organizaciones que destacan son: ACHAYA, SAVAL y Telescoperos Ricardo González.

ACHAYA destaca por sus cursos de astronomía para público general, los que han sido impartidos de manera continua durante 59 años y se realizan en dependencias del Observatorio Astronómico de Cerro Pochoco (sede de este organismo), ubicado en El Arrayán. SAVAL, por su parte, ubicado en la Quinta Región, promueve la astronomía utilizando su observatorio Galileo Galilei, ubicado en San José de Algarrobo, donde realiza observaciones astronómicas para sus socios, invitados y alumnos de la Licenciatura en Física Mención Astronomía de la Universidad de Valparaíso. En tanto, Telescoperos Ricardo González es un grupo de astrónomos *amateur* dedicado esencialmente a la construcción de equipamiento científico para aficionados de la astronomía, ofrece observaciones astronómicas y exposiciones científicas para público general (esencialmente niños) y realiza actividades de astrofotografía.

R2.6 - La astronomía puede ser una poderosa herramienta para inspirar la creatividad y el nuevo aprendizaje en cada uno de nosotros. A medida que la tecnología ha avanzado, han aumentado las oportunidades para extender la accesibilidad a personas en situación de discapacidad (ejemplo: discapacidad visual y auditiva). Educadores, desarrolladores y las agencias de financiamiento, tanto de las comunidades educativas formales y no formales, debiesen trabajar juntos para identificar herramientas existentes, o crear nuevos instrumentos que hagan accesible a todos las maravillas del Universo, incluida la población en situación de discapacidad.

## Áreas de Exploración Futura

Junto a las recomendaciones presentadas en este capítulo, diversos públicos de interés a lo largo de las comunidades vinculadas a la educación y difusión de la astronomía, debiesen explorar el potencial existente para la implementación de estas estrategias clave.

<sup>18</sup> <https://public.nrao.edu/news/pressreleases/2016-aceap-announcement>

E2.1: Proveer créditos universitarios para cursos/programas en difusión y educación para estudiantes de Astronomía, Física y afines. La comunidad astronómica nacional es cada vez más sensible a la necesidad de divulgar esta ciencia públicamente. Sin embargo, esto no se condice con los incentivos que los investigadores (o estudiantes de Astronomía) reciben para dedicar algunas horas a este trabajo. Es deseable que las universidades o centros de investigación y desarrollo científico busquen formas de estimular la divulgación.

E2.2: Crear nuevos espacios, tales como planetarios, observatorios y centros de recursos para la difusión y educación de la astronomía en regiones, principalmente en la zona centro y sur de Chile, que no cuenten con observatorios profesionales o turísticos. A la vez, se sugiere explorar el uso de la infraestructura pública y privada que ya existe, por ejemplo en universidades, museos y parques.

## Capítulo 3

# El Rol de los Observatorios Científicos Internacionales en la Educación y Difusión de la Astronomía



Exposición ALMA, Explorando Nuestros Orígenes Cósmicos. Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO).

## Resumen

En este capítulo se aborda la relevancia de la labor educacional de los observatorios científicos hacia el público general en Chile y el extranjero, con el fin de cautivarlos con sus sorprendentes descubrimientos y crear conciencia del valor natural y local de este tipo de ciencia desarrollada en Chile. Labor que no solo busca educar al público sobre esta ciencia, sino que también fomentar el sentido de pertenencia de este atractivo natural entre los chilenos y crear conciencia entre los extranjeros respecto de la avanzada infraestructura astronómica que se ha instalado en el país.

Esta labor educacional de acercamiento de los observatorios profesionales a los distintos tipos de públicos, también se puede reforzar apoyando la tarea educativa de otras organizaciones vinculadas con esta misión (es el caso de museos, planetarios, universidades, centros científicos y colegios). A pesar del potencial educativo de la astronomía, y de la sorprendente labor de investigación que desarrollan estos observatorios, esta aún debe consolidar su trascendencia científica y educativa, para lo cual es necesario promover su importancia entre tomadores de decisión e influenciadores de las políticas públicas locales.

Por otra parte, la colaboración que puede prestar la difusión de la astronomía en el impulso de las áreas de STEM al interior de la educación escolar, es un elemento que puede promover mejoras en la innovación y competitividad de Chile.

## Objetivos

- Promover una sociedad educada y una cultura científica a través de actividades que compartan las maravillas de los descubrimientos científicos, tanto con las comunidades vecinas de los observatorios, como con el público nacional e internacional.
- Aumentar la interacción entre los observatorios científicos y la comunidad local, reforzando la identidad de la ciudadanía con los cielos de Chile.
- Apoyar iniciativas de educación y difusión en astronomía, desarrolladas por universidades, establecimientos educacionales y actores de astroturismo.
- Crear conciencia acerca de los beneficios que reporta al país el generar las condiciones necesarias para el desarrollo y la sustentabilidad de la astronomía, además de difundirla entre tomadores de decisiones y quienes influyen en las políticas públicas.
- Participar activamente en las conversaciones acerca de la astronomía y su difusión como tema país, contribuyendo a una cultura nacional de innovación y competitividad, con representantes de los sectores públicos y privados.
- Aprovechar la presencia de los observatorios y sus resultados científicos, para motivar a las nuevas generaciones de jóvenes a seguir carreras en STEM y pedagogías en ciencias.



## Introducción

Chile es sede de observatorios cada vez más grandes, y en 2025 será anfitrión de aproximadamente el 70% de la infraestructura de observación del mundo. Dentro de este contexto, Chile tiene el potencial de posicionarse como líder en las áreas científicas y tecnológicas que se relacionan con el desarrollo de la astronomía, áreas tales como la Astro-Ingeniería y el manejo de altos volúmenes de datos (*Big Data*).

Durante los últimos 50 años, la colaboración entre Chile, los Estados Unidos, Europa y otros países, en materia de astronomía, ha sido importante para el fortalecimiento de la ciencia, tanto en Chile como en el mundo. El origen de la investigación astronómica en nuestro país se remonta a 1849, cuando una expedición científica de la Armada de los Estados Unidos instaló un observatorio con un telescopio de 16,5 cm. en el Cerro Santa Lucía, en Santiago. Tres años después, este observatorio fue adquirido por el Gobierno de Chile, dando inicio al OAN. Fue Federico Rutllant, Director del OAN, entre 1950-1964, quien tuvo la visión de crear un observatorio internacional en el norte de Chile, y para concretarlo sostuvo reuniones con importantes astrónomos en los Estados Unidos. Fue tal el éxito de sus gestiones, que al final fueron tres los observatorios astrofísicos internacionales construidos en el norte chico de Chile durante la década de los 60:

- CTIO ([www.ctio.noao.edu](http://www.ctio.noao.edu)): entró en funcionamiento en 1965, operado por AURA; y representando a los Estados Unidos.
- Observatorio de Cerro La Silla ([www.eso.org/sci/facilities/lasilla.html](http://www.eso.org/sci/facilities/lasilla.html)): entró en funcionamiento en 1966, operado por ESO.
- *Las Campanas Observatory* ([www.lco.cl](http://www.lco.cl)): entró en funcionamiento en 1971, operado por la *Carnegie Institution for Science*.

Desde sus inicios, estos observatorios colaboraron en el desarrollo de la ciencia en Chile, entregando a la comunidad astronómica local tiempo de observación en telescopios e instrumentos de vanguardia. A su vez, apoyaron la formación de nuevas generaciones de astrónomos chilenos mediante programas de becas, prácticas, escuelas, talleres, etc.

En los años posteriores, se construyeron nuevas instalaciones astronómicas internacionales de avanzada, tales como:

- VLT en el Observatorio Paranal([www.eso.org/sci/facilities/paranal.html](http://www.eso.org/sci/facilities/paranal.html)): entró en funcionamiento en 1998, operado por ESO.
- *Magellan Telescopes* en el Observatorio Las Campanas ([www.obs.carnegiescience.edu/Magellan/](http://www.obs.carnegiescience.edu/Magellan/)): en funcionamiento desde el 2000, operado por la *Carnegie Institution for Science* y las universidades de Harvard, Arizona, Michigan y el MIT de los Estados Unidos.
- Telescopio *Gemini-South* en Cerro Pachón ([www.gemini.edu](http://www.gemini.edu)): entró en funcionamiento el año 2000. Es una organización internacional que incluye

agencias asociadas de los Estados Unidos, Canadá, Brasil, Argentina y Chile. Es operado por AURA bajo un acuerdo cooperativo con la NSF de los Estados Unidos.

- Telescopio SOAR en Cerro Pachón ([www.ctio.noao.edu/soar/](http://www.ctio.noao.edu/soar/)): en funcionamiento desde el 2003, operado por AURA en representación de los Estados Unidos, por Brasil y por las universidades de Carolina del Norte y Michigan.
- ALMA, en el llano de Chajnantor ([www.almaobservatory.org](http://www.almaobservatory.org)): entró en funcionamiento el año 2011, y su construcción y operaciones son conducidas por la ESO en nombre de sus estados miembros; por NRAO, gestionado por AUI, en representación de Norteamérica; y por NAOJ, en nombre de Asia del Este

Actualmente, se está construyendo una nueva generación de telescopios en el norte de Chile, la que incluye:

- LSST de AURA ([www.lsst.org/lsst](http://www.lsst.org/lsst)): financiado por NSF, el Departamento de Energía del Gobierno de los EE.UU. y fondos privados. La fecha estimada de inauguración es el año 2020.
- GMTO ([www.gmto.org](http://www.gmto.org)): financiado por un consorcio que agrupa a once universidades y organizaciones científicas: *Astronomy Australia Ltd.*, *Carnegie Institution for Science*, universidades de Australia, Harvard, Texas (A&M y Austin), Arizona, Chicago, Sao Paulo, el Instituto de Astronomía y Ciencias Espaciales de Corea del Sur y la Institución Smithsonian. La fecha estimada de inauguración es el año 2022.
- E-ELT de ESO ([www.eso.org/sci/facilities/eelt](http://www.eso.org/sci/facilities/eelt)): su fecha estimada de inauguración es el año 2024.

Chile ha apoyado el desarrollo de estas iniciativas mediante la formulación e implementación de leyes y normas que ayudan a los observatorios a realizar su trabajo. Entre estas se cuenta la protección de los cielos oscuros del norte de Chile que aseguran la sustentabilidad de la astronomía óptica (Decreto Supremo N° 686/1998 del Ministerio de Economía, y Decreto Supremo N° 043/2012 del Ministerio del Medio Ambiente) y las Resoluciones Exentas del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (N° 1055 del 17 de agosto del 2004, N° 794 del 26 de julio del 2005 y N° 30175 del 12 de agosto del 2013), que crearon zonas de protección y de coordinación de radio que garantizan la integridad operacional de todos los proyectos astronómicos –incluido ALMA–, localizados en el área de Chajnantor, en la Región de Antofagasta. Así se formó la segunda zona protegida mundial dedicada a la radioastronomía –en este caso específicamente para la astronomía milimétrica y submilimétrica–, y de acuerdo con las normas internacionales recomendadas por la UIT-R RA.

Es importante destacar que los astrónomos chilenos tienen garantizado el 10% del tiempo de observación en todos los telescopios ubicados en Chile y/o beneficios para la comunidad astronómica chilena.

## Equipos de Divulgación y Educación de los Observatorios Científicos

Todos los observatorios científicos en Chile incorporan un mandato para realizar difusión y extensión hacia la comunidad que adopta diversas formas. Esto se implementa a través de sistemas de visitas, desarrollo de herramientas en línea de acceso masivo y por medio de programas de educación y difusión de la astronomía.

Con el paso del tiempo se ha incrementado el interés de la comunidad por el quehacer de estas instalaciones astronómicas. De la misma manera, ha aumentado el compromiso de parte de los observatorios por promover la ciencia y carreras STEM a fin de crear una cultura científica entre las nuevas generaciones de chilenos, y para compartir la actividad astronómica de manera más sistemática y programática a nivel internacional.

Así, se fueron formalizando los equipos de educación y extensión de los observatorios, siendo el primero el del Observatorio de Cerro Tololo, en 1998. Hoy existen

grupos similares en casi la totalidad de los observatorios científicos instalados en el país. Estos están constituidos en su mayoría por periodistas, educadores y profesionales provenientes de carreras científicas. Si bien los presupuestos que manejan son muy variados, en su conjunto alcanzan los 750.000 dólares anuales.

Conocida globalmente como el área de EPO, estos equipos creados por la institucionalidad de los observatorios, han desarrollado durante las últimas décadas una gran variedad de programas de educación y divulgación de la astronomía, para satisfacer los objetivos enunciados al comienzo de este capítulo. Sus programas y actividades se realizan en las comunidades cercanas a los observatorios, pero también a lo largo del país.

R3.1: Coordinar reuniones anuales de los grupos EPO de los observatorios científicos para compartir agendas de actividades, con el fin de establecer oportunidades de colaboración que eviten duplicar esfuerzos y/o competir por fondos únicos. Este esfuerzo debe ser acompañado de una relación continua y periódica entre estos actores.

### Grupos de EPO en Observatorios Científicos de Chile

Institución	Año de creación EPO	Número de profesionales	Profesiones	Presupuesto anual US\$ (miles o K)
CTIO	1998 (1974)*	5	Ingeniero (1) Educadores (2) Operador de Planetario (1) Administrador (1)	200K
Gemini	2002	2.5	Periodistas (2) Operador de Planetario (1)	125K
ALMA	2007 (2015)*	5	Periodistas (2) Diseñador (1) Guías de visitas (2)	90K
ESO	1992	5	Astrónomo (1) Periodistas (2) Técnico Turismo (1) Apoyo s/profesión (1)	150K
(ESO – Visitas Públicas)	1990/La Silla - 1999/Paranal	4/La Silla - 6/Paranal	Estudiantes de Astronomía / Astrónomos <i>Amateur</i>	110K

\* Inicio de operaciones de los Centros de Visitas.

## Descripción de programas

Existe una gran variedad de programas de educación y de divulgación de la astronomía en Chile, relacionados directamente o indirectamente con los observatorios científicos. Sus formatos, audiencias y metas, varían entre ellos. Ocupan herramientas como planetarios móviles, telescopios portátiles, charlas, talleres, visitas a terreno, campamentos, concursos, folletos, pósters y diferentes materiales impresos y digitales, entre otros instrumentos. Sus audiencias incluyen escolares de todas las edades, profesores de ciencias, estudiantes y académicos universitarios, público general, sectores públicos y privados y medios de comunicación. Enfoques especiales se han dado a pueblos originarios y comunidades vulnerables. Algunos programas buscan motivar a las nuevas generaciones de jóvenes a seguir carreras en las áreas STEM, otros están destinados al público general, para motivar el interés en las ciencias y contribuir a la construcción de una cultura científica. También han surgido iniciativas enfocadas en la sustentabilidad de la actividad astronómica y a la incorporación en las políticas públicas de la educación y difusión de la astronomía.

### **Programas para el desarrollo de nuevos científicos, técnicos y otros profesionales:**

Desde sus inicios, los observatorios ubicados en Chile han colaborado en el desarrollo de las próximas generaciones de científicos y técnicos del país. En las décadas de los 70 y 80, científicos de la *Carnegie Institution for Science*, AURA/CTIO y ESO, impartieron clases de astronomía en universidades chilenas, siendo fundamentales para el desarrollo de los programas de estudios de carreras afines en la época. Además, se crearon algunas becas de postgrado en el extranjero que se canalizaron mediante estos observatorios.

Entre los años 1997 y 2001, la *Carnegie Institution for Science*, en colaboración con la Fundación Andes, desarrolló escuelas de verano en el Observatorio Las Campanas. El programa estaba orientado exclusivamente a estudiantes de las carreras o programas académicos de Ciencias Físicas o Matemáticas, o de los planes comunes de Ingeniería de las universidades chilenas. Desde 1997 a la fecha, AURA/CTIO ofrece PIA para estudiantes de pregrado o en sus dos primeros años de estudios de postgrado en Física o Astronomía. Muchos de los astrónomos chilenos que estudiaron en la década de los 90 y anteriores, son actualmente líderes en las universidades de Chile, y pasaron por estos programas o similares en los observatorios internacionales.

R3.2: Conseguir que la reunión anual de SOCHIAS extienda su participación a los profesionales de EPO de los observatorios científicos.



Visita de los embajadores de ACEAP a CTIO. Crédito: John Blackwell.

Hoy los observatorios internacionales siguen siendo patrocinadores de este tipo de iniciativas y entregan otras oportunidades para estudiantes de universidades y programas técnicos. Muchas de estas iniciativas son realizadas en colaboración con organizaciones chilenas (escuelas, universidades e instituciones públicas). Por ejemplo, AUI (representante de la fracción norteamericana de ALMA) ha promovido el desarrollo de doctorados en Astroingeniería, creando oportunidades de colaboración tecnológica y acceso a sus instalaciones en el altiplano. AUI también ha ofrecido oportunidades colaborativas en *software*, que involucran a estudiantes chilenos de pregrado en desarrollos asociados a sistemas de control de antenas. Por su parte, Gemini ha incorporado la participación de estudiantes de pre y post-grado en el desarrollo de instrumentación óptica, y en AURA, junto con sus colaboradores chilenos, se estableció el programa *La Serena School for Data Science*, para introducir estudiantes de pre y post-grado a las herramientas y técnicas de manejo de datos masivos.

ALMA en conjunto con varias universidades chilenas -Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Federico Santa María, Universidad de Concepción y Universidad de Santiago-, desarrollaron un *software* destinado al procesamiento de datos y uso de instrumentos astronómicos, aprovechando los datos públicos generados por el observatorio. El proyecto, financiado por el FONDEF del Gobierno de Chile, buscó incrementar la capacidad de ALMA para almacenar y procesar datos y desarrollar un observatorio virtual chileno.

### **Programas STEM:**

Algunos de los observatorios cuentan con programas propios de educación que se imparten directamente a estudiantes de enseñanza pre-básica, básica, media y universitaria, así como también para profesores de Ciencias y Tecnología. Dentro de estos podemos destacar el Programa CADIAS de CTIO y la Universidad de La Serena, un espacio que invita a profesores y estudiantes a una serie de actividades para el aprendizaje de la astronomía utilizando elementos prácticos como un planetario

móvil, telescopios para observación astronómica y bibliografía especializada ubicada en la biblioteca del centro. El promedio de asistencia anual es de 2.500 estudiantes y 80 profesores.

R3.3: Organizar una reunión anual para profesores de colegio, con el fin de capacitarlos en astronomía y proporcionarles materiales.

R3.4: Promover canales de comunicación con el Ministerio de Educación de tal manera que las iniciativas del punto anterior puedan ser consideradas por el sistema educacional chileno.

Otro programa que involucra tanto a educadores como estudiantes, es el de Capacitación en Astronomía de Educadores de Párvulos, que CTIO ha realizado junto con la Universidad Santo Tomás en tres ocasiones y que se pretende repetir anualmente. Esta actividad es seguida cada año por un Congreso de Astronomía para párvulos, en La Serena, que ha contado con la participación de un promedio de 40 educadoras de párvulos y cerca de 100 niños cada año.

AUI y la Pontificia Universidad Católica de Chile se han asociado para realizar versiones del Programa de Capacitación Docente Galileo (GTTP), con la participación de un promedio anual de 20 docentes y estudiantes de pedagogía, provenientes de distintas localidades del país, incluida Isla de Pascua. A los asistentes se les entrena en la enseñanza de la astronomía con actividades directamente aplicables al aula y que utilizan las matemáticas y recursos TIC de dominio público entre los escolares.

R3.5: Identificar los materiales y modelos de conducta más idóneos para mostrar de forma más atractiva las carreras de STEM.

R3.6: Hacer más explícito en los programas de educación que existen oportunidades de carreras STEM para los jóvenes.

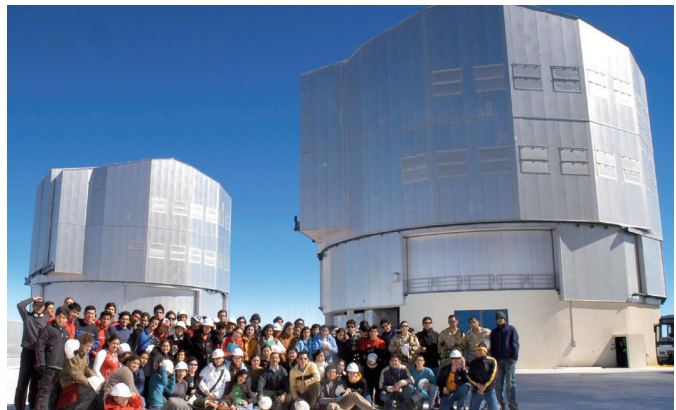
Todos los observatorios internacionales disponen de programas de prácticas para estudiantes, y algunos ofrecen cursos de diplomados y certificados, ya sea en astronomía, ingeniería o áreas técnicas y administrativas.

### Programas y eventos para el público general:

La mayoría de los observatorios ubicados en Chile ofrecen al público programas gratuitos de visitas a sus instalaciones. Su objetivo es acercar los observatorios al público y potenciar la divulgación de la astronomía, contribuyendo así al desarrollo de la conciencia científica de los visitantes. Estas visitas también presentan la oportunidad de enfatizar la importancia de conservar los cielos oscuros del norte,

como un patrimonio para los chilenos y la humanidad. Los observatorios que cuentan con programas de este tipo son ALMA, La Silla, Paranal, Gemini y Cerro Tololo. La mayoría está abierto los sábados para visitas en vehículos particulares. En ALMA, se incluyen traslados gratuitos desde San Pedro de Atacama hasta las instalaciones del observatorio los días sábado y domingo. Y en el caso de Cerro Tololo, Gemini y ALMA, se aceptan además visitas educativas en otros días de la semana.

R3.7: Aumentar presencia de los observatorios profesionales en las redes sociales.



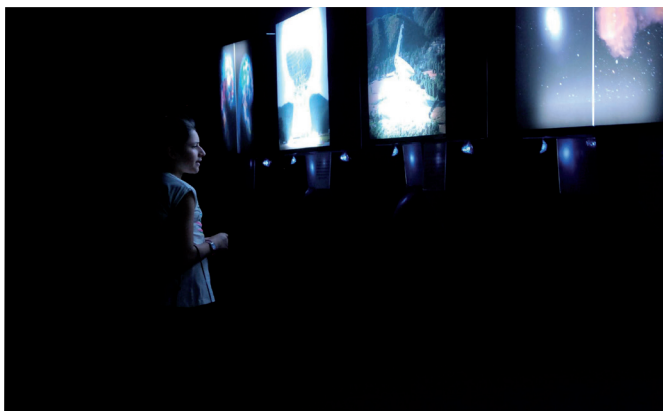
Visita pública a Paranal. Crédito: ESO.

Los observatorios profesionales también organizan actividades destinadas al público masivo y participan de eventos organizados por otras instituciones vinculadas a la ciencia. Son numerosas las iniciativas de este tipo que se han celebrado a lo largo de los años, contando con una importante convocatoria y demostrando el interés que despierta el tema en el público general. Ejemplo de ello es el evento *Astro Day* que desarrolla anualmente Gemini, y en el que participan con *stands* y actividades otros observatorios profesionales y turísticos, además de instituciones públicas y privadas relacionadas con la astronomía, con una participación de más de 2.000 personas en una sola jornada.

Otros ejemplos de actividades para el público masivo son la exposición “ALMA, Explorando Nuestros Orígenes Cósmicos”, que, organizada por este observatorio en la Fundación Telefónica de Santiago, convocó a 35.000 personas (octubre de 2015 a enero de 2016), y la exhibición sobre radioastronomía organizada por AUI titulada “Una Nueva Ventana al Universo”, que, presentada en 2013 en el Metro de Santiago, el MIM y el Centro Cultural Estación de Antofagasta, convocó 20 mil personas en cuatro meses.

Por último, otro tipo de programa desarrollado por los observatorios profesionales en que el público masivo participa activamente en proyectos científicos, son los denominados de Ciencia Ciudadana, en que muchos colaboradores recopilan y analizan sistemáticamente datos. Así, mucho antes de





Exhibición "Radioastronomía: Una Nueva Ventana al Universo" de AUI. Crédito: Alejandra Tala.

comenzar su funcionamiento, el LSST está desarrollando varias iniciativas de ciencia ciudadana para ser usadas tanto en las salas de clases como en los hogares, para que los estudiantes y el público sean testigos del desarrollo de la ciencia y participen directamente en su evolución.

R3.8: Potenciar productos en español y de nivel internacional, desarrollados por los observatorios profesionales, para apoyar iniciativas de educación y difusión de la astronomía entre audiencias chilenas.

R3.9: Participar de alianzas institucionales para evaluar programas/materiales/recursos de alto impacto y mejorar las prácticas en la difusión y educación de la astronomía para tener un efecto divulgador más amplio.

### Programas para conservar los cielos oscuros del norte de Chile:

Los cielos oscuros no solo son esenciales para la astronomía, sino que constituyen un patrimonio incalculable de los chilenos y de la humanidad que está en peligro de desaparecer. Los observatorios científicos han asesorado a las autoridades chilenas en el establecimiento de las normas antes mencionadas, para proteger los cielos oscuros a lo largo del espectro electromagnético, incluyendo luz infrarroja y ondas de radio, en el caso de ALMA. Asimismo, con el auspicio de AURA, ESO y el Observatorio Las Campanas, y con la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente (CONAMA, en su momento), el 7 de diciembre de 1998 se creó la OPCC, cuya misión es apoyar la norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica, asesorando en lo referente a la instalación de sistemas de iluminación de exteriores compatibles con la mantención y mejoramiento de las condiciones de oscuridad de los cielos del norte del país. Dentro de sus funciones está también la de difundir y educar en conferencias y seminarios acerca de la importancia de este patrimonio ambiental, reconocido como el mejor cielo existente en el hemisferio sur para la observación astronómica.

R3.10: Desarrollar un trabajo interdisciplinario entre la Astronomía y otras ciencias, como la Biología y la Medicina, para demostrar los impactos negativos de la iluminación nocturna en los seres humanos y los animales.

R3.11: A pesar que muchos observatorios científicos han desarrollado importantes iniciativas de visitas a sus instalaciones, es importante promover entre las organizaciones de este tipo que aún no lo han hecho, las visitas personales y virtuales a sus instalaciones de parte de sus comunidades aledañas, el público nacional y el extranjero.



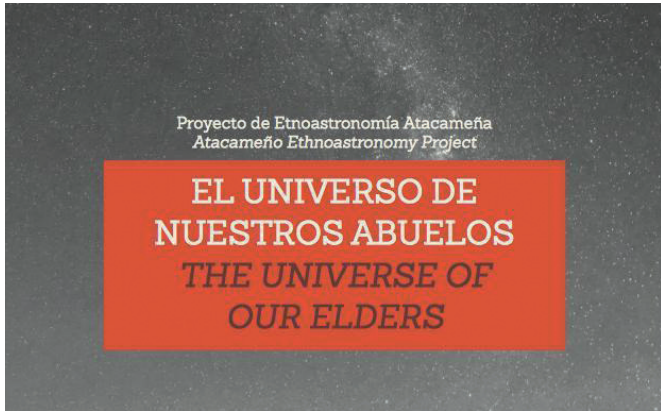
Estudiantes en Chile se informan sobre diversas opciones de carreras en los observatorios astronómicos, con el cuadernillo de carreras de Gemini. Los programas de extensión locales de Gemini se basan en el desarrollo de experiencias y oportunidades para dar a conocer las carreras que los estudiantes locales pueden seguir en Ciencias, Tecnologías, Matemáticas o Ingeniería. Crédito: Gemini Observatory/AURA/Manuel Paredes.

Para sensibilizar al público sobre la belleza de los cielos oscuros, y también como una forma de crear conciencia en la comunidad acerca de los niveles de contaminación lumínica de los sectores en que viven, CTIO ha promovido el programa *Globe at Night* a lo largo de Chile. Este consiste en un proyecto de ciencia ciudadana que invita a los participantes a medir el nivel de contaminación lumínica de un sector geográfico una vez al mes, mediante ojo desnudo o con instrumentos de medición, para luego ingresar la información recabada en el sitio web [www.globeatnight.org](http://www.globeatnight.org). Desde que comenzó el proyecto, en 2006, se han efectuado más de 100.000 mediciones en el país, y todos los datos están disponibles en el sitio web del proyecto, donde además se motiva a los científicos-ciudadanos a utilizar esta información para realizar investigaciones relativas a los efectos de la contaminación lumínica en el medio ambiente.

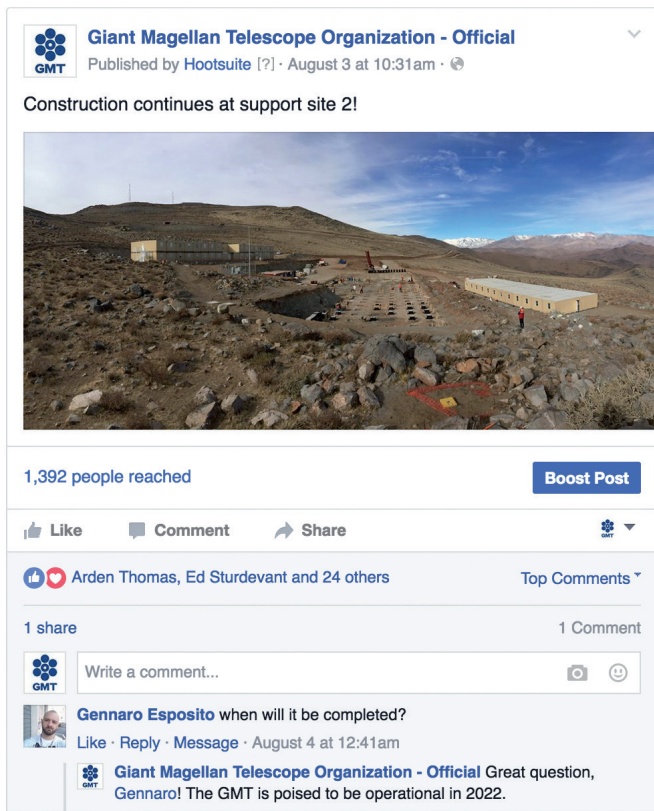
### "El Universo de Nuestros Abuelos":

Iniciativa conjunta entre el observatorio ALMA, el museo de San Pedro de Atacama e investigadores locales, los que participan en la preservación del legado cultural atacameño

y su cosmovisión en un proyecto etnoastronómico llamado “El Universo de nuestros Abuelos”. Este es un estudio antropológico de años de investigación que pronto verá la luz en forma de un libro, con el fin de crear conciencia social en estas áreas.



Los observatorios científicos además realizan esfuerzos para trabajar cerca de las comunidades indígenas aledañas a estas instalaciones, para así mejorar el conocimiento mutuo. En la imagen la carátula del proyecto “El Universo de nuestros Abuelos”, una futura publicación del observatorio ALMA creada en colaboración con los ancianos atacameños. Crédito: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO).



Cuenta en Twitter del GMTO, donde el público puede interactuar directamente con los responsables del proyecto. Crédito: GMTO.

## Áreas de Exploración Futura

Junto a las recomendaciones presentadas en este capítulo, diversos públicos de interés a lo largo de las comunidades vinculadas a la educación y difusión de la astronomía, debiesen explorar el potencial existente para la implementación de estas estrategias clave.

E3.1: Aumentar las visitas a los observatorios profesionales.

E3.2: Apoyar un capítulo chileno de IDA y de la Iniciativa Europea *Starlight*. Además del fortalecimiento en el recurso humano de la OPCC, que actualmente tiene solo un profesional.

E3.3: Desarrollar programas educativos para colegios que difundan las normativas de protección de cielos y radiofrecuencias (RFI) entre estudiantes y profesores, así como prácticas universitarias de pregrado, grado y nivel técnico en temas de contaminación lumínica y RFI.

E3.4: Crear una estrategia para fortalecer los programas de los observatorios científicos en torno a la protección de cielos oscuros y RFI, y su relación con los responsables y ejecutores de políticas públicas.

E3.5: Desarrollar reuniones coordinadas entre los equipos de EPO de los observatorios profesionales, con diversas instituciones: CONICYT mediante sus programas Explora y de Astronomía, Ministerio de Educación, CONADI, SENAME e INJUV, entre otras; para evaluar cómo potenciar programas individuales ofrecidos por los observatorios para acercar la astronomía a diversas audiencias (pueblos originarios, grupos vulnerables, jóvenes, etc.), a través de una colaboración entre todos los participantes.

## Capítulo 4

# El Rol de las Universidades en la Educación y Difusión de la Astronomía



Grupo de participantes de la 3ra Escuela de Verano de Astronomía para Profesores organizada por el Departamento de Astronomía de la Universidad de Concepción. Crédito: David Uribe.

## Resumen

El rol de las universidades en el trabajo de educación y difusión de la astronomía en Chile es sumamente relevante. Los profesionales que trabajan en sus departamentos o unidades de astronomía son científicos que hacen investigación de primer nivel, tanto en el país como en el extranjero, y son quienes entregan a los jóvenes las herramientas que utilizarán para ser los educadores y promotores de esta ciencia en el futuro. Por lo mismo, las universidades son los entes válidos a la hora de promover y orientar nuevas políticas públicas, capacitar y actualizar los conocimientos de quienes enseñan astronomía en la educación formal e informal, respaldar y validar información, colaborar o liderar iniciativas que inspiran y mantienen al público encantado con esta ciencia.

Las universidades están asumiendo hoy estos roles de manera activa, y su liderazgo resulta clave para alcanzar nuevos públicos y consolidar a Chile como referente mundial en educación y difusión de la astronomía.

## Objetivos

- Constituirse como instituciones de referencia en la calidad y formación de los agentes educativos formales e informales.
- Generar y mantener una vinculación activa con la comunidad local en la difusión de la astronomía.
- Promover y fortalecer políticas públicas que favorezcan el desarrollo de la astronomía y ciencias afines.
- Difundir información acerca de oportunidades y becas de intercambio educacional que benefician a universitarios y académicos chilenos con interés en astronomía y carreras afines, con particular énfasis en postulantes de regiones, comunidades vulnerables y equidad de género.
- Definir e insertar dentro de las carreras técnicas aquellas herramientas y especializaciones aplicables a la infraestructura de observación y servicios relacionados.

## Estado actual de esta área en Chile

La astronomía, como la enorme mayoría de las ciencias, se apoya fuertemente en la colaboración internacional. Las universidades chilenas han experimentado grandes cambios en los últimos años y es evidente la entrada en escena de nuevos actores que, en lugar de debilitar a los más tradicionales, los complementan. El desarrollo de la astronomía en las universidades chilenas es un fenómeno en expansión acelerada a partir de fines del siglo pasado.

La Universidad de Chile, sede del Observatorio Astronómico Nacional en Cerro Calán, fue la institución precursora de la astronomía profesional en el país, seguida por la Pontificia



Universidad Católica de Chile y más tarde por la Universidad de Concepción.

Hoy en día, el número de universidades con grupos o departamentos de astronomía sigue creciendo, incorporándose las universidades de Valparaíso, Andrés Bello, Diego Portales, La Serena, Atacama, Católica de la Santísima Concepción (Concepción), Antofagasta y Católica del Norte (Antofagasta). Todas ellas, en mayor o menor medida, han desarrollado fuertes colaboraciones internacionales con universidades y centros de investigación de distintos países, especialmente con organizaciones de Norteamérica (Estados Unidos, Canadá y México), Europa y Asia.

El tema de la difusión de la investigación y su incorporación a la formación de los estudiantes es relativamente nuevo. Es muy probable que hace diez o quince años ninguna universidad se planteara como prioridad la difusión. Eso ha cambiado radicalmente. De las universidades mencionadas más arriba, ahora prácticamente todas destinan recursos a este tema.

Las actuales colaboraciones entre Chile y Estados Unidos en el área de promoción de la astronomía, si bien se han enfocado en áreas de investigación, incluyen también como una de sus prioridades los temas de educación. Los acuerdos vigentes entre universidades chilenas y estadounidenses favorecen principalmente el desarrollo de la astronomía al interior de las universidades, pero poco a poco se ha comenzado a expandir la colaboración hacia otras carreras STEM, así como a la educación y difusión de la astronomía fuera del ámbito universitario.

Cabe señalar que una ventaja comparativa para los alumnos de pre y posgrado, como también para los científicos que deciden desarrollar su labor investigativa en Chile, es el acceso privilegiado a instalaciones de primer nivel en uno de los mejores lugares del mundo para la astronomía. Como país anfitrión de grandes observatorios internacionales, las universidades nacionales tiene acceso a un 10% del tiempo de observación en la mayoría de las instalaciones y, en general, manejan ese acceso de manera autónoma. En aquellos proyectos donde la complejidad de la calendarización o de los instrumentos propiamente tales dificulta este acceso, los convenios aseguran a los astrónomos chilenos una serie de garantías comparables (acceso prioritario a los datos, por ejemplo). La tradición en colaboraciones de posgrado entre universidades chilenas y norteamericanas se remonta a la becas Carnegie y Toronto, así como diversos convenios sobre los cuales ahondaremos en los párrafos venideros. Esto acuerdos nacen a finales del siglo XX, cuando la mayor preocupación era la falta de astrónomos chilenos para los telescopios proyectados en ese entonces (Gemini, los dos Telescopios de Magallanes y el VLT).

Con la llegada del LSST, el GMT y otros proyectos astronómicos de gran envergadura en que participan universidades, instituciones y consorcios estadounidenses, se abre una nueva ventana para difundir la astronomía en la era de los telescopios extremadamente grandes, y la

oportunidad para que universidades chilenas conviertan estos hitos científicos en instancias que permitan promover la ciencia, la tecnología y la innovación.

## Programas ejemplares de esta área en Chile, entre Chile y Estados Unidos y con otros países

Existe un convenio entre la Unidad de Astronomía de la Universidad de Antofagasta y el *Lawrence Hall of Science* de la Universidad de California, Berkeley, que constituye un caso de colaboración exitosa, donde se debe mencionar, en primer lugar, la implementación en contextos educativos universitarios de herramientas digitales, en muchos casos gratuitas, del programa *Hands-On Universe*, que pueden aplicarse en la formación e instrucción escolar. Un ejemplo es el *software* Salsa-J, programa que permite explorar y experimentar con imágenes reales de objetos astronómicos (ej. la Luna, cometas y asteroides), además de realizar cálculos sencillos y desarrollar experiencias prácticas en que se utilizan principios de física básica, aplicados a la astronomía. Una segunda parte de la colaboración, la constituyen dos textos traducidos al español, originarios de *Hands-On Universe*, donde se aprovechó de realizar una adaptación a la realidad nacional y local para algunos ejemplos; este material se compartió con docentes y estudiantes. Una de las actividades donde esta unidad local compartió estos materiales con la comunidad escolar chilena fue la Escuela Astronómica de Invierno de 2015<sup>19</sup>, dirigida a profesores, periodistas y guías de astroturismo, para fortalecer sus conocimientos en el área. A futuro, se espera poder potenciar aún más este convenio, añadiendo nuevos materiales para su adaptación y/o traducción.

Ligada a la iniciativa anterior, están las Escuelas de Verano de Astronomía para Profesores. A través de estos encuentros que se realizan durante el mes de enero de cada año, el Departamento de Astronomía de la Universidad de Concepción, actualiza los conocimientos y entrega nuevas herramientas a los docentes asistentes, quienes tienen bajo su responsabilidad a escolares de todas las edades. Las escuelas, que anualmente reciben alrededor de 150 profesores de educación básica y media (en su gran mayoría de la Región del Bío-Bío), en sus dos días de desarrollo, preparan cuidadosamente a los pedagogos considerando el currículum que estos docentes deben manejar en las aulas, además de entrenarlos en nuevas técnicas didácticas eficientes aplicadas a la astronomía.

La Universidad de Chile también ha desarrollado iniciativas en esta línea, ofreciendo en los últimos cinco años diversos talleres de capacitación para profesores de enseñanza básica, además de material escrito sobre los contenidos vinculados al currículum escolar. También aplica a los profesores asistentes a sus talleres diversas actividades relacionadas con estos temas, llevando a cabo una capacitación anual para 30 docentes. Además, la Pontificia Universidad Católica ha mantenido un programa con colaboración internacional que sigue esta línea de capacitación de profesores con talleres prácticos sobre cómo desarrollar materiales didácticos para enseñanza básica y media.

---

<sup>19</sup><http://www.astro.uantof.cl/extension/escuelas-de-temporada/tercera-escuela-astronomica-de-invierno>



**Universo en el aula 2016**

¿Cómo hacer que la astronomía encante a los alumnos?

El Instituto de Astrofísica de la Universidad Católica (IA), Heidelberg Center para América Latina y la Haus der Astronomie de Alemania invitan a los profesores de enseñanza básica y media que enseñen ciencia, en ejercicio, a un taller sobre astronomía y las mejores técnicas pedagógicas para transmitirla.

El programa incluye charlas de astrónomos, talleres prácticos para elaborar material didáctico —utilizado en la enseñanza de ciencias del espacio— y una visita al Observatorio Docente Santa Martina de la Universidad Católica. El taller se dividirá en dos: el miércoles 13 de enero de 2016 estará dedicado a los profesores de enseñanza básica, mientras que el curso enfocado a los docentes de media se realizará el jueves 14.

**INSCRIPCIÓN GRATUITA**

Programa de capacitación "Universo en el aula", liderado por el Instituto de Astrofísica de la Pontificia Universidad Católica. Crédito: Pontificia Universidad Católica.

En el ámbito de los programas binacionales destacados, encontramos el Programa de Becas *Fulbright*. Se trata de una iniciativa auspiciada por el Departamento de Estado de EE.UU. y los países socios alrededor del mundo, que globalmente ha beneficiado a más de 270 mil participantes de ese país y de otros con la oportunidad de estudiar, enseñar, realizar investigaciones académicas e intercambiar ideas. Fue instituido en Chile en 1955 y es el programa más antiguo en América Latina. La Beca *Fulbright*, operada por una comisión binacional Chile-EE.UU., tiene el propósito de promover el entendimiento mutuo entre los pueblos de ambos países, mediante intercambios educativos, científicos, técnicos y profesionales. Al año 2015 el total de becarios chilenos era de 3.079 y el total de beneficiarios de los Estados Unidos con becas en Chile, de 1.418. A la misma fecha, los becarios chilenos para las áreas STEM eran aproximadamente 1.842, distribuidos entre los programas NEXUS (*Regional Network for Applied Research*), Magister Regular, Doctorado Regular, Magister y Doctorado para Académicos Chilenos (*Faculty Development*), Hubert Humphrey y Doctorado BIO (Beca Igualdad y Oportunidad). Han participado en este programa 21 premios nacionales, un ex Presidente de la República, ministros de estado, científicos, investigadores, educadores, periodistas y artistas, entre otros. Ocho de sus beneficiarios hoy son astrónomos y/o están realizando la especialización en universidades de los Estados Unidos. Estos, más los becarios *Fulbright* estadounidenses que vienen a realizar estudios e investigación en Chile, forman redes que permiten robustas colaboraciones científicas, además de oportunidades para actividades de EPO.

En agosto de 2015<sup>20</sup> se lanzó el proyecto EduALMA, con el objetivo de reforzar el vínculo entre el mundo científico y el de la educación. Se trata de una colaboración entre la Universidad de Antofagasta y el observatorio ALMA, para desarrollar maquetas de las antenas usadas en el proyecto científico, y proveer una experiencia interactiva dirigida a estudiantes y público general, brindando la oportunidad de acercarse de una manera totalmente inédita a la actividad que se realiza en un radiotelescopio.



Una de las itinerancias de observación solar en el contexto del proyecto "Primera Luz". Crédito: Unidad de Astronomía, Universidad de Antofagasta.

Desde 1999, el Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile y el Departamento de Astronomía de la Universidad de Yale, ofrecen un programa conjunto de formación de posgrado e investigación en Astronomía. Aproximadamente en la misma fecha, se materializó un programa similar entre la Universidad Católica y la Universidad de Princeton.

Estas iniciativas otorgan a los estudiantes de posgrado la oportunidad de realizar una pasantía en estos prestigiosos centros estadounidenses, por un mínimo de seis meses y un máximo de dos años, donde pueden tomar cursos y participar en proyectos de investigación. Las investigaciones conjuntas en este programa tienen acceso a los telescopios de ESO, Las Campanas (incluidos los Telescopios Gemelos de Magallanes), Interamericano de Cerro Tololo, Gemini y ALMA. También se encuentran disponibles las instalaciones científicas de la Universidad de Yale, como el WIYN y los telescopios SMARTS (cuatro telescopios entre 0.9 y 1.5 metros operando en Cerro Tololo). En Princeton también existen diferentes instrumentos disponibles, como el ACT.

En un ámbito similar, el observatorio ALMA mantiene estrechos vínculos con universidades chilenas en materia científica. La Universidad de Chile, por ejemplo, desempeña un papel activo en el desarrollo y puesta en marcha de instrumentos para la Banda 5, diseñados específicamente para la detección de agua en regiones de formación estelar, lo que podría estar asociado a la formación de planetas extrasolares. Esta es una de las aplicaciones adicionales que se aprobó para el Programa de Desarrollo de ALMA. Esta universidad también forma parte de un consorcio que desarrolla un prototipo de cartucho de Banda 1, otra posible

<sup>20</sup><http://www.almaobservatory.org/es/sala-de-prensa/anuncios-eventos/871-alma-and-university-of-antofagasta-launch-educational-project-educalma>

innovación contemplada en el programa. En tanto, la Universidad de Concepción participa en la puesta en marcha del Proyecto de Sincronización de ALMA, iniciativa financiada por la NSF de Estados Unidos, socio norteamericano de ALMA. De esta manera, Chile podrá encabezar el desarrollo de software destinado al procesamiento de datos y uso de instrumentos astronómicos, aprovechando los datos públicos generados por el observatorio.

Varias universidades chilenas, como la de Chile, Federico Santa María, de Concepción, de Santiago, y la Pontificia U. Católica, participan en un proyecto financiado por el FONDEF, del Gobierno de Chile, para incrementar la capacidad de ALMA para almacenar y procesar datos y desarrollar un observatorio virtual chileno. El observatorio también participa en un programa de colaboración con INRIA/CIRIC, centro de innovación líder en este campo que se estableció hace poco en el país. Asimismo, ALMA proporciona asesoría a un proyecto de investigación de la Universidad de Chile en el que se estudian los efectos del trabajo a gran altura sobre la salud humana. En el marco de su colaboración con la Universidad Federico Santa María, el observatorio también financió el diseño y construcción de modelos en miniatura robotizados de las antenas y los camiones transportadores de ALMA utilizando piezas de LEGO®.

Por último, existen programas de enseñanza de la astronomía que velan por el respeto a las cosmovisiones y tradiciones culturales individuales de los públicos. Ejemplo de ello son los “Astro-operativos” que realiza el Departamento de Astronomía de la Universidad de Concepción, mediante los cuales esta institución acerca la enseñanza de la astronomía a comunidades que habitan en lugares alejados de las grandes urbes mediante talleres, charlas abiertas a la comunidad y el uso de telescopios para realizar observación astronómica guiada por minitores altamente calificados, trabajando en conjunto con la población local.

## Problemas o necesidades existentes

Resulta evidente el importante rol que cumplen las universidades, como fuentes rigurosas de contenidos científicos, para vincular la astronomía con la comunidad en general. El desafío es transmitir estos conocimientos de manera cercana y atractiva al público no experto.

R4.1 - Realizar salidas a terreno y diseñar actividades itinerantes que acerquen la astronomía a distintos públicos en diferentes zonas geográficas. Con esto, las universidades además cumplen con el rol social de acercar el conocimiento a la sociedad.

Para ello, se recomienda que las universidades coordinen esfuerzos para la difusión de sus descubrimientos científicos hacia los medios de comunicación y las redes sociales (que hoy cumplen un rol fundamental), en conjunto con la comunidad

dedicada a la difusión y educación de la astronomía, para así reforzar la cultura científica en Chile y desmentir la pseudociencia. La difusión rigurosa de la astronomía es, además, un aporte a la educación formal de esta ciencia, ya que contribuyen al impulso vocacional entre jóvenes que a futuro podrían elegir carreras STEM.

R4.2: Integrar de modo más efectivo a las universidades y la comunidad de difusión y educación de la astronomía, mediante estrategias coordinadas de difusión de descubrimientos científicos en medios de comunicación, la divulgación de materiales de enseñanza y la promoción interna en universidades de condiciones de colaboración para el apoyo de los académicos/expertos en la divulgación de la astronomía.

Para que la vinculación entre las universidades y la comunidad divulgadora de la astronomía sea efectiva en su labor de difusión y educación, se requieren científicos que puedan acercar esta ciencia a la población, colaborar con la actualización de los contenidos que imparten los docentes, y apoyar los procesos educativos de niños y jóvenes. En la actualidad, si bien existe un porcentaje importante de científicos al interior de las universidades interesados en desarrollar labores de educación y divulgación, muchos de ellos -como es el caso de los astrónomos- no suelen contar con el tiempo necesario para participar en la generación de contenidos de extensión o educación de esta ciencia, debiendo dar prioridad a su carrera académica en desmedro de poder entregar su conocimiento al público general.

R4.3: Otorgar facilidades a los científicos para realizar tareas de divulgación y establecer una política de reconocimiento académico por la realización de dichas actividades.

Aún cuando la colaboración con instituciones en diversos países es muy relevante, consideramos importante que los recursos disponibles para la enseñanza de la astronomía (sean o no digitales), comiencen a generarse dentro de Chile, para incentivar en nuestro país la innovación y proporcionar un *know-how* para futuras generaciones de educadores y comunicadores. La inspiración para esto también requiere del aprendizaje y conocimiento de las experiencias de instituciones que han desarrollado sus propios materiales y, desde este punto de vista, una colaboración estable con otros países es muy importante para ubicar a nuestro país en un sitio destacado.

La inestabilidad permanente de los fondos disponibles para la generación de actividades de extensión y educación de la comunidad es una dificultad mayor al momento de crear, instalar y desarrollar acciones de calidad y en el compromiso prolongado de los actores involucrados. Normalmente las universidades dependen de proyectos concursables para costear su divulgación y estos, al tener un plazo fijo de desarrollo sin la capacidad de renovarse, no permiten la mantención en el tiempo de sus acciones. En este sentido, sería recomendable que proyectos presentados a fondos concursables por instituciones ligadas a la astronomía que

tengan una duración de tres a cinco años -lo cual implica un trabajo de largo alcance con el público-, tengan la opción de ser renovados automáticamente al finalizar su período. Esto permitiría dar continuidad a los objetivos cifrados para un mediano a largo plazo y tendría un impacto positivo en la generación de una cultura científica.

## Áreas de Exploración Futura

Junto a las recomendaciones presentadas en este capítulo, diversos públicos de interés a lo largo de las comunidades vinculadas a la educación y difusión de la astronomía, debiesen explorar el potencial existente para la implementación de estas estrategias clave.

E4.1: Posicionar a Chile, no solo como líder en la presencia de observatorios científicos de vanguardia, sino también como una reconocida fuente mundial de recursos para la difusión y educación de la astronomía. Para lograrlo, las universidades deben tomar un rol más activo en la generación de productos educativos de calidad que puedan ser replicados en otras partes del mundo, y convertir a Chile en una “industria” no solo de astrónomos e investigación científica, sino también de recursos para la educación y difusión de la astronomía.

E4.2: Promover dentro de las universidades el desarrollo de propuestas que incorporen contenidos de astronomía en la malla curricular de algunas carreras que puedan vincular el ejercicio profesional con esta ciencia como, por ejemplo, Pedagogía en Ciencias, Periodismo y Turismo.

E4.3: Creación de un certificado universitario o programas de diplomados en difusión y educación de la astronomía, particularmente en instituciones regionales. En la búsqueda de una inclusión educativa de la comunidad en general, las universidades deben considerar a todos los habitantes de la región que representan, incluyendo a quienes residen en zonas apartadas o poseen diferentes cosmovisiones. Para cumplir esta labor de inclusión educativa regional, se recomienda que las universidades ofrezcan programas de capacitación en divulgación de la astronomía a quienes ejercen esta labor en la región: investigadores, científicos, comunicadores, divulgadores y profesores, entre otros. Además de la creación de diplomados, se puede explorar la creación de pasantías dentro de la región.

## Capítulo 5

# El Rol del Astroturismo, los Observatorios Municipales y los Observatorios Turísticos en Astronomía



La Presidenta de la República, Michelle Bachelet, junto al Ministro de Economía, Luis Felipe Céspedes (de traje y corbata azul), participan en el Observatorio Astronómico Andino, del lanzamiento del programa "Transforma Turismo", dependiente de Corfo y la Subsecretaría de Turismo, y que es parte de los Programas Estratégicos del Gobierno definidos en la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento. Crédito: Lapresidentayyo, 2016.

## Resumen

Este capítulo aborda el estado actual del astroturismo, una actividad cada vez más relevante para un país como Chile que cuenta con cielos de extraordinaria calidad para la observación astronómica, reconocidos en todo el mundo. Dichos cielos, que durante décadas han atraído al país a los más importantes observatorios internacionales, hoy atraen a miles de turistas nacionales e internacionales, motivados por aprender más sobre el Universo a través de experiencias únicas, memorables y significativas.

En Chile existe hoy un decidido interés por parte de los actores públicos, turísticos y científicos para potenciar este tipo de turismo y permitir el fortalecimiento de distintos emprendimientos, iniciativas y alianzas para desarrollar experiencias astroturísticas de alta calidad para quienes deseen conocer los cielos del norte del país. El astroturismo constituye, además, una poderosa herramienta de educación y divulgación de la astronomía entre públicos amplios, tanto en Chile como en el extranjero.

En ese marco, el astroturismo puede hacer un aporte muy sustantivo al posicionamiento internacional de Chile como destino turístico, contribuyendo al fortalecimiento de la astronomía como marca país. Más aún, puede contribuir a la cultura científica del país, en tanto permite acercar la astronomía a la sociedad chilena en su conjunto. Chile ya cuenta con una hoja de ruta para el desarrollo del astroturismo entre 2016 y 2025, la que considera 60 iniciativas para fortalecer al país como destino de turismo astronómico. Para implementar dichas iniciativas, se requerirá que distintos actores (sector público, comunidad científica, turismo y astrónomos *amateur*, entre otros) participen activamente y generen alianzas que permitan coordinar los esfuerzos.

## Objetivos

- Posicionar internacionalmente a Chile como el destino más relevante del mundo en materia de astronomía y astroturismo.
- Incrementar significativamente la cantidad y calidad de la oferta actual de astroturismo disponible en Chile y con ello generar oportunidades de desarrollo económico y social para el país.
- Incrementar significativamente la calidad y cantidad de los guías de astroturismo, desarrollando para ello programas específicos de formación, en conjunto con actores científicos y turísticos.
- Aprovechar el potencial del astroturismo como herramienta de educación y difusión de la astronomía, así como de sensibilización en torno al problema de la contaminación lumínica y la protección de los cielos oscuros.
- Identificar y desarrollar recursos para la divulgación de contenidos astronómicos (y/o científicos) factibles de ser empleados como medios de apoyo para la interpretación en las experiencias astroturísticas.



· Promover la participación activa de la comunidad de astrónomos aficionados y/o amateurs en el desarrollo del astroturismo.

## Estado actual de esta área en Chile y alianzas entre Chile y Estados Unidos y con otros países

El astroturismo, también llamado turismo astronómico o turismo de las estrellas, comprende las actividades recreativas y/o educativas que se desarrollan en torno al cosmos, los fenómenos astronómicos y las maneras de comprenderlos, tanto pasadas (cosmovisiones, mitologías, etc.) como presentes, lo que incluye los últimos hallazgos científicos, así como los instrumentos y tecnologías que los astrónomos emplean en la actualidad<sup>21</sup>.

Toda experiencia de astroturismo tiene componentes de divulgación astronómica, pues la observación del cielo por parte de los visitantes (elemento central de una experiencia astroturística), requiere de explicaciones de un guía especializado, quien debe entregar las claves de interpretación para comprender lo observado. En este sentido, el astroturismo es una poderosa herramienta para la divulgación astronómica, como lo demuestran los diversos estudios que se realizaron en 2015 en el marco del proyecto Astroturismo Chile ([www.astroturismochile.cl](http://www.astroturismochile.cl)). Es importante comprender que no toda iniciativa de educación o divulgación astronómica tiene componentes turísticos, pero sí es preciso considerar que hay importantes iniciativas de divulgación (por ejemplo, los programas de visitas a observatorios científicos internacionales o universitarios) que sí son percibidas como atractivos turísticos por parte del público<sup>22</sup>. Esto representa una gran oportunidad para la vinculación entre astronomía y sociedad.

Por la calidad de sus cielos y la cantidad de oferentes que concentra, Chile es uno de los tres destinos más destacados del mundo en materia de astroturismo, junto con España y Estados Unidos<sup>23</sup>. Chile cuenta con aproximadamente 150 oferentes de astroturismo, ubicados entre las regiones de Antofagasta y Biobío. Dentro de ellos es posible identificar a observatorios científicos internacionales, observatorios nacionales universitarios, observatorios públicos (municipales), observatorios privados (con o sin fines de lucro), alojamientos y *tour* operadores. Algunos están enfocados en la educación y divulgación, mientras que otros están enfocados principalmente en el turismo<sup>24</sup>.

Esta oferta se ha desarrollado y potenciado por la instalación de grandes observatorios astronómicos profesionales internacionales -lo que avala la calidad de los cielos chilenos-, y gracias a la creación de observatorios municipales (como es el caso de Mamalluca en la comuna de Vicuña) que han favorecido la generación de diversos emprendimientos astroturísticos privados en su entorno.

En 2014 la oferta chilena de astroturismo recibió aproximadamente 262.000 visitantes (público general) y cerca de 138.000 estudiantes primarios y secundarios<sup>25</sup>. Al analizar estas cifras, se observa que son los planetarios y museos, los observatorios municipales y los alojamientos, los que reciben más visitas (ver Tabla 1 en Anexos). Si en el análisis no se consideran las

visitas escolares (que no son estrictamente turísticas), se observa que disminuye la importancia de planetarios y museos, y aumenta la de los observatorios públicos municipales.

Las visitas a observatorios científicos (tanto internacionales como nacionales) no representan más del 10% del total de visitas a la oferta astroturística de Chile (ver Tabla 2 en Anexos). En la Tabla 3 (Anexos) se observa que son solo ocho oferentes los responsables de generar aproximadamente dos tercios del total nacional de visitas (estudiantes incluidos). Esto evidencia el potencial de crecimiento del sector astroturístico, si se aprovechan las capacidades instaladas del resto de los oferentes<sup>26</sup>.

Cabe señalar que de las visitas astroturísticas del público general (262.000), un 72.1% de los visitantes son de nacionalidad chilena, mientras que el 27,9% restante tiene nacionalidad extranjera (proviene principalmente de Estados Unidos, Brasil, Alemania y Reino Unido). Asimismo del total, un 85% de los visitantes declara que no tienen ningún acercamiento previo a la astronomía, o que sus conocimientos son básicos, mientras que un 10% se declara aficionado a la astronomía y un 1% afirma ser astrónomo profesional<sup>27</sup>. Esto evidencia que el astroturismo no es exclusivamente un turismo de nicho, solo para aficionados, sino que -por el contrario- interesa ampliamente al público general que no tiene mayores conocimientos sobre astronomía. Esta es la gran oportunidad que ofrece el astroturismo para la divulgación de esta disciplina y de las ciencias en general.

Para Chile, desarrollar este tipo de turismo permite generar oportunidades para el desarrollo turístico local y regional, diversificar la oferta turística del país y fortalecer su imagen como destino turístico en el contexto internacional. Es por ello que existe un decidido interés del Estado de Chile en desarrollarlo. Así, CORFO ha financiado el proyecto "Astroturismo Chile" para elaborar una hoja de ruta que permita el desarrollo del astroturismo en los próximos 10 años. Paralelamente, el Plan Nacional de Desarrollo Turístico Sustentable consignó al astroturismo como uno de los productos turísticos a potenciar entre 2015 y 2018<sup>28</sup>. Además, el Programa "Transforma Turismo" de CORFO<sup>29</sup>, ha definido al astroturismo como una de las cinco experiencias turísticas a potenciar en los próximos 10 años.

<sup>21</sup>Astroturismo Chile (2015a): Mapa de Actores del Astroturismo en Chile, p. 14. Disponible en: [www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11](http://www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11)

<sup>22</sup>Astroturismo Chile (2015b): Estudio de Oferta Nacional de Astroturismo. Disponible en: [www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11](http://www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11)

<sup>23</sup>Astroturismo Chile (2015c): Estudio de Oferta Internacional de Astroturismo. Disponible en: [www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11](http://www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11)

<sup>24</sup>Astroturismo Chile (2015b). Op. Cit.

<sup>25</sup>Astroturismo Chile (2015d). Estudio sobre Demanda de Astroturismo en Chile. Disponible en: [www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11](http://www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11)

<sup>26</sup>Astroturismo Chile (2015d). Op. Cit.

<sup>27</sup>Op. Cit.

<sup>28</sup>Subsecretaría de Turismo (2015): Plan Nacional de Desarrollo Turístico Sustentable, p. 31.

<sup>29</sup>Desde 2015 CORFO está desarrollando Programas Estratégicos de Especialización Inteligente en sectores estratégicos para el desarrollo nacional, siendo uno de ellos, el turismo.

Por su parte, la colaboración entre Chile y Estados Unidos, en materia de astroturismo, es saludable, pues tanto instituciones de carácter profesional relacionadas con astronomía (como los observatorios científicos), así como otros organismos dedicados a la educación y/o divulgación en astronomía, con base en Estados Unidos, se han mostrado abiertos a cooperar en diversos ámbitos para promover la educación astronómica en Chile.

Ejemplos de lo anterior son los programas de EPO y talleres desarrollados por AURA/NOAO, el programa *Astro Day* Chile organizado por AURA/Gemini, el programa Chile-California que potencia lazos de cooperación desde diversos ámbitos científico-culturales y las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía, entre otros.

En los estudios realizados por el proyecto “Astroturismo Chile”, se detectaron numerosas y diversas oportunidades para la futura colaboración entre observatorios científicos e iniciativas nacionales de astroturismo. En el mes de octubre de 2015, “Astroturismo Chile” organizó la primera mesa de trabajo entre los representantes en Chile de ESO, AURA, ALMA y *Carnegie Institution for Science*, y la Subsecretaría de Turismo, para coordinar acciones orientadas a potenciar el astroturismo en Chile. Esta primera reunión fue muy exitosa pues, tanto los actores científicos como los turísticos, concordaron en la necesidad de aunar esfuerzos en esta materia. La segunda reunión de la mesa de trabajo tuvo lugar a principios de 2016.

Es rescatable como ejemplo de alianzas entre Estados Unidos y Chile, la participación activa del Observatorio Cerro Tololo en la génesis y desarrollo del observatorio turístico municipal Mamalluca, el primero de estas características en el país, ubicado en la región de Coquimbo.

En cuanto a los observatorios científicos internacionales, cabe señalar que actualmente seis de ellos reciben visitas en Chile: Cerro Tololo, Gemini, ALMA, Las Campanas, La Silla y Paranal<sup>30</sup>. Juntos suman cerca de 15.000 visitas al año, cifra que si bien es menor a la cantidad que totalizan observatorios científicos en Estados Unidos o Europa, es un aporte importante al desarrollo turístico de las regiones donde se emplazan. Además, cabe señalar que esta cifra puede crecer en los próximos años, si se trabaja en el mejoramiento de algunas condiciones de sus programas de visitas y si se organizan planes de visitas a los futuros observatorios LSST, GMT0 y E-ELT.

Los esfuerzos de los observatorios científicos por abrir sus instalaciones al público general son valiosos para las comunas y regiones donde se emplazan, así como para el país, que hoy ejecuta diversas iniciativas públicas para transformarse en un destino de excelencia internacional en astroturismo.

En materia de experiencias en observatorios científicos destacadas en Estados Unidos, es posible mencionar el Observatorio Kitt Peak, que cuenta con un programa para astrónomos *amateur* que considera estadías nocturnas para realizar observación astronómica.

Son destacables en Chile, también, los esfuerzos de los actores privados, observatorios con y sin fines de lucro, alojamientos y tour operadores. Cabe señalar que un 64% de los oferentes privados de astroturismo son microempresas y un 27% son pequeñas empresas, por lo que es evidente que este tipo de turismo contribuye, en lo principal, al desarrollo a nivel local<sup>31</sup>. Algunos casos destacables para mencionar son el del Observatorio Astronómico Andino (Región Metropolitana), que está desarrollando una alianza con el *Sam Houston State University Planetarium de Huntsville, Texas*, para realizar observaciones mediante cámaras de video e intercambiar imágenes –tanto del cielo del hemisferio norte como del sur–, para compartirlas con los visitantes, de modo de poder observar y conocer el cielo desde ambos hemisferios. También destaca el caso de la Hacienda Los Andes en la Región de Coquimbo, hotel especializado en astrofotografía.

Por último, cabe señalar que el interés del público y de la prensa nacional e internacional en este tipo de turismo es cada vez mayor. En el reporte de prensa internacional de Fundación Imagen de Chile 2014 – 2015, el astroturismo aparece por primera vez como un tema destacado, captando el 1,3% de las menciones, lo que es muy relevante considerando que el turismo aventura (ya consolidado en Chile) capta el 2,4% de las menciones<sup>32</sup>. Esto abre interesantes oportunidades para la visibilización de la astronomía y del trabajo de los observatorios científicos mediante el astroturismo.

## Programas ejemplares de esta área en Chile, entre Chile y Estados Unidos y con otros países

En materia de astroturismo, Chile puede aprender muchísimo de la experiencia de Estados Unidos y de la importancia que las actividades de diseminación tienen en dicho país. Ejemplos exitosos se pueden encontrar en el Observatorio Griffith, uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad de Los Ángeles, que recibe 1,2 millones de visitantes al año; en el sistema de visitas a Mauna Kea en Hawái, que recibe 280.000 visitas al año en sus dependencias, donde se ubican 13 telescopios; o en los programas astroturísticos del *Mt. Lemmon Sky Center* en Arizona, que destacan por su calidad. Todas estas iniciativas han desarrollado buenas prácticas factibles de replicar y/o adaptar en Chile. Otras experiencias destacables son las del Observatorio Roque de los Muchachos (La Palma, España) que se define como un agente de desarrollo local, aliándose con actores turísticos para incrementar el número de visitas a sus instalaciones; o el *Jodrell Bank Discovery Centre* (Manchester, Reino Unido) que además de contar con un centro de visitantes

<sup>30</sup>Es importante mencionar que el Observatorio Cerro Tololo cuenta con un programa de visitas en fines de semana desde 1965, que recibe aproximadamente 5.000 turistas al año. Destaca también el caso del radiotelescopio ALMA, que en 2015 abrió un programa de visitas que tuvo un éxito inmediato, contando en la actualidad con listas de espera para acceder a los cupos de visitantes.

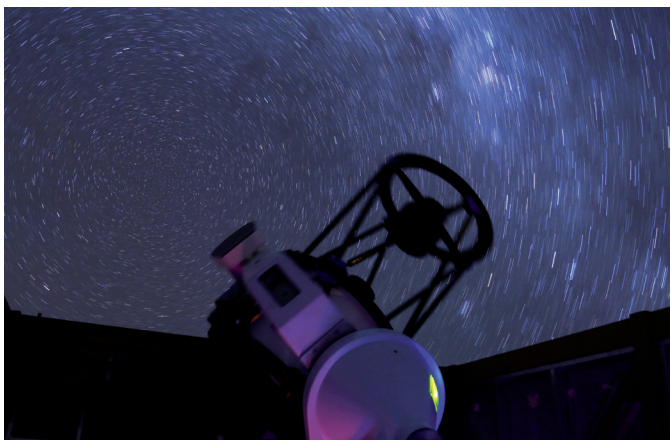
<sup>31</sup>Astroturismo Chile (2015b). Op. Cit.

<sup>32</sup>Fundación Imagen de Chile (2015): Turismo chileno en la prensa internacional. Reporte 2014 – Primer Semestre 2015, p. 21.

de excelencia, desarrolla un masivo festival de música y ciencia (*Live at Jodrell Bank*) que convoca a miles de visitantes cada año y cuyos ingresos permiten financiar otras actividades de divulgación durante el resto del año<sup>33</sup>.

Con respecto a ejemplos de programas en Chile, puede mencionarse a la Escuela de Astronomía de Invierno<sup>34</sup>, desarrollada por la Unidad de Astronomía de la Universidad de Antofagasta desde 2013, y que tiene entre sus públicos objetivos a guías de turismo astronómico, quienes han mostrado un continuo interés por participar en este programa. Algunos de sus ex alumnos incluso han desarrollado emprendimientos astroturísticos, gracias a la experiencia adquirida<sup>35</sup>. Otro ejemplo es la feria *Astro Day Chile* de Gemini, que se realiza desde hace varios años en La Serena, y que permite un acercamiento entre los observatorios, departamentos de Astronomía y oferta de astroturismo con la comunidad local.

La región de Antofagasta además destaca por la reciente construcción de Ckoirama, primer observatorio profesional público del norte de Chile, que será operado por la Unidad de Astronomía de la Universidad de Antofagasta. Este observatorio tendrá una doble función: permitirá realizar ciencia de primer nivel gracias a su sofisticada instrumentación<sup>36</sup>, y cumplirá una función educativa y turística, al estar abierto para visitas nocturnas<sup>37</sup>. Para potenciar esta función, generará alianzas con tour operadores, a fin de ofrecer una experiencia astroturística que permita un acercamiento único a la astronomía profesional.



*Observatorio Ckoirama. Crédito: Farid Char (Unidad de Astronomía, Universidad de Antofagasta).*

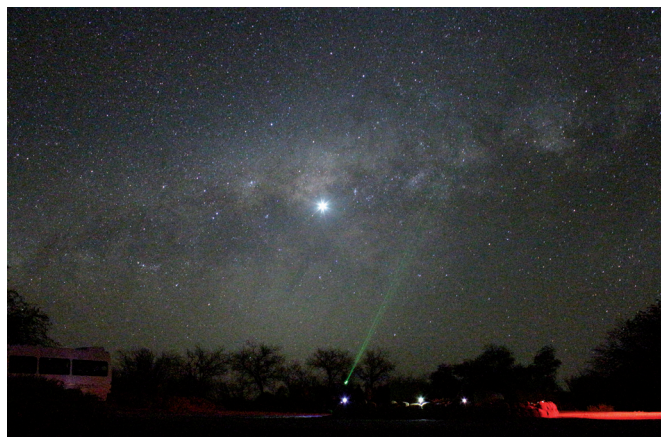
## Problemas o necesidades existentes

De acuerdo a los estudios realizados<sup>38</sup>, además de las discusiones sostenidas en las Cumbres Chileno-Estadounidenses sobre Educación y Difusión de la Astronomía, las principales brechas que enfrenta el astroturismo en Chile son las que se describen a continuación:

### Calidad de las experiencias:

Si bien Chile cuenta con una cantidad relevante de oferentes de astroturismo, las experiencias que se ofrecen (salvo excepciones) no cuentan con estándares de calidad internacional. En ese sentido, se

requiere desarrollar diversas iniciativas para incrementar la calidad de las experiencias astroturísticas ofrecidas tanto en observatorios científicos (nacionales e internacionales), observatorios turísticos, alojamientos, tour operadores, planetarios y museos. Esta calidad tiene que ver con infraestructura, contenidos y relato del guía, medios de apoyo (paneles, audiovisuales, etc.) y servicios adicionales (transporte, alimentación, abrigo, etc.), entre otros. Aquí es vital aprender de las buenas prácticas en astroturismo de Estados Unidos y otros países como España y Reino Unido. Al mismo tiempo se debe trabajar en la generación de estándares y normas técnicas para los oferentes de astroturismo en Chile, en alianza con los actores turísticos.



*Típica observación astronómica en el desierto de Atacama. Crédito: Farid Char (Unidad de Astronomía, Universidad de Antofagasta).*

### Capital humano:

El desarrollo del astroturismo necesita de guías especializados, que puedan entregar a los visitantes las claves de interpretación de la experiencia, con el debido rigor científico, y que al mismo tiempo cuenten con las habilidades y conocimientos propios del turismo, como la comunicación efectiva y el manejo de grupos. Si un guía tiene un conocimiento pleno en astronomía, pero no cuenta con las suficientes habilidades comunicacionales, su desempeño con los turistas no será el óptimo. El guía debe contar con habilidades para mantener una interacción constructiva con el visitante y lograr una experiencia memorable y significativa en

<sup>33</sup>Astroturismo Chile (2015c), Op. Cit.

<sup>34</sup>Para más antecedentes, revisar el siguiente link: <http://www.astro.uantof.cl/extension/escuelas-de-temporada/tercera-escuela-astronomica-de-invierno/>.

<sup>35</sup>Un ejemplo se puede encontrar en el siguiente link: <http://www.estrellaantofagasta.cl/impresa/2016/02/20/full/cuerpo-principal/3/>

<sup>36</sup>Cuenta con un telescopio principal de 60 cm., que será controlado remotamente desde Antofagasta y administrado íntegramente por la Universidad de Antofagasta, aunque estará abierto a diversas colaboraciones nacionales e internacionales.

<sup>37</sup>Para ello, se cuenta con un telescopio secundario de 35 cm.

<sup>38</sup>Estudios desarrollados por "Astroturismo Chile". Para revisar el diagnóstico de brechas del astroturismo en Chile en profundidad, favor revisar el documento "Hoja de Ruta para el Astroturismo en Chile 2016 – 2025", disponible en [www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11](http://www.astroturismochile.cl/productos/#tab-1420226974-1-11) En torno a dichas brechas se proponen diversas iniciativas a desarrollar en los próximos años.



un *tour* de este tipo, y al mismo tiempo entregar información con base científica y fuentes verificables, contribuyendo así a derribar concepciones erróneas. En la actualidad, los guías de astroturismo en Chile tienen perfiles de formación muy diversos. Algunos son autodidactas, otros tienen formación universitaria en Astronomía o Física y otros tienen formación en turismo. Pero a la fecha no existen normas técnicas para guías de astroturismo, programas de formación en este campo ni certificaciones. Por otra parte, la informalidad de este mercado laboral y la estacionalidad de este tipo de turismo, inciden en la alta rotación de los guías, desincentivando la inversión privada en capacitación<sup>39</sup>. La única experiencia formal de capacitación a guías de astroturismo desarrollada a la fecha, es la organizada por la Universidad de La Serena, en 2009, que tuvo la forma de un diplomado financiado con fondos regionales. Desde entonces no se han registrado instancias formativas específicas para guías de astroturismo.

R5.1: Desarrollar un trabajo conjunto con todos los actores del sector, para diseñar e implementar un programa de formación para guías de astroturismo en Chile, en tanto es vital contar con capital humano especializado para el desarrollo de este tipo de turismo en el país.



El Observatorio Cerro Mayu está ubicado a 25 km de La Serena en dirección al Valle del Elqui. El diseño de las instalaciones es un homenaje a las culturas pre-colombinas y su conocimiento sobre astronomía. En la parte exterior se exhiben estructuras artísticas inspiradas en el calendario solar. Crédito: S. Pompea, NOAO/AURA/NSF.

### Promoción y comercialización:

En general, todos los oferentes de astroturismo (tanto científicos como turísticos) tienen mecanismos de promoción aún muy básicos, que pueden y deben ser mejorados en los próximos años, si se quiere incrementar la cantidad actual de visitantes. Sin embargo, los aspectos de promoción y comercialización deben ser abordados cuando las brechas de calidad y capital humano hayan comenzado a cerrarse, pues de otro modo, la promoción generará expectativas que la oferta no estará en condiciones de satisfacer. De todos modos, el potencial de Chile en astroturismo es enorme, por lo que debe aprovechar su posición única en el mundo como “capital de la astronomía mundial” o “ventana del mundo al Universo”, para

potenciar su imagen como destino turístico a través de iniciativas que sean capaces de encantar tanto al turista local, como al nacional y al internacional.

R5.2: Ofrecer cursos de inglés para fines específicos a guías de turismo y actores asociados al astroturismo.



Turista observando objeto con telescopio refractor. Crédito: Observatorio Astronómico Andino.

### Sustentabilidad:

Los cielos oscuros son vitales tanto para la investigación astronómica como para el astroturismo, pues el cielo sin contaminación lumínica es lo que permite que se puedan desarrollar experiencias de observación a ojo desnudo o con telescopios y/o binoculares. El astroturismo, al igual que la astronomía profesional, requiere del recurso cielo oscuro, por lo que la protección de este, mediante certificaciones de cielos (de la Fundación *Starlight* o la *International Dark Sky Association*), normas y reglamentos de alcance nacional o regional u ordenanzas municipales, son indispensables para el desarrollo de esta actividad.

### Sensibilización y articulación del sector:

En el astroturismo concurren diversos tipos de actores: sector público (institucionalidad turística, científica, de fomento productivo, ambiental, económica y territorial regional y local), comunidad científica (observatorios internacionales, observatorios nacionales, universidades, investigadores y divulgadores, entre otros), y sector turístico (responsables de observatorios públicos y privados, empresarios hoteleros, tour operadores y otros). Todos ellos son necesarios para transformar a Chile en un destino de astroturismo de excelencia internacional. La manera de comprometerlos e involucrarlos es a través de la creación de una estrategia común, donde todos puedan aportar desde sus saberes y ámbitos, para el logro de objetivos a nivel nacional. Una necesidad específica en esta materia, es que los actores científicos tengan conciencia de la relevancia de esta estrategia (el astroturismo) en el marco de la divulgación de la

<sup>39</sup>Astroturismo Chile (2015b). Op. Cit.



astronomía y en relación a las oportunidades de desarrollo local, regional y nacional (tanto económico como de capital humano). La astronomía profesional debe ser una aliada de estos procesos, contribuyendo al crecimiento del astroturismo, pero con los estándares de calidad necesarios en guías, infraestructura, instrumental y contenidos. También es necesario que el mundo científico, principalmente aquel de las universidades, conozca y se articule en red con otros actores no científicos, como los turísticos, que desarrollan estas experiencias en Chile. Ese intercambio posibilitaría la creación de alianzas y/o colaboraciones sinérgicas.

R5.3: Se considera particularmente relevante mantener instancias de trabajo entre las instituciones públicas turísticas de Chile (Subsecretaría de Turismo y SERNATUR) y los actores vinculados a la astronomía (grandes observatorios científicos y universidades) y la industria del turismo en general.

## ¿Cómo pueden los otros cuatro pilares de la educación y difusión de la astronomía, el Gobierno, la empresa privada y las fundaciones, ayudar a resolver estos problemas y/o necesidades?

### **Compromiso estatal:**

En 2015 los diferentes actores públicos vinculados a astronomía y turismo comenzaron a priorizar el desarrollo del astroturismo en Chile. Por esta razón, la Subsecretaría de Turismo, Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) y CORFO han estado trabajando –en coordinación con otros actores del sector, científicos y turísticos– en la elaboración de la Hoja de Ruta del Astroturismo en Chile 2016 - 2025 (a través del proyecto “Astroturismo Chile”). Se espera que las iniciativas que dicha hoja de ruta contemple puedan contar con el apoyo de recursos públicos en los años siguientes, mediante diversos instrumentos de financiamiento. Todo esto con el fin de cerrar las brechas ya indicadas. De todos modos, para lograr que este apoyo público se materialice, se deberá contar con el compromiso y los aportes de los otros actores del sector, tanto científicos como turísticos.

Algunas iniciativas relevantes propuestas en el marco de la Segunda Cumbre Chileno-Estadounidense de Educación y Difusión de la Astronomía, y que requieren la concurrencia de los actores estatales son: contar con más observatorios astronómicos públicos en Chile (idealmente uno por región), con el objetivo de llevar la astronomía a todos los rincones de Chile y poner en valor a los cielos de Chile como un patrimonio nacional, y diseñar e implementar programas de formación de capital humano para el astroturismo, que permitan mejorar la calidad de las experiencias astroturísticas de acuerdo a los estándares internacionales.

Además, resulta necesario que la institucionalidad pública contribuya a la generación de emprendimientos astroturísticos

privados, disminuyendo para ello algunas barreras burocráticas y/o administrativas que hoy desincentivan a los emprendedores que buscan desarrollar el turismo astronómico. Los empresarios pueden ser un aporte en el financiamiento e implementación de iniciativas que fomenten el astroturismo en el norte como en otras regiones.

### **Compromiso y colaboración de los actores científicos:**

Si bien el turismo no es una tarea propia de los astrónomos ni de los observatorios científicos, la divulgación sí lo es y el astroturismo es una herramienta poderosa. En ese marco, para potenciar a Chile como destino de astroturismo, se requiere de la colaboración activa de los actores científicos para el establecimiento de los estándares de calidad que este tipo de actividades requiere para la elaboración de contenidos de alta calidad susceptibles de ser empleados en diversas instancias divulgativas y astroturísticas, para discutir y diseñar (en conjunto con los actores turísticos) programas de formación para guías de astroturismo que permitan contar con capital humano de excelencia. Sobre este último punto cabe enfatizar que si Chile realmente busca convertirse en un destino reconocido para el astroturismo, es imprescindible que los guías se encuentren bien preparados. Esto requiere de un esfuerzo conjunto de los actores científicos (universidades, investigadores y divulgadores), de los actores turísticos (universidades y empresas) y de los actores públicos (principalmente turísticos y de fomento), para desarrollar un programa de trabajo común, que considere un rol para la comunidad de aficionados a la astronomía<sup>40</sup>, y que permita capacitar a guías astronómicos, comunicadores y divulgadores de la astronomía.

### **Redes estratégicas:**

Resulta importante generar nuevas alianzas entre Chile y otras instituciones especializadas en astronomía y astroturismo de otros países, incluyendo a Estados Unidos, por cierto. Este tipo de alianzas permitirá consolidar a Chile como líder en astronomía, así como también intercambiar experiencias y aprendizajes. Un ejemplo al respecto es la reciente integración de Chile como uno de los países de la Oficina Regional Andina de Astronomía. Esta es una alianza entre seis naciones sudamericanas (Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, Perú y Venezuela), supervisada por la Oficina de Astronomía para el Desarrollo de la Unión Astronómica Internacional. Este esfuerzo permitirá fortalecer el vínculo con los países vecinos en materias científicas y culturales, ya que cada Oficina Regional, a nivel mundial, debe velar por el cumplimiento de las tres fuerzas de trabajo de la Oficina de Astronomía para el Desarrollo (universidades e investigación, niños y escuelas, y divulgación pública), mediante el diseño e implementación de diversas actividades. En síntesis, y a fin de

<sup>40</sup>El astroturismo puede favorecer el establecimiento de positivas alianzas con la comunidad de aficionados a la astronomía, astrónomos amateur y astrofotógrafos, así como otros actores de la educación informal en astronomía (proyectos de ciencia ciudadana y otras instancias de carácter artístico-cultural). Todos ellos pueden intervenir como colaboradores directos en la promoción del astroturismo, dando a conocer las actividades y oportunidades que puede encontrar un entusiasta de la astronomía en nuestro país, desde la mirada de quienes ya disfrutan de esta ciencia como una pasión y cuentan con la disposición de compartirla con los demás.

integrar a todos los actores involucrados, se hace necesario un mayor esfuerzo para generar y fortalecer redes que permitan poner en contacto a todos los actores del sector: científicos, turísticos y públicos, tanto nacionales como internacionales, de modo de potenciar –en conjunto- a Chile como destino de astroturismo.

### **Astronomía cultural y rescate patrimonial:**

Actualmente Chile está coordinando esfuerzos para dar valor patrimonial a diversos sitios e instalaciones científicas relacionadas con el desarrollo de la astronomía en nuestro país. Paralelo a ello, resulta fundamental realizar actividades de rescate y valorización de lo que hoy se denomina “astronomía cultural”, entendida como los conocimientos, tradiciones y prácticas de diversas culturas en torno al cielo, tanto del pasado (arqueoastronomía) como del presente (etnoastronomía).

En el astroturismo hay cabida para divulgar estas tradiciones culturales ligadas a la astronomía, pero para ello, se deben dedicar esfuerzos (a través de la colaboración con actores de la educación formal, universidades y observatorios profesionales) para investigar y divulgar las cosmovisiones de los diversos pueblos que han habitado o habitan Chile –culturas andinas (Aymara, Atacameña, Cocha), cultura Mapuche y cultura Rapa Nui, entre otras-, lo que puede favorecer la creación de una efectiva asociación entre ciencia y cultura. Asimismo, es muy importante fortalecer los vínculos con estas comunidades, especialmente con aquellas que se encuentran en el entorno de los grandes observatorios internacionales, pues son protagonistas del desarrollo de sus territorios, y las actividades astronómicas (investigación y turismo) pueden contribuir en este esfuerzo.



*Astrofotografía en el monumento Mano del Desierto, ubicado aproximadamente a 75 km. SE desde Antofagasta. Crédito: Farid Char/Unidad de Astronomía, Universidad de Antofagasta.*

## **Áreas de Exploración Futura**

Junto a las recomendaciones presentadas en este capítulo, diversos públicos de interés a lo largo de las comunidades vinculadas a la educación y difusión de la astronomía, debiesen explorar el potencial existente para la implementación de estas estrategias clave.

E5.1: Incrementar la participación de los observatorios profesionales en el sector, mejorando para ello sus actuales programas de visitas y estudiando alternativas para aumentar el número de asistentes a sus instalaciones (las que resultan de gran atractivo para el público general, nacional e internacional).

E5.2: Desarrollar estudios que permitan actualizar anualmente las cifras de visitantes obtenidas en el marco del proyecto “Astroturismo Chile”, de modo de contar con información relevante para la toma de decisiones, públicas, científicas y turísticas, en cuanto al desarrollo de este tipo de turismo.

## Anexos

Tabla 1: Visitas totales en 2014, por tipo de oferente astroturístico

TIPO DE OFERENTE	CASOS	CANTIDAD DE VISITAS DECLARADAS EN 2014	PROMEDIO DE TURISTAS POR OFERENTE	PORCENTAJE
Observatorios científicos internacionales	5	14.737	2.947	4%
Observatorios científicos nacionales universitarios	5	11.760	2.352	3%
Observatorios turísticos públicos	5	69.295	13.850	17%
Observatorios privados sin fines de lucro	6	16.200	2.700	4%
Observatorios privados con fines de lucro	8	33.000	4.125	8%
Alojamientos con oferta de astroturismo	13	46.980	3.614	12%
Tour operadores	12	20.440	1.703	5%
Planetarios y museos	2	187.200	93.600	47%
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>399.567</b>	<b>7.135</b>	<b>100%</b>

Tabla 2: Visitas en 2014, por tipo de oferente astroturístico. Se excluyen visitas escolares

<b>TIPO DE OFERENTE</b>	<b>CASOS</b>	<b>CANTIDAD DE VISITAS DECLARADAS EN 2014</b>	<b>PROMEDIO DE TURISTAS POR OFERENTE</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Observatorios científicos internacionales	5	14.737	2.947	6%
Observatorios científicos nacionales universitarios	5	8.760	1.752	3%
Observatorios turísticos públicos	5	69.000	13.800	26%
Observatorios privados sin fines de lucro	6	16.200	2.700	6%
Observatorios privados con fines de lucro	8	33.000	4.125	13%
Alojamientos con oferta de astroturismo	13	45.980	3.537	18%
Tour operadores	12	20.440	1.703	8%
Planetarios y museos	2	54.500	27.250	21%
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>262.617</b>	<b>4.690</b>	<b>100%</b>



Tabla 3: Oferentes que recibieron más visitas en 2014, según tipo

TIPO DE OFERENTE	VISITAS TOTALES 2014 POR TIPO DE OFERENTE	PORCENTAJE DEL TOTAL NACIONAL DE VISITAS	OFERENTE CON MAYOR CANTIDAD DE VISITAS EN 2014 (según tipo)	PORCENTAJE DEL TOTAL NACIONAL DE VISITAS
Observatorio científico	14.737	4%	<i>Paranal Observatory</i> ESO	1,6%
Observatorio universitario	11.760	3%	Observatorio Nacional Cerro Calán	1,1%
Observatorio público	69.250	17%	Observatorio Mamalluca	12,5%
Observatorio privado sin fines de lucro	16.200	4%	Observatorio Cerro Mayu	2%
Observatorio privado con fines de lucro	33.000	8%	Observatorio <i>SPACE</i>	3,6%
Alojamientos con oferta de astroturismo	46.980	12%	Observatorio Roan Jase	6,3%
<i>Tour</i> operador	20.440	5%	Empresa Tierra de Astros	2,5%
Planetarios y museos	187.200	47%	Fundación Planetario	36,8%
<b>TOTAL</b>	<b>399.567</b>	<b>100%</b>		<b>66,5%</b>

Fuente: "Astroturismo Chile".

## Capítulo 6

# Apoyo a los Programas de Educación y Difusión de la Astronomía en Chile



*Las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía, y su importante labor de sintetizar las ideas de más de cien expertos participantes, no hubiese sido posible sin el financiamiento de la Embajada de Estados Unidos en Chile, NSF, Fundación Imagen de Chile, AUI, AURA y Carnegie Institution for Science. Crédito: Tim Spuck (AUI/NSF).*

## Resumen

En Chile hoy existen distintas formas de apoyo para proyectos de educación y divulgación de la astronomía, incluyendo financiamiento, recursos de capital humano e infraestructura. Hay fondos concursables con auspicio del Gobierno, apoyo de los observatorios científicos en fondos y programas, e infraestructura pública que se puede aprovechar. También se puede obtener ayuda financiera de empresas y entidades privadas.

A pesar de la variedad de fondos y apoyo disponibles, hay cierta falta de información acerca de la existencia de dichos fondos. Además, algunos no están especialmente diseñados para proyectos de educación y divulgación o no cuentan con evaluadores expertos en el área. Adicionalmente, muchos postulantes evidencian falta de experiencia o capacitación en el desarrollo de una postulación, y existe una falta de métricas de evaluación de proyectos y la inclusión de profesionales complementarios.

Dado el importante papel que puede desempeñar la astronomía en el desarrollo de áreas tan diversas como economía, educación, ciencias relacionadas e innovación, se propone establecer una política prioritaria de apoyo y financiamiento dentro de las fuentes permanentes que estén dedicadas a la divulgación y la educación de la astronomía. Esto incluye la revisión y flexibilización de los fondos existentes. De manera complementaria, se proponen acciones que lleven a mejorar el flujo de información acerca de los fondos existentes así como la calidad de las propuestas. Se sugiere el desarrollo y capacitación de recursos humanos complementarios por medio de los distintos mecanismos para aprovechar al máximo el potencial que estos programas representan para el futuro de Chile.

## Objetivos

- Sugerir mejoras en el diseño de las líneas de apoyo existentes, a fin de hacer más efectivos los requisitos y los procesos de postulación e implementación.
- Identificar nuevas oportunidades de apoyo a los programas de educación y difusión de la astronomía por parte de entidades públicas y privadas.
- Desarrollar instancias para el desarrollo de capacidades de diseño de proyectos y gestión de fondos entre los responsables de proyectos de educación y difusión de la astronomía.

## Estado actual de esta área en Chile

La astronomía es una disciplina que captura la imaginación del público en general, particularmente la de los jóvenes, y puede ser la puerta de entrada a otras ciencias. La exploración del

Universo posee la capacidad de atrapar a todo tipo de audiencias, aumentando el interés por carreras en STEM y favoreciendo una mayor cultura científica. Además, la astronomía en Chile ha empezado a contribuir en ámbitos económicos y sociales, incentivando el desarrollo de nuevas carreras como Astro-Ingeniería y nuevas áreas de comercio, como el astroturismo. Por estas razones, tanto como otras mencionadas en anteriores capítulos, el apoyo a los programas de educación y difusión de la astronomía es una inversión con gran alcance y efectividad.

Hoy existen distintos caminos para el apoyo a los programas de educación y divulgación científica en Chile, en formas de financiamientos directos, aportes de recursos humanos, entre otros. La gran parte del apoyo a estos programas consiste en aportes recibidos mediante fondos monetarios de instituciones nacionales y extranjeras ligadas a la promoción de la ciencia, como del sector privado. Sin embargo, los fondos son generalmente para proyectos, aplicables a gastos únicos como la impresión de materiales, transporte de escolares a eventos o visitas de expertos, sean nacionales o internacionales. El apoyo dedicado a recursos humanos (sea en capacitación permanente o salarios), infraestructura u otro tipo de origen no pecuniario, es más escaso y, en general, depende de las instituciones que los albergan o de esfuerzos personales y voluntarios.

Entre las instituciones que entregan la mayor parte del financiamiento para proyectos de divulgación científica en Chile están CONICYT y CORFO. También existen otros fondos nacionales cuyo objetivo principal no es la divulgación o educación, pero que pueden ser utilizados para ese tipo de proyectos, entre los cuales se encuentran el FIC-R, el FNDR, la CONADI, el INJUV, el CNCA y los que habilita la SEP para escuelas emergentes. Por último podemos mencionar fondos destinados a la creación de Centros Científicos y Tecnológicos de excelencia como BASAL, Anillo e Iniciativa Científica Milenio. Dichos centros, en general, cuentan con un equipo dedicado a la divulgación, ya que tienen la obligación de realizar educación y difusión como parte de sus proyectos.

Entre los fondos más conocidos están los fondos concursables ALMA-CONICYT y Gemini-CONICYT, ambos del Programa de Astronomía de CONICYT, junto con el Comité Mixto ESO-Chile, que entregan fondos para proyectos esencialmente en el área de la investigación astronómica y ciencias afines, dedicando parte de sus financiamientos a proyectos de educación y divulgación. Más allá de la astronomía, existen fondos de colaboración y otros programas de la NSF de los Estados Unidos, la Embajada de los Estados Unidos y entidades privadas y académicas de ese país, como también fondos similares de la Unión Europea y países europeos (ej. a través del Programa de Cooperación Internacional de CONICYT).

Otro tipo de patrocinio viene del sector privado y está especialmente relacionado con la minería y empresas que deciden entregar aportes en el marco de la Responsabilidad Social Empresarial. Por ejemplo, empresas como Subaru y FMLP han apoyado la difusión de la astronomía en colegios a través de iniciativas de formación de capital humano, como es el caso de FMLP en escuelas rurales y el proyecto AstroBus. De la misma

manera, la Universidad de Antofagasta posee un laboratorio financiado por Minera La Escondida, y FMLP junto con la Compañía Minera Carmen de Andacollo, lo que ha permitido financiar congresos internacionales de aficionados a la astronomía.

Existen otros tipos de financiamiento emergentes que a futuro podrían llegar a ser relevantes para la educación y difusión en Chile, como son los fondos PEM y los de tipo *Crowdfunding* o cooperación colectiva (ej. [crowdfunding.cl](http://crowdfunding.cl), [idea.me](http://idea.me), etc.). En este sentido, el proyecto UNawe demostró la efectividad de *crowdfunding* en una campaña en 2014 para la distribución de su *kits de Universe in a Box*, en Inglaterra.

En cuanto al aporte de recursos humanos, consistentes en el apoyo a iniciativas con el trabajo de un tercero, podemos nombrar la retribución entregada por los beneficiarios de las becas nacionales de Magíster, Doctorado y Complementarias del programa Becas Chile de CONICYT. En estos casos el aporte consiste en la participación *ad-honorem* en procesos de evaluación, promoción y/o divulgación de iniciativas, durante la duración de sus becas.

Por último, en cuanto al apoyo en equipamiento, instrumentos y uso de espacios de trabajo para la promoción de una determinada área, estos están mayoritariamente cubiertos por los distintos tipos de financiamiento económico. No obstante, existe también la alternativa de usar los espacios públicos disponibles como gimnasios, parques, bibliotecas, etc., los cuales están mayoritariamente a cargo de las municipalidades. Además, los observatorios internacionales proveen espacios, materiales e infraestructura, en apoyo a programas educativos y de difusión, tales como los Galileoscopios donados a muchas escuelas por CTIO y Gemini, hasta espacios físicos y virtuales, en forma de sistemas de videoconferencias para programas nacionales e internacionales.

R6.1: Establecer un diálogo formal entre la comunidad encargada de la difusión y educación de la astronomía y el sector privado, fundaciones y organizaciones encabezadas por líderes de opinión y actores de la astronomía. Algunas recomendaciones son que mediante las instituciones y líderes nacionales en divulgación científica, se explore y promueva la posibilidad de financiamiento a través de fundaciones filantrópicas chilenas y extranjeras. También se puede explorar el uso o creación de fondos patrimoniales para actividades de divulgación de la astronomía. Y, finalmente, la misma comunidad encargada de la difusión y educación de esta ciencia, tiene que concertar esfuerzos para llegar al sector privado y las autoridades políticas, mediante la participación en eventos de alta convocatoria y desarrollando relaciones con las instituciones y actores que proveen apoyo y determinan políticas públicas.

## Programas ejemplares de esta área en Chile, entre Chile y Estados Unidos y con otros países.

Existen varios programas de financiamiento para actividades

de educación y divulgación en astronomía y ciencias, todos relativamente amplios en cuanto al tipo de proyecto que financian, y varios están abriendo la posibilidad para que también puedan postular personas naturales, apoyadas por instituciones educacionales (ej. profesores de colegios). Dentro de los programas de financiamiento más destacados se pueden nombrar los siguientes.

R6.2: Ampliar y promover el perfil de los solicitantes que pueden postular a los llamados de financiamiento para la difusión y educación de la astronomía. Con el fin de abrir la puerta a ideas innovadoras, se recomienda flexibilizar y alentar el rango de postulantes a los fondos para proyectos de educación y difusión, permitiendo, por ejemplo, la postulación de profesores de establecimientos educacionales o de instituciones públicas como municipalidades, juntas de vecinos, etc..

### **Programa Explora de CONICYT:**

Tiene como objetivo general desarrollar la capacidad de apropiación de los beneficios de ciencia y tecnología por parte de la comunidad, en particular por los jóvenes en edad escolar.

### **FONDEF Regional:**

Concurso de CONICYT que entrega fondos provenientes del FIC, y tiene como objetivo el contribuir al aumento de la competitividad de la economía nacional y al mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos, promoviendo la vinculación entre instituciones de investigación y empresas en la realización de proyectos de investigación aplicada, desarrollo precompetitivo y transferencia tecnológica.

### **CORFO:**

Ofrece fondos provenientes del FIC y del FNDR. Estos tienen como objetivo el desarrollo e innovación en regiones, entregando una buena oportunidad para ampliar el espectro de posibilidades para desarrollar proyectos de educación y divulgación.

## **Problemas o necesidades existentes**

Aunque existen varias opciones de apoyo para los proyectos de educación y difusión en astronomía, a menudo hay dificultades a la hora de buscar información sobre los fondos disponibles. Hoy es posible identificar fácilmente algunos sitios web con la información pertinente (ej. CONICYT, CORFO, etc.). La mayoría pertenecen a instituciones gubernamentales, sin embargo, es más difícil encontrar información acerca de fondos entregados por otras instituciones, empresas privadas o fondos exclusivos para regiones (ej, ESO, mineras, etc.). Lo anterior conduce a que muchas veces los postulantes

sepan de la existencia de algún fondo cuando queda ya poco tiempo para postular; o a veces ocurre que postulan a un solo fondo reiteradamente y esto provoca que quien apruebe los proyectos no considere esas propuestas específicas más que una sola vez, para así dar oportunidades a otros proyectos.

R6.3: Crear y mantener actualizada una guía para oportunidades de financiamiento, de organizaciones que ofrecen apoyo financiero y en especies, así como capacitación en difusión y educación de la astronomía. Esta guía puede ser creada y actualizada por alguna institución transversal (ej. SOCHIAS o CONICYT) y distribuida por medio de su sitio web.

Esto se complementa con las diferencias en los procesos y en la documentación requerida para postular entre los distintos fondos, lo que disminuye la cantidad de propuestas. En algunos concursos, la cantidad de fondos disponibles así como los criterios de evaluación, no son claros, particularmente si son programas dirigidos a personas sin mayor experiencia en postular o manejar fondos para proyectos. Adicionalmente, los resultados de los concursos no suelen estar acompañados por retroalimentación sobre las fortalezas y debilidades de las propuestas, lo que es importante para que los postulantes puedan ir mejorando sus propuestas en el tiempo. Todo lo anterior genera una barrera para la innovación y así se ralentiza el crecimiento de la comunidad de divulgación en astronomía.

Adicionalmente, los comités de evaluación de algunos concursos muchas veces no cuentan con expertos en educación y/o difusión de la ciencia entre sus miembros, por lo que en la evaluación del impacto de cada proyecto falta la mirada de los profesionales que están mejor posicionados para analizar el alcance que tendrá una propuesta entre su público objetivo. Además, en varios de los concursos existentes, los proyectos de educación y divulgación compiten por los mismos fondos con proyectos de investigación científica, lo cual complica aún más el proceso de evaluación al comparar proyectos de distinta índole. Todo esto, lleva a que se terminen financiando muchos proyectos de poca envergadura, de corta duración y que no son verdaderamente significativos a la hora de abarcar una cantidad importante de público general, o tener impactos reales en las comunidades objetivo.

En efecto, en la gran mayoría de concursos y propuestas faltan métricas adecuadas para la medición del impacto de proyectos de educación y difusión. Hasta el momento, la medición más común empleada está en el número de personas que se beneficiarán, o que participarían directamente en el proyecto. Es necesario que los concursos desarrollen, definan, y utilicen métricas más efectivas en las evaluaciones de los proyectos, y que los postulantes integren estas y otras métricas en la implementación de sus actividades.

De hecho, muchos postulantes tienen deficiencias al momento de desarrollar y presentar o exponer sus proyectos. Los posibles participantes vienen de ámbitos tan diversos



como escuelas rurales e instituciones nacionales sin fines de lucro. Como consecuencia, proyectos innovadores con el potencial de generar un alto impacto pueden obtener una baja evaluación debido a que las ideas no fueron bien planteadas o bien entendidas por los evaluadores. Más allá de las postulaciones, los equipos involucrados en las propuestas para proyectos de educación y divulgación, tienden a no incluir recursos humanos externos especializados en áreas como comunicación, diseño, contabilidad, etc. En muchos casos esto se debe a que dichos recursos serán provistos por las instituciones responsables por los proyectos. Sin embargo, en muy pocas ocasiones se toma en cuenta la carga laboral intrínseca de dichos profesionales y la sobrecarga que significa ser parte del proyecto. Lo cual puede llevar a un manejo deficiente de la iniciativa y a una pobre calidad de sus productos. Todo esto, no solamente debe ser parte de las evaluaciones de propuestas, sino del desarrollo y capacitación de la comunidad de postulantes, para mejorar la efectividad de los proyectos.

R6.4: Se recomienda la creación de capacitación, a través de talleres y guías, para el diseño de propuestas exitosas. Además, las guías relacionadas con concursos específicos deben presentar claramente los criterios de evaluación, de modo de ayudar (y no desanimar) en el éxito del proceso. Estas capacitaciones pueden ser parte del proceso de los concursos o, aún mejor, coordinadas por las instituciones que provean apoyo (como CONICYT y fundaciones privadas) y las instituciones que llevan a cabo los proyectos (como las universidades y otros participantes).

## Áreas de Exploración Futura

Junto a las recomendaciones presentadas en este capítulo, diversos públicos de interés a lo largo de las comunidades vinculadas a la educación y difusión de la astronomía, debiesen explorar el potencial existente para la implementación de estas estrategias clave.

E6.1: Insertar en el PAI de CONICYT, apoyo para que beneficiarios retornados puedan trabajar en organizaciones de difusión y educación, como se hace actualmente con la industria y la academia. Debido a la falta de recursos humanos avanzados con pericia en astronomía, se recomienda abrir una nueva línea en el PAI, que junto a los apoyos a la inserción de doctores en la industria y academia, apoye también la inserción en instituciones ligadas a la difusión y educación. Además, se propone expandir la participación de estudiantes en práctica en áreas tales como periodismo, computación, diseño, publicidad y administración.

E6.2: Premiar la evaluación de propuestas de proyectos que reflejen asociaciones institucionales y actividades multi-temáticas.

E6.3: Modificar las políticas de financiamiento existentes en los fondos concursables, para posibilitar que las propuestas seleccionadas de difusión y educación de la astronomía con

una duración de largo plazo, sean automáticamente renovables.

E6.4: Priorizar la protección de los cielos oscuros en los llamados a fondos concursables. Se debe explorar la posibilidad de abrir líneas de financiamiento o apoyo a la protección de cielos oscuros a través del Fondo de Protección Medioambiental del ministerio de esta área.

E6.5: Impulsar el desarrollo del astroturismo y de su capital humano en los llamados a fondos concursables. Basado en los amplios beneficios que los programas de astronomía postulantes a concursos han tenido en el desarrollo de capital humano más avanzado, se propone promover el desarrollo del astroturismo y de su capital humano a través de fondos o apoyo de CORFO o CONICYT.

E6.6: Insertar representantes de las áreas de difusión y educación de la astronomía en los comités que evalúan postulaciones para el financiamiento de la divulgación de esta ciencia, asegurando, de este modo, que los criterios para comunicaciones y elementos educativos sean adecuadamente considerados. En la adjudicación de estos fondos, se recomienda que los comités de evaluación cuenten con un equipo multidisciplinario que incluya expertos en educación y difusión de la ciencia. Estos profesionales pueden funcionar, por ejemplo, en calidad de consultores externos tanto como evaluadores. Su objetivo será definir criterios y evaluar de acuerdo a estos las propuestas para proyectos de divulgación.

E6.7: Asegurar la participación de observatorios profesionales en la evaluación y diseño de estrategias, programas y acciones nacionales de difusión y educación en astronomía implementadas por el Gobierno de Chile. Más allá del Gobierno, es claro que los observatorios internacionales han tenido, y continuarán teniendo, un papel fundamental en la educación y divulgación de la astronomía en Chile. Por lo tanto, es importante integrarlos en planes de desarrollo del área. Se recomienda considerar la creación de un modelo de coordinación más eficiente para su participación en esta tarea, y que incentive la colaboración en proyectos chilenos. También resultaría en un gran incentivo la asignación de un porcentaje de los fondos tipo ALMA-CONICYT, Gemini-CONICYT y Mixto ESO-Chile, de manera exclusiva para proyectos de educación y divulgación de la astronomía, y, además, crear un modelo de coordinación más eficiente para la adjudicación de estos fondos.

E6.8: Las universidades y los observatorios científicos y aficionados pueden tener un rol importante, tanto en la donación de materiales como en la facilitación de espacios físicos para ser utilizados en la divulgación de la astronomía. En Chile, aún no se ha explotado el apoyo a la divulgación de esta ciencia mediante aportes materiales o de infraestructura. En este sentido, también se recomienda explorar la creación de espacios regionales significativos para el desarrollo de EPO, como centros de visita y planetarios, y/o incentivar el uso de espacios existentes como museos, parques, plazas, etc., en las actividades de educación y difusión de la astronomía.

## Anexo

Fondos dedicados a la divulgación y su utilización

	TOTAL(CLP)	TOTAL ESPECÍFICO EN DIVULGACIÓN(CLP)	NÚMERO DE PROYECTOS DIVULGACIÓN
<b>2016</b>			
PAR	999.957.778		5
<b>2015</b>			
Chile Va!	283.750.814		7
ALMA-CONICYT	213.267.000	10.767.000	1
ESO-Chile	349.881.200	44.381.200	5
<b>2014</b>			
Chile Va!	971.084.876		9
ALMA-CONICYT	393.980.500	41.190.000	1
Gemini-CONICYT	191.769.400	28.669.400	4
ESO-Chile	241.590.000	26.090.000	2
<b>2013</b>			
Valoración-Divulgación	595.356.520		32
ALMA-CONICYT	176.412.100	7.800.000	1
Gemini-CONICYT	538.511.969	5.801.969	1

Fuentes: CONICYT y SOCHIAS.

## Capítulo 7

# Métricas de Evaluación de los Programas de Educación y Difusión de la Astronomía



*La American Academy of Science and Technology -iniciativa de la Embajada de los EE.UU. en Chile y la Universidad de Talca-, AUI y Explora/CONICYT, ofrecieron un taller para destacar la relevancia del uso de métricas de evaluación e impacto en programas de educación y difusión de las ciencias. Crédito: Maricel Contreras (Universidad de Talca).*

## Resumen

Mejorar, y en algunos casos incorporar métricas de evaluación en los programas de educación y difusión de la astronomía en Chile, es un requisito transversal para el desarrollo de este campo. Se piden evidencias empíricas del éxito de los programas, sin embargo quienes los implementan cuentan con pocos recursos y apoyo para incorporar métodos adecuados de valoración y evaluación del éxito de estas iniciativas.

Una vez fijados los objetivos, estos indicadores permiten demostrar que los resultados concretos fueron exitosos, en la medida que se vinculen adecuadamente con los propósitos iniciales. De ahí en adelante hay que utilizar una serie de prácticas para consolidar la efectividad de un programa, lo que lamentablemente en Chile se enfrenta a la mala utilización de estas prácticas debido a la confusión de sus verdaderos alcances y usos.

En los últimos años, instituciones internacionales y entre ellas muchas de Estados Unidos, han realizado grandes avances en el campo de la valoración y evaluación. Se precisa generar asociaciones de colaboración entre Chile y estas instituciones para entrenar a educadores de astronomía formal e informal en estas áreas. La inversión necesaria en entrenamiento y desarrollo de recursos para la evaluación se justifica ampliamente al mejorar la gestión de los proyectos y reducir la brecha entre la propuesta inicial de un programa y los resultados obtenidos por el mismo.

## Objetivos

- Aumentar la conciencia entre los actores de la comunidad EPO de astronomía respecto de la relevancia de la evaluación de impacto dentro del ciclo de propuestas y gestión de programas.
- Crear en la comunidad EPO de astronomía capacidades de elaboración y gestión de proyectos que incorporen métodos de evaluación e impacto.

## La relevancia de las métricas de evaluación de programas de educación y difusión de la astronomía

Alguna vez escuché las siguientes preguntas: ¿fue un proyecto exitoso? o ¿cómo sabemos si este proyecto fue exitoso? Un programa de evaluación bien desarrollado no solo nos puede decir si tuvimos éxito, sino también ayudarnos a ser exitosos. Esto no es solo importante para los líderes y participantes en actividades de educación y difusión de la astronomía, sino también para quienes financian dichos programas. Las agencias que proveen fondos quieren confirmar el éxito basado en evidencias, y ello requiere un esfuerzo importante de parte de quienes planean e implementan estos programas.

Las organizaciones alrededor del mundo utilizan la evaluación

efectiva para beneficiar a sus organizaciones de distintas maneras, y, por ende, recabando información útil para distintos segmentos del negocio que representan. Así, de la tabla 6.1 podemos deducir que en el ejemplo del sector de las organizaciones sin fines de lucro, la implementación de mecanismos de evaluación permite recolectar informaciones relevantes para el desarrollo de este sector de las organizaciones: reportes para líderes del sector, planificación/revisión de programas, distribución de recursos e implementación de mejores prácticas, entre otras.

Para poder medir el éxito, debemos determinar si los resultados concretos de un programa son vinculantes y apoyan a los objetivos del mismo. Cada programa tiene objetivos diferentes, y, por ende, el éxito puede definirse de manera diversa en cada uno. Por ejemplo, si a través de mis actividades entrego a 10.000 personas un autoadhesivo con mi sitio web y 200 de ellas lo visitan una o dos veces, ¿fue la actividad original un éxito? O si en otro proyecto pasé tres días trabajando con solo 20 profesores y mostrándoles cómo navegar mi sitio web

Tabla 6.1: ¿Cómo usan la evaluación las organizaciones sin fines de lucro?<sup>41</sup>

¿Para qué es usada la evaluación?	% de organizaciones
Actualizaciones y reportes para líderes de organizaciones	89%
Reportes para financistas de becas/contratos	84%
Para planear/revisar programas	84%
Informar propuestas para nuevo financiamiento	80%
Planear/revisar estrategias	76%
Para tomar decisiones sobre distribución de recursos	58%
Para tomar decisiones sobre dotación de personal	53%
Para intercambiar mejores prácticas	48%

Si extrapolamos esta realidad de la importancia y uso dado a los mecanismos de evaluación como soporte de la educación y difusión de la astronomía en Chile y el resto del mundo, no se suele dar la importancia que merece a los instrumentos de medición y valoración formal de los proyectos.

Cuando se elabora un proyecto, existe una tendencia a priorizar hitos vinculados con la puesta en práctica particular de esta iniciativa, dejando fuera usos formales de evaluación y retroalimentación. Así, por ejemplo, el éxito en la educación y difusión de la astronomía suele ser definido por la cantidad de gente que participa en una cierta actividad o en las historias de algunos participantes. A veces nos enteramos que un estudiante logró algo grandioso luego de participar en uno de nuestros programas, o de un profesor que ganó un premio tras ser parte de una experiencia de desarrollo profesional, y contamos estos hechos como signos de éxito de nuestro programa, ¿pero significa esto que nuestro programa fue un éxito en realidad?, ¿estos hechos comprueban que los objetivos del programa se alcanzaron? Tal vez sí, tal vez no.

con sus alumnos, y luego del entrenamiento 15 de ellos lo utilizaron año tras año con sus estudiantes, ¿es eso una prueba de éxito? ¿En cuál de los dos casos hubo un impacto más significativo e importante? y ¿en qué caso se mantuvo el impacto en el tiempo? Así, si mi objetivo es dar a conocer mi sitio web de manera masiva, el primer ejemplo resulta exitoso en el corto plazo por la cantidad de personas que lo visitaron.

No basta con tener entusiasmo para comunicar la astronomía, se debe incluir evaluación y valoración sólida en la educación y difusión de esta ciencia, con la intención de coordinar esfuerzos conjuntos de los actores involucrados en la gestión de programas de esta índole. Existen variadas iniciativas informales relacionadas con la comunicación de la astronomía cuyos resultados no tienen impacto significativo, y que suelen carecer de medición de sus resultados y seguimiento de sus acciones. Los

<sup>41</sup>State of Evaluation 2012-Evaluation practice in the non-profit sector (n=450).



educadores informales quieren ver que estas iniciativas incorporen buenas mediciones cuantitativas y cualitativas para poder demostrar los verdaderos resultados y el impacto público de sus programas. Aquellos profesionales dedicados a la difusión y educación de la astronomía, en Chile se pueden beneficiar de una amplia red de recursos internacionales para la evaluación y valoración de programas educativos formales y no formales vinculados con el área científica (ver Recursos Adicionales).

## Necesidades en esta área en Chile

En Chile hay una gran necesidad por evaluación y valoración de los programas de educación y difusión de la astronomía, vinculada a un bajo conocimiento en metodologías de medición entre quienes desarrollan e implementan estos programas, a quienes es necesario educar mediante métodos adecuados de evaluación y valoración.

R.7.1: Generar programas de capacitación y talleres que ayuden a implementar correctamente métricas de evaluación en programas de educación y difusión de la astronomía.

En primer lugar, se deben diferenciar conceptos ampliamente utilizados en el ámbito de la evaluación de programas de divulgación de la astronomía y aprender la correcta aplicabilidad de estos términos y lo que conllevan para la efectividad de un programa.

Es importante definir varios términos que usamos cuando hablamos de evaluación de programas. Algunas personas emplean los términos “evaluación” y “valoración” como si fueran lo mismo, pero son muy diferentes: valoración es el proceso de recoger la información que será utilizada en la evaluación; se puede considerar como la métrica. Por ejemplo, en un planetario podemos entregar una encuesta al público antes y otra después de la presentación, para conocer qué han aprendido. Luego, emplearemos esa información, junto con otros datos, para que nos ayude a evaluar si el show del planetario cumplió con sus objetivos.

Mientras, la valoración es el proceso de recoger los datos de los participantes del programa, la evaluación corresponde a analizar y reflexionar sobre dicha información, llegar a conclusiones y tomar decisiones basadas en su análisis. Diferenciar ambos términos es, por tanto, fundamental.

Otros conceptos importantes de diferenciar cuando hablamos de evaluación y valoración, son los de formativo y sumativo. Valoración y evaluación formativa se dan durante la realización de un proyecto, y son herramientas valiosas para determinar si vamos por buen camino o debemos modificarlo. En el ejemplo del espectáculo del planetario, la persona que lo ofrece puede preguntar algo al público, y, sobre la base de la respuesta, se podría alterar lo presentado para ayudar a la audiencia a llegar al objetivo que tiene la demostración. Por otro lado, la valoración y evaluación sumativa es lo que ocurre al final del programa o

proyecto (examen final, proyecto final, etc.). Tanto las mediciones formativas como las sumativas deben ser parte de un plan de evaluación para cualquier programa o proyecto.

También existen diferentes tipos de datos que se pueden reunir y usar con el propósito de determinar el éxito de un programa. Cada tipo de información tiene sus fortalezas y debilidades, y, por ello, la evaluación correcta de un programa requiere la recolección de una diversidad de información. La información se presenta de dos formas: cualitativa y cuantitativa. Es importante comprender la diferencia entre las métricas cualitativas y cuantitativas utilizadas en el proceso de evaluación y valoración de un programa (ver Tabla 6.2)<sup>42</sup>.

R7.2: Se recomienda que se lleve a cabo una completa investigación sobre fuentes chilenas e internacionales, para identificar recursos y mejores prácticas en la evaluación y métricas. Estos recursos deben ser traducidos -de acuerdo a la necesidad- y albergados en línea en una ubicación centralizada, y puestos a disposición de manera gratuita para la comunidad chilena de EPO en astronomía. Basados en la retroalimentación brindada por los participantes de las cumbres, existe la necesidad de una librería de recursos en línea de capacitación, y de evaluación y métricas, fácilmente accesible y en español.

Ahora que hemos conocido la correcta aplicabilidad de muchos conceptos, pareciera que diseñar un programa de evaluación sólido puede ser una tarea difícil, pero no debería serlo. Cada programa es único a su manera, y a continuación hay algunos consejos y recomendaciones para que los profesionales de la educación y difusión de la astronomía tomen en cuenta al momento de la evaluación y valoración de iniciativas de este tipo<sup>43</sup>:

- Planee la evaluación y valoración desde el inicio del proyecto. Cuando considere una idea, piense cómo medirá su éxito, ya sea que se haya logrado o no.
- Defina claramente las metas y objetivos a corto y largo plazo.
- Asegúrese de que el proceso de evaluación y valoración se corresponda con sus metas y objetivos.
- Planee una evaluación formativa y otra sumativa. La evaluación formativa se lleva a cabo durante la implementación del proyecto y la sumativa, al final. Utilice la información de las evaluaciones formativas para guiar las decisiones acerca de posibles cambios en la implementación de estrategias. Es importante destacar que la evaluación formativa no debería emplearse para propósitos disciplinarios. Cuando se usa para castigar a individuos o grupos, puede tener un impacto muy negativo en el éxito del proyecto.

<sup>42</sup>ORISE (2015). Differences Between Qualitative and Quantitative Research Methods. Printed: [http://www.orau.gov/cdcenergy/soc2web/content/phase05/p\\_hase05\\_step03\\_deeper\\_qualitative\\_and\\_quantitative.htm](http://www.orau.gov/cdcenergy/soc2web/content/phase05/p_hase05_step03_deeper_qualitative_and_quantitative.htm) (Nov. 24, 2015)

<sup>43</sup>Stoll, K., Ortega, S., Spuck, T. (2013). The Power of Partnerships: A Guide from the NSF GK-12 Program. American Association for the Advancement of Science, Printed: <http://www.gk12.org/2013/06/10/the-power-of-partnerships-a-guide-from-the-nsf-gk-12-program/>

Tabla 6.2: Evaluación y Valoración Cualitativa vs. Cuantitativa de Programas<sup>44</sup>

Métodos Cualitativos	Métodos Cuantitativos
Los métodos incluyen grupos focales, entrevistas en profundidad y reseñas de documentos para los distintos tipos de temas.	Encuestas, observaciones y entrevistas estructuradas, y reseñas de documentos o archivos para información numérica.
Principalmente proceso inductivo para formular teorías o hipótesis.	Principalmente proceso deductivo para probar conceptos preestablecidos e hipótesis que construyan una teoría.
Más subjetivo: describe un problema o condición desde el punto de vista de quien lo experimenta.	Más objetivo: provee efectos observados (interpretados por investigadores) de un programa sobre un problema o condición.
Basados en textos.	Basados en números.
Mayor información profunda sobre pocos casos.	Información menos profunda pero más amplia sobre mayor cantidad de casos.
Opciones de respuesta sin estructura o semi estructuradas.	Opciones de respuesta estructuradas.
Sin pruebas estadísticas.	Las pruebas estadísticas se usan para análisis.
Puede ser válido y confiable: depende de la habilidad y el rigor del investigador.	Puede ser válido y confiable: depende de con qué se midió y qué instrumentos se utilizaron.
Más tiempo dedicado a la fase de análisis y menos al final del planeamiento.	Más tiempo dedicado al planeamiento y menos a la fase de análisis.
Menos generalizable.	Más generalizable.

<sup>44</sup>[http://www.ora.gov/cdcynergy/soc2web/content/phase05/phase05\\_step03\\_deeper\\_qualitative\\_and\\_quantitative.htm](http://www.ora.gov/cdcynergy/soc2web/content/phase05/phase05_step03_deeper_qualitative_and_quantitative.htm)

R7.3: Garantizar métricas y evaluación del apoyo a la diversidad cultural que prestan los programas de divulgación de la astronomía, en particular en el diagnóstico de programas para las comunidades indígenas.

- Utilice la información de las evaluaciones sumativas para comunicar los logros del proyecto. Las agencias financieras y otros miembros externos al proyecto estarán muy interesados en estos resultados, así es que planee compartir los resultados de su evaluación sumativa con ellos. Un claro ejemplo de evaluación sumativa es el examen nacional que toman los alumnos a fin de año en algunos países. El mismo informa al Ministerio de Educación y otros si los alumnos han tenido éxito o no, o si alcanzaron o no los objetivos establecidos por el Ministerio y que definen su idea de lo que es el éxito.

- Asegúrese de haber incluido en su proyecto los fondos suficientes para la evaluación y valoración del mismo. Tómelo como una inversión. Si puede demostrar claramente el impacto positivo para el proyecto "A", es muy probable que obtenga fondos para el proyecto "B".

- Asegúrese de que quienes están a cargo de implementar ese proyecto mantengan reuniones periódicas con aquellos encargados de la evaluación del mismo. Es esencial una comunicación fluida entre el equipo que administra el proyecto y los evaluadores.

- Cuando trabaje con escuelas, tenga en cuenta que los profesores y alumnos son asediados constantemente con varias evaluaciones y valoraciones; a veces esto los fatiga, por eso hable con los profesores de antemano acerca de otras posibles evaluaciones/valoraciones simultáneas.

## Áreas de Exploración Futura

Junto a las recomendaciones presentadas en este capítulo, diversos públicos de interés a lo largo de las comunidades vinculadas a la educación y difusión de la astronomía, debiesen explorar el potencial existente para la implementación de estas estrategias clave.

E7.1: Establecer alianzas con entidades a cargo de la divulgación de la astronomía en diferentes países, además de organizaciones internacionales, para crear oportunidades de intercambio y capacitación en evaluación. Así, se sugiere que el personal chileno vinculado al ámbito de las mediciones de programas científicos, se asocie con personal de otros países, para experimentar en difusión y educación de la astronomía, y realizar talleres para líderes chilenos en educación formal e informal.

E7.2: Incorporar la opción de traducción y publicación de recursos de difusión y educación en astronomía, dentro de los objetos de financiamiento de los fondos existentes. Por ello se recomienda ampliar en las categorías de los fondos de

financiamiento que promuevan la educación y difusión de la astronomía, la traducción y publicación de recursos internacionales de alta calidad que tratan los temas de evaluación y valoración.

## Recursos Adicionales

Existen excelentes sitios en Internet que pueden ser de ayuda. Aquí nombramos algunos:

- **Un manual amistoso para el usuario sobre evaluación de programas:** Producido por la *National Science Foundation*, puede ser una herramienta útil para entender la evaluación de su proyecto.

[http://www.evaluate.org/wp-content/uploads/formidable/Doc\\_2010\\_NSFHandbook.pdf](http://www.evaluate.org/wp-content/uploads/formidable/Doc_2010_NSFHandbook.pdf).

- **Asociación Americana de Evaluación:** Contiene recursos de evaluación/valoración para educación STEM formal/informal. <http://comm.eval.org/stemeducationandtraining/tigresources21/new-item3>.

- **Centro para el avance de la educación informal en ciencia:** Este sitio web contiene varios recursos para la evaluación y valoración, incluyendo un directorio en línea para buscar posibles evaluadores de proyecto. Algunos evaluadores son bilingües y hablan español. <http://informal-science.org/evaluation>.

- **Centro de Aprendizaje e Investigación para STEM:** Incluye una base de datos en línea de instrumentos de evaluación/valoración STEM, así como materiales para planes de enseñanza desarrollados a través de la *National Science Foundation*. Aunque la mayoría de estos recursos están disponibles solo en inglés, los instrumentos se pueden traducir fácilmente al español. <http://stellar.edc.org/resources>.

- **Centro Nacional para STEM en el Reino Unido:** Cuenta con una biblioteca de búsqueda en línea que contiene miles de recursos. <http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/>

## Conclusiones

Si los hallazgos de las **Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía** pudieran resumirse en una frase, esta sería: **el potencial que ofrece la astronomía para un país como Chile es inmenso y el momento para aprovecharlo es ahora**. Sin embargo, ni esta, ni ninguna otra frase, logra dar cuenta de la riqueza y profundidad de las reflexiones y acuerdos alcanzados en estos dos años de trabajo en los que participaron profesores, periodistas, directores de museos y planetarios, encargados de programas de EDP de la astronomía en regiones, representantes de las comunidades cercanas a los observatorios, emprendedores en astroturismo y autoridades del Gobierno de Chile y de los observatorios internacionales.

Fueron notables los esfuerzos realizados por educadores de distintas regiones de Chile por compartir estrategias y herramientas que motiven el aprendizaje de la astronomía en estudiantes de educación básica y media. En este sentido, adquiere gran importancia fortalecer la Red Nacional de Profesores de Astronomía que ya existe, así como la creación de una base de datos en línea, accesible y gratuita, de programas ejemplares y materiales de apoyo traducidos y adaptados a las necesidades educativas del país.

Los descubrimientos científicos generados por los observatorios astronómicos presentes en Chile fueron ampliamente reconocidos como una poderosa herramienta para fortalecer la imagen del país y el interés en carreras STEM. Resulta prioritario dotar a científicos, estudiantes de pregrado y divulgadores, de aquellas habilidades necesarias para comunicar en forma efectiva y cercana contenidos de astronomía, aprovechando esta disciplina como puerta de entrada a otras ciencias.

Las universidades emergieron como referentes naturales de calidad en la educación de la ciencia, con una importante responsabilidad en la difusión de la astronomía hacia la comunidad y en la promoción de políticas públicas que aumenten estos contenidos en los planes educativos del país. Actividades de difusión itinerantes y salidas a terreno, entre otras, fueron sugeridas para reforzar la cultura científica en Chile. Fundamental para alcanzar esta meta es que las universidades otorguen las facilidades y el reconocimiento necesarios a los académicos que desarrollen labores de difusión.

Otro aspecto importante abordado por las cumbres fue la necesidad de posicionar a Chile como destino turístico astronómico de primer nivel. Los participantes coincidieron en que, para aumentar el volumen y la calidad de la oferta astroturística en el país, resulta fundamental sensibilizar a las comunidades cercanas a los observatorios sobre la importancia de proteger los cielos oscuros de la contaminación lumínica, así como capacitar en astronomía y dominio del idioma inglés a los guías que desempeñan esta labor.

En lo que se refiere a las fuentes de financiamiento de programas de EDP de la astronomía en Chile, se identificó la necesidad de hacer más efectivos los procesos de postulación a los fondos concursables existentes. Incluir como postulantes válidos a profesores de enseñanza básica y media, así como incorporar a expertos en EDP de la astronomía en la evaluación de propuestas de financiamiento, fueron destacadas como acciones que contribuirían aumentar la calidad y cantidad de estos programas.

Finalmente, las métricas de evaluación fueron reconocidas como un elemento clave para mejorar la efectividad y alcance de los programas de EDP de la astronomía, y para incorporar aspectos como el respeto a la diversidad cultural en estos programas. Identificar recursos y mejores prácticas a nivel internacional sobre métricas de la evaluación, así como crear oportunidades de intercambio y capacitación en este campo, fue sugerido como un primer paso en esta dirección.

La intención de las instituciones que impulsaron estas cumbres no ha sido otra que la de ofrecer una instancia de reflexión y debate, la cual, a partir de ahora, pueda ser liderada por alguna entidad chilena. Instituciones como CONICYT, mediante sus programas Explora y Astronomía, podrían asumir este liderazgo, contando siempre con el apoyo y colaboración de los Estados Unidos y de los observatorios internacionales en Chile.

Esperamos que el documento **Alcanzando las Estrellas: Hallazgos de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía** impulse nuevas cumbres de este tipo y contribuya a la consolidación de Chile como referente mundial en la educación y la difusión de la astronomía.

Santiago de Chile, noviembre de 2016.



