



CIDAC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA ASTRONOMÍA EN CHILE

MARCELA PAZ SANHUEZA ÁLVAREZ

Memoria presentada a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile para optar al título profesional de Arquitecto.

Equipo Docente:
Humberto Eliash
Sebastián Lambiasi

Semestre Primavera, Diciembre de 2013
Santiago, Chile

Profesionales Asesores:

Humberto Eliash, Arquitecto, Universidad de Chile.

Sebastián Lambiasi, Arquitecto, Universidad de Chile.

María Paz Valenzuela, Arquitecto, Universidad de Chile.

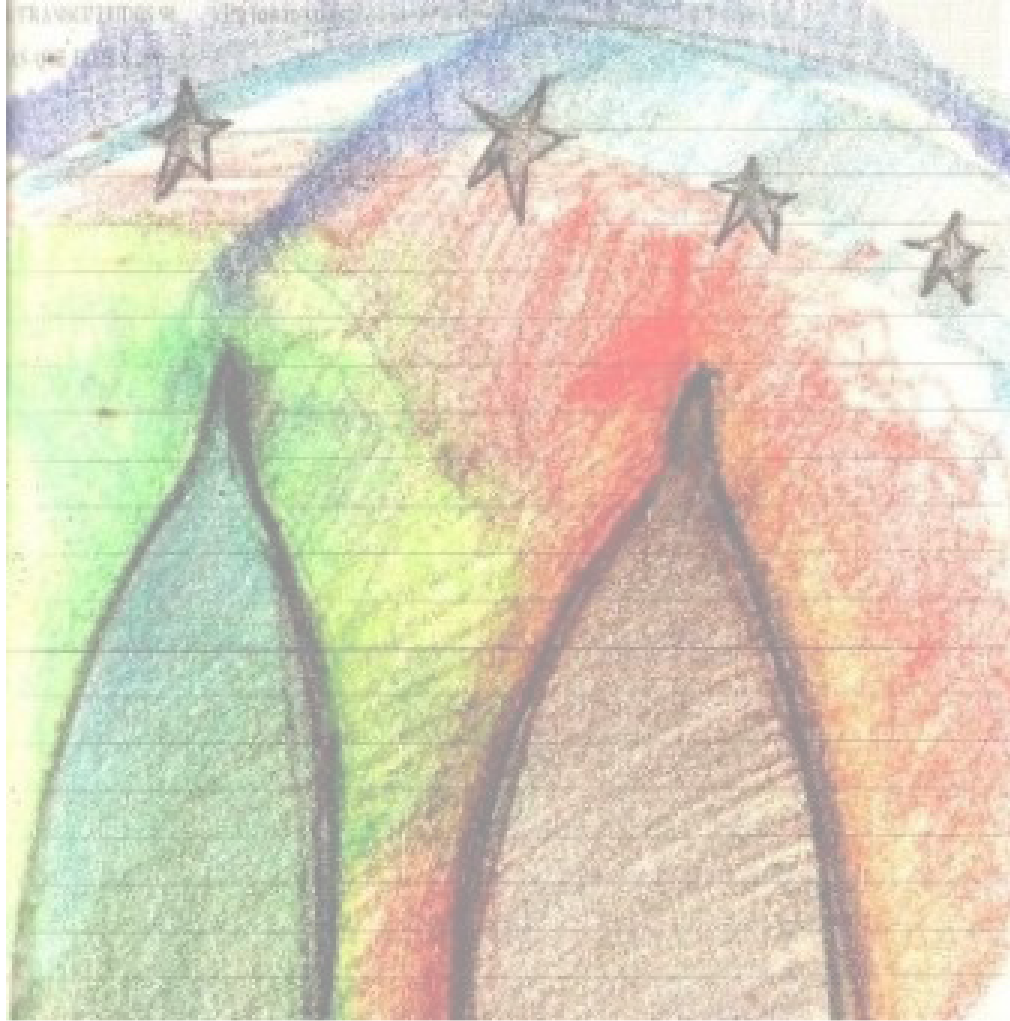
Jorge Ianiszewski, Escritor y Divulgador Científico en Astronomía, Ecología y Ciencias Espaciales, Capacitador de Astronomía Básica. Profesor del Curso de Astronomía Básica asistido en Julio de 2013.

Patricio Rojo, Astrónomo, Universidad de Chile.

Farid Char, Astrónomo amateur, Universidad de Antofagasta.

Christian Andrónico, Diseñador Gráfico y Museógrafo, Museo del Desierto de Atacama.

Claudio Castillo, Arquitecto, Universidad Católica del Norte. Jefe del Departamento de Urbanismo de la Dirección de Obras de la Municipalidad de Antofagasta.



“En Chile, a tres mil metros de altura, los astrónomos venidos de todo el mundo se reúnen en el desierto de Atacama para observar las estrellas. Aquí, la transparencia del cielo permite ver hasta los confines del universo. Abajo, la sequedad del suelo preserva los restos humanos intactos para siempre: momias, exploradores, mineros, indígenas y osamentas de los prisioneros políticos de la dictadura. Mientras los astrónomos buscan la vida extra terrestre, un grupo de mujeres remueve las piedras: busca a sus familiares”.

Síntesis “La Nostalgia de la Luz”, Patricio Guzmán. 2010.

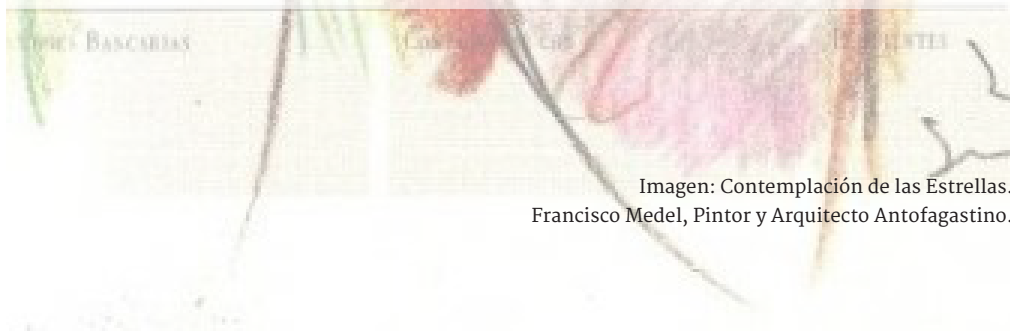


Imagen: Contemplación de las Estrellas.
Francisco Medel, Pintor y Arquitecto Antofagastino.

1	CAPITULO INTRODUCCIÓN AL TEMA	7
1.1	Presentación del Tema	9
1.2	Motivaciones Personales	12
1.3	Problemática	14
2	CAPITULO FUNDAMENTOS DEL PROYECTO	17
2.1	Contexto Mundial en el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología	19
2.2	Antecedentes sobre Astronomía Mundial	22
	a) Comunidad Científico Astronómica	23
	b) Grandes Asociaciones Internacionales	27
	c) Infraestructura Astronómica Observacional	33
2.3	Antecedentes sobre Astronomía Nacional	42
	a) Comunidad Científico Astronómica	43
	b) Institutos y Sociedades de Investigación	48
	c) Infraestructura Astronómica Observacional	54
	d) Financiamiento para la Investigación Científica	62
2.4	Metodología de Trabajo del Astrónomo	66
2.5	Proyecciones del Desarrollo Científico Astronómico en Chile	68
	a) Oportunidades	68
	b) Iniciativas	73
3	CAPITULO UBICACIÓN ANTOFAGASTA/ II REGIÓN	75
3.1	Consideraciones Generales del Emplazamiento	77
3.2	Antecedentes Regionales	78
3.3	Economía	80

ÍNDICE

3.4 Geomorfología	84
3.5 La Ciudad de Antofagasta	86
a) Crecimiento Demográfico y Expansión Urbana	86
b) Vialidad y Transporte	89
c) Aspectos del Plan Regulador Comunal de Antofagasta	92
3.6 Unidad Territorial la Negra	94
a) Características	96
3.7 Vistas del Lugar	99

4 CAPITULO DESARROLLO DEL PROYECTO 101

4.1 Objetivos	103
4.2 Desarrollo del Plan Maestro	105
a) Acciones Urbanas	105
b) Propuesta Conceptual	108
c) Estrategias de Intervención	114
4.3 Partido General	116
a) Definición del Programa	116
b) Criterios Espaciales	120
c) Propuesta Conceptual	121
d) Criterios de Sustentabilidad	123
e) Criterios de Construcción	124
f) Modelo de Gestión	125

5 CAPITULO REFERENTES 127

5.1 Bibliografía	129
5.2 Linkografía	130



INTRODUCCIÓN AL TEMA **1**



1 INTRODUCCIÓN AL TEMA

En esta memoria de título se plantean los fundamentos asociados a la idea de proyecto y al diseño urbano y arquitectónico que considera la creación del Centro de Investigación y Difusión de la Astronomía en Chile, CIDAC. Su ubicación ha sido determinada por una serie de factores que se detallan más adelante, pero que en primera instancia hacen alusión a la ciudad de Antofagasta, que ha sido catalogada como la capital astronómica del país.

Al ser la Astronomía una ciencia, ésta entra en el marco que considera el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en general, por tanto se deben presentar ciertos aspectos asociados al tema general para luego entrar en profundidad con respecto al progreso astronómico en Chile.

A grandes rasgos se puede establecer que el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología es sin lugar a dudas un sinónimo de progreso en el ámbito social, económico y cultural de un país. Es un aspecto que debe considerar la participación de todos los agentes que conforman una nación para lograr crear un sistema de lineamientos que permita el desarrollo de la ciencia en general, y en cada una de las materias específicas que subyacen de ésta.

En Chile la principal problemática para consolidar las ciencias en general surge de dicha participación, del no poder afianzar las relaciones entre los actores involucrados a partir de la institucionalidad y las políticas de estado.

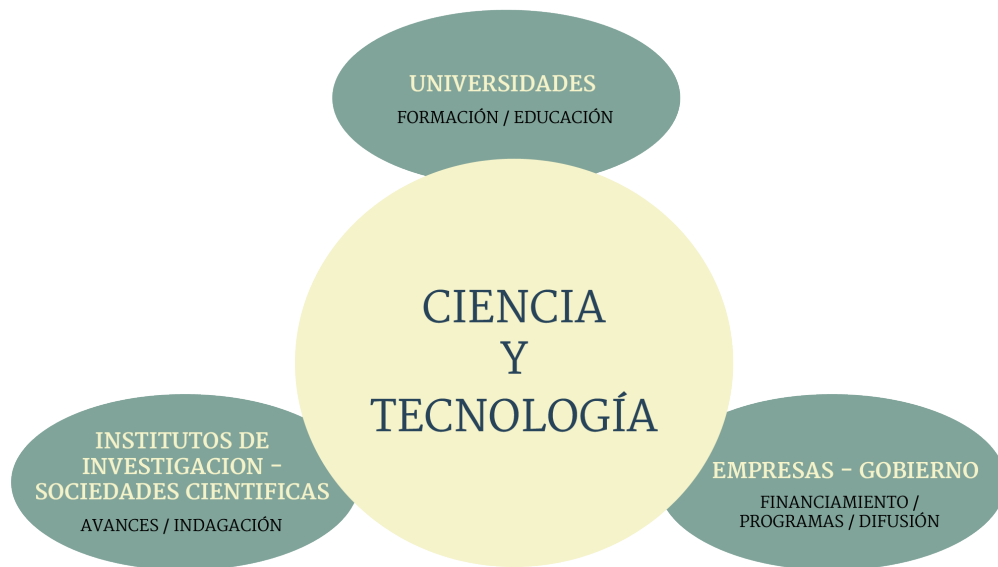
Las iniciativas que contemplan la creación de un modelo de desarrollo en relación a la Ciencia, Tecnología e Innovación; considerando la participación de universidades, institutos de investigación y sociedades científicas, empresas y gobierno; se han tenido en consideración recién a partir del año 2005 con la creación del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad¹, que finalmente hará que entren en juego las políticas adecuadas para regular y normar el funcionamiento de dicho sistema.

Cada uno de los actores responsables de la creación del modelo de desarrollo, se asocia a aspectos fundamentales que permiten tanto el progreso como la consolidación de la Ciencia y la Tecnología. Por un lado las universidades aportan desde el punto de vista de la formación académica en todos sus grados; siendo estas el pilar principal en cuanto a la educación de científicos y profesionales. Los institutos de investigación y sociedades científicas por su parte, generan los avances y están ligados a la indagación propiamente tal. Y finalmente las empresas y el gobierno se encargan del financiamiento en cuanto a la difusión y los programas asociados a la investigación.²

¹ Gobierno de Chile, Conicyt y Programa Regional Conicyt. Diagnóstico de las capacidades y oportunidades de desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en las 15 regiones de Chile: Una visión general. Página 12 (versión pdf online). Santiago, 2010.

² Ver Esquema 1 en la página siguiente.

1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA



Esquema 1: Agentes participantes en el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología.
Fuente: Elaboración Propia.

³ González, María Teresa. Atacama. Colección Santander-Museo de Arte Precolombino, 2012.

Por otra parte el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología requiere de instancias que permitan captar masa crítica, con lo cual la extensión de las ciencias tanto a científicos especializados como al público en general cobra importancia desde el punto de vista de la divulgación que se realice de estas. En relación a la problemática central, se establece que esta afecta en consecuencia, al orientar de manera clara la inserción en la sociedad de la Ciencia y Tecnología desde el punto de vista cultural y educacional.

La primera conclusión que se obtiene en relación al problema de consolidar aspectos asociados a la Ciencia y la Tecnología en Chile, es que para ello se requieren principalmente soluciones profundas asociadas directamente a la institucionalidad, que en este caso van más allá del alcance y las respuestas que se puedan dar desde el campo arquitectónico.

Cada una de las áreas de la Ciencia y la Tecnología ve reflejada dicha problemática institucional (en mayor o menor medida) tanto en su desarrollo como en sus proyecciones a mediano y largo plazo, lo cual dificulta la labor de encontrar oportunidades que lleven indirectamente a una solución del problema central.

Al analizar el escenario actual de la Astronomía en Chile se puede establecer que de acuerdo a las ventajas naturales que posee la zona Norte del país, “*noches casi siempre despejadas, con cielos oscuros aún no contaminados por las luces de grandes ciudades y una atmosfera transparente y estable*”³,

esta se perfila como una de las sedes más importantes a nivel mundial para la instalación de observatorios astronómicos trascendentales para el desarrollo de la investigación científica en este campo.

Así entonces se pretende sacar provecho de dicha condición tanto para el desarrollo de la astronomía y los científicos nacionales asociados a esta ciencia, como también para la población general, promoviendo la divulgación de los avances en la materia y el crecimiento económico que podría generar el turismo astronómico.

Chile, capital mundial de la Astronomía: proyecciones reales y fantásticas

¿Puede ser que nuestro país llegue a ocupar un lugar protagónico en las grandes ligas de la ciencia? ¿Y por qué no un Premio Nobel? Son preguntas que parecen perfectamente legítimas cuando se inaugura en nuestro desierto de Atacama ALMA, el Observatorio Astronómico más grande del mundo.

Imagen 1: Noticia del diario El Mercurio.

⁴ “Chile, capital mundial de la Astronomía: Proyecciones reales y fantásticas”. El Mercurio. Domingo 17 de Marzo de 2013.

La búsqueda de una temática interesante para desarrollar en esta etapa surge luego de la primera reunión con el profesor guía. En este caso particular la búsqueda se realiza de acuerdo a aspectos completamente distintos a los que se han ido desarrollando en las etapas previas de la carrera; tratando de lograr que de esta manera la formación como arquitecto pueda abarcar tópicos de distinta índole que finalmente harán que se amplíe la mirada en relación a los campos de desarrollo que puede tener la arquitectura.

En primera instancia la investigación comienza en relación a los temas de primera prioridad y contingencia nacional que se plantean en la reunión. Sin duda todos resultan interesantes, pero aún se debe continuar indagando para descubrir de qué manera abordar asuntos tan importantes y debatibles como la educación, sustentabilidad, equidad, ciencia y tecnología, entre otros.

Para este proceso se considera una buena fuente de aproximación al tema un ejercicio tan simple como informarse a través de la prensa de lo que se está hablando tanto a nivel nacional como internacional. Así entonces las noticias darán pie a descubrir un campo asociado a la Ciencia y la Tecnología que ha cobrado importancia de un tiempo a esta parte en nuestro país como lo es la Astronomía⁴. Personalmente nunca había experimentado un acercamiento al tema, ignorando finalmente la importancia y los proyectos asociados a esta ciencia que se plantean en nuestro país gracias a las óptimas condiciones observacionales que

aquí se presentan.

Dichas condiciones han captado grandes inversiones internacionales para el desarrollo de observatorios astronómicos desde la década de los 60, las cuales se han ido incrementando hacia nuestros días y han logrado posicionar al país como uno de los mejores sitios observacionales del hemisferio Sur.

En consecuencia, la categoría que adquiere Chile en relación al resto del mundo despierta el interés en cuanto a las proyecciones y jerarquía que podría lograr la Astronomía chilena a futuro, y finalmente de qué manera desde el campo de la arquitectura se lograría generar un aporte que permita evidenciar la importancia productiva⁵ y las contribuciones de esta ciencia a nivel nacional e internacional.

⁵ Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Conicyt. Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena 2005. Página 270 (versión pdf online). Santiago, 2005.

1.3 PROBLEMÁTICA

Como aproximación general a la problemática se debe aclarar que ésta se enmarca en un contexto más amplio del que se puede abordar desde el punto de vista arquitectónico, y debe considerar, como se menciona anteriormente, que la falta de desarrollo en cuanto a la Ciencia, Tecnología e innovación en Chile se debe principalmente a la reciente atención que se ha puesto política e institucionalmente en la materia.

Por otra parte, y visto también de manera global, se cree que dicha problemática institucional se acentúa debido a la centralización en cuanto a la producción científica y con ello a la concentración en la capital de la comunidad dedicada a la investigación. El modelo económico chileno se sustenta en las exportaciones y producción en recursos naturales provenientes de las distintas regiones del país, por tanto las propuestas estratégicas que giran en torno al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología debiesen considerar una dimensión regional, tomando en cuenta que *“la investigación básica, y sobre todo la aplicada con un enclave territorial, traerá consecuencias positivas en el desarrollo de las mismas”*⁶.

Los modelos y políticas en cuanto a innovación y desarrollo que se pretendan en Chile deberán impulsar al mismo tiempo una cultura e infraestructura coherente con la estrategia planteada. Así entonces, si se considera fuertemente una descentralización de las capacidades asociadas a la Ciencia, Tecnología e innovación se deberá también tener en

cuenta por una parte la infraestructura que dicho proceso conlleve en cada una de las regiones y también la inserción cultural y educacional de la ciencia en la sociedad.

Actualmente el mayor porcentaje en relación a la producción científica nacional se concentra en la Región Metropolitana según el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (CRUCH), esto se debe a que Santiago es la ciudad donde se localizan las sedes principales de las grandes Universidades pertenecientes al consejo. Son éstas las que finalmente albergan los programas educacionales e infraestructura asociada a la investigación.

Específicamente desde el punto de vista de la Astronomía, la situación en cuanto a la centralización se replica en temas de producción científica, asociada principalmente a dos universidades del CRUCH, la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile, y que *“por su carácter universitario, una misión fundamental de estas instituciones es formar futuros astrónomos”*⁷. En relación a esto se puede establecer que el manejo prácticamente exclusivo de las Universidades en los temas de producción científica e infraestructura asociada a la investigación, deja de lado en cierta manera a los otros agentes que participan en el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, y con ello a los aspectos fundamentales que cada uno de estos desempeña en el modelo (Ver Esquema 1 en la Presentación del Tema).

En esta materia hay que considerar que

⁶ Gobierno de Chile, Conicyt y Programa Regional Conicyt. Página 12. 2010.

⁷ Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Conicyt. Página 270. 2005.

parte de la infraestructura asociada a la investigación se asocia a la observación, frente a lo cual se menciona que Chile cuenta con infraestructura observacional reconocida a nivel mundial, que otorga a la comunidad astronómica chilena “*el 10% de tiempo disponible en cada uno de los telescopios en nuestro país para ser asignado a proyectos de observación chilenos, por ser Chile el país anfitrión*”⁸.

Dicha infraestructura permite que la productividad astronómica nacional lidere en la región y tenga proyecciones para alcanzar a los grandes líderes en la materia como lo son los centros norteamericanos y europeos.

En relación a la infraestructura observacional también es importante destacar que ésta se ubica principalmente en la zona Norte de nuestro país, condición factible por el hecho de que la parte observacional no requiere necesariamente que sea presencial. Así entonces se puede decir que cobra mayor importancia, en relación al tiempo en que se desenvuelve el astrónomo en estas labores, la infraestructura asociada a la investigación que se realiza posterior a la observación, y que considera a grandes rasgos la reducción de datos, el análisis de fenómenos observados, la reproducción de estos mediante modelos matemáticos, etc.

Frente a los antecedentes mencionados, es posible establecer una aproximación para dar solución a los diferentes aspectos de la problemática.

⁸ Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Conicyt. Página 270. 2005.

1.3 PROBLEMÁTICA

1) En cuanto a la falta de política e institucionalidad que se indica, en la Astronomía ya se han comenzado a desarrollar estrategias y lineamientos mediante un documento denominado “*Programa de Astronomía. Astronomy, Technology, Industry, Roadmap for the fostering of technology development and innovation in the field of astronomy in Chile*”. Este documento reúne las recomendaciones que permitirán fortalecer el liderazgo científico-tecnológico nacional en astronomía, expandiendo las áreas de conocimiento al desarrollo de tecnologías, sistemas y equipos complementarios para los grandes observatorios instalados en el país. Así entonces se pretende hacer uso de la infraestructura observacional con la que cuenta nuestro país, para lograr grandes avances científicos y tecnológicos en la astronomía nacional.

2) En relación a la centralización de la producción astronómica asociada a las grandes universidades del consejo de rectores se trata de combatir mediante el aprovechamiento del capital humano en ciencias que existe en las regiones del Norte, considerando que Antofagasta es la que más académicos posee para el desarrollo de la investigación (6.1% del total nacional, ver Anexo), y también tomando en cuenta el hecho de que parte de la infraestructura asociada a la investigación en astronomía se ubica en dicha región.

3) Y finalmente para hacer participe en el modelo a todos los agentes involucrados en el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología

y la innovación, se pretende plantear la infraestructura asociada a la investigación que así lo permita, y en la cual se desarrollen en conjunto los aspectos que se asocian tanto las Universidades, los institutos y sociedades científicas, como el gobierno y las empresas.

Dicha plataforma contemplará las estrategias y programas planteados en el Programa de Astronomía, y apuntará a la descentralización de la producción astronómica nacional situándose en la II región de Antofagasta, para aprovechar las condiciones naturales que ahí se presentan para el desarrollo de esta ciencia y también la infraestructura observacional que alberga como recurso científico y turístico.



FUNDAMENTOS DEL PROYECTO 2



2 FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

El desarrollo del conocimiento en el mundo actual es el principio clave que se tiene para establecer la estructuración y las dinámicas sociales. Lo que hoy llamamos “*sociedad del conocimiento*” se fundamenta en la base científica y tecnológica “*como factor crucial de la productividad, del poder e incluso de la experiencia personal*”⁹.

Así entonces, el Secretario General de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) Francisco Piñón (2004), señala en primera instancia que con respecto al ámbito económico el conocimiento es la base trascendental del valor añadido en la producción de bienes y servicios, condición que logra consolidar la economía de un país desarrollado.

En segundo lugar señala que la base científica ha adquirido un papel destacado en temas de política pública internalizando en la institucionalidad el consejo científico en ámbitos asociados a los tópicos fundamentales para la sociedad, tales como salud, educación, cultura, etc.

Por último, asocia el tema del conocimiento en el plano personal al hecho de que hoy en día la satisfacción de las necesidades individuales se asocia en mayor medida a la disponibilidad del conocimiento científico y a los productos derivados de la alta tecnología.

Dichas condiciones asociadas al recurso del conocimiento científico dejan en evidencia la importancia en cuanto a la implementación

de un modelo y sistema que logre fomentar, consolidar y normar el desarrollo científico y tecnológico como base fundamental del progreso social económico y cultural de un país.

En el escenario mundial el progreso y consolidación de un país como desarrollado se basa en la Ciencia y la Tecnología e indiscutiblemente está liderado por las grandes potencias mundiales: EE.UU, Europa y Japón.

Los indicadores en cuanto a gastos en investigación y desarrollo evidencian la importancia que tiene para la economía de los países desarrollados la producción científica y tecnológica en tales regiones, y con ello la implementación de los modelos basados en los mismos principios para todos los ámbitos de las políticas de gobierno.

El gráfico que se muestra en la imagen especifica la evolución del mismo indicador caracterizando las regiones del mundo y ciertos países que por sí solos realizan grandes inversiones en el ámbito de investigación y desarrollo. En general se establece que en las regiones que reúnen mayor cantidad de países desarrollados o estos por sí solos, realizan inversiones que se han ido incrementando a lo largo del tiempo pero no tienen grandes caídas. De cierta manera se perfila como algo constante que se puede asociar directamente a un modelo de desarrollo basado en el conocimiento científico, en el cual la inversión asociada a este campo ya tiene un valor establecido y dependerá netamente de las fluctuaciones

⁹ Piñón, Francisco. Ciencia y Tecnología en América Latina: una posibilidad para el desarrollo. Página 2 (versión pdf online). 2005.

2.1 CONTEXTO MUNDIAL EN EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

económicas de la región o el país.

En el caso de América Latina y el Caribe la inversión se ha mantenido bordeando un promedio de 0.5% del PBI a través del tiempo, manteniéndose muy por debajo de países líderes como Japón, la cual bordea el 3%. Si bien existen modelos en ciencia, tecnología y educación que comenzaron a aplicarse desde la década de los sesenta en Latinoamérica, estos ya se encuentran obsoletos y limitan el poder tratar problemáticas y desafíos actuales, con lo cual se hace difícil establecer un incremento para la inversión en esta materia.

Por otra parte, y tal como señala Albornoz (2002), el escenario de la globalización

caracterizado por la competitividad, agudiza los conflictos de intereses generando duras condiciones para fomentar la colaboración y las relaciones internacionales entre agentes públicos y privados, y ha traído consecuencias desfavorables para las economías de los países en vías de desarrollo.

El desafío está en encontrar las oportunidades para acceder a los conocimientos generados en países y regiones líderes en base al desarrollo de “*estrategias de cooperación internacional sobre nuevas bases de relación, más equitativas, que atiendan intereses comunes*”¹⁰, y al mismo tiempo formar recursos humanos locales capaces de internalizar y generar debate en

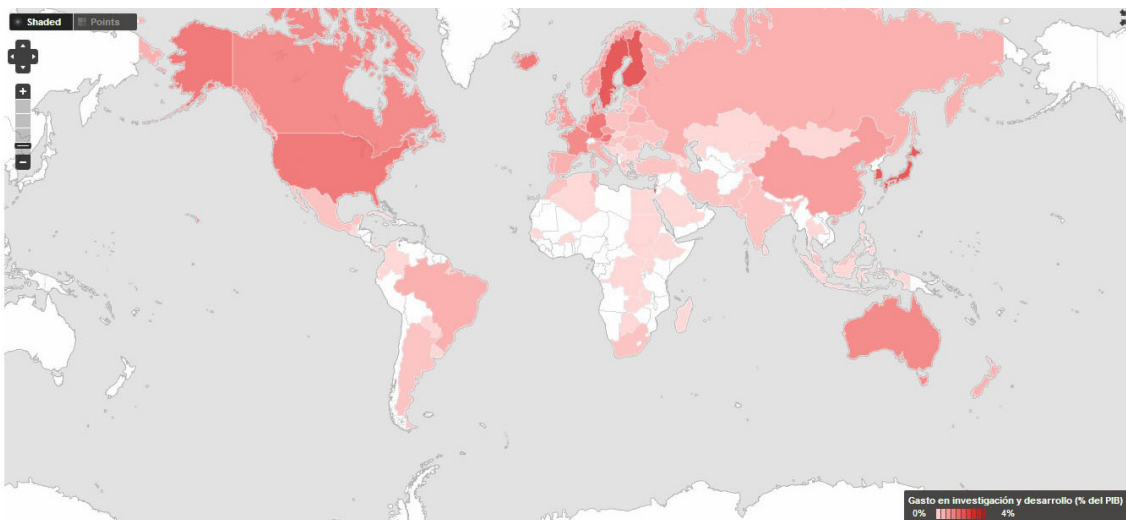


Imagen 2: Indicadores de gasto en investigación y desarrollo (% del PIB) 2009-2013.
Fuente: Banco mundial.

¹⁰ Albornoz, Mario. Situación de la Ciencia y la Tecnología en las Américas. Página 5 (versión pdf online). Buenos Aires, 2002.

CONTEXTO MUNDIAL EN EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA 2.1

torno a dicho conocimiento.

Así entonces se debe considerar que hay ciertos países en América Latina y el Caribe que han logrado acumular capacidades bastante importantes en el ámbito internacional de la ciencia y la tecnología. Brasil lidera en este caso los países Latinoamericanos, seguido por México y Argentina. Luego en un segundo escalafón se sitúan Chile y Colombia. Estos países han logrado concebir una *“importante tradición científica y disponen de grupos de investigación de primera línea en distintos campos de la ciencia y la tecnología”*¹¹, además de ser los que más invierten en investigación y desarrollo dentro de la región.

Finalmente se puede concluir que a pesar de lo dinámico y competitivo que se plantea el escenario para los países en desarrollo de América Latina y el Caribe, el implementar un modelo para el desarrollo de la ciencia y la tecnología acorde a las necesidades y los desafíos contemporáneos, aún es posible tomando en cuenta las capacidades y recursos propios de cada país que puedan ponerse a disposición de las colaboraciones internacionales tanto en Latinoamérica como en el mundo entero.

Gráfico 1.

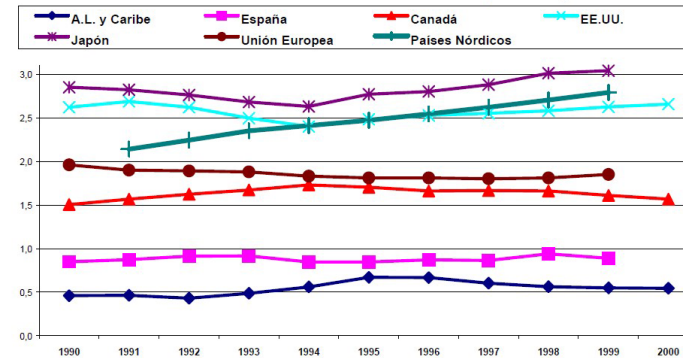


Gráfico 2.

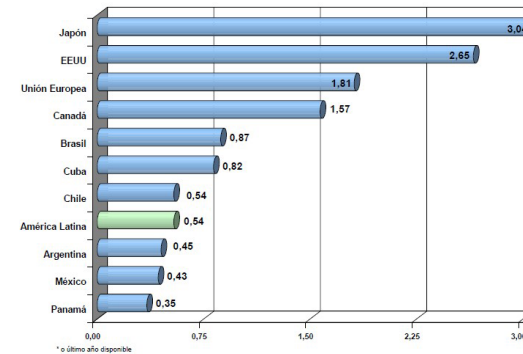


Gráfico 1: Evolución de la inversión en I+D como porcentaje del PBI (1990-2000)
Fuente: Albornoz, Mario. 2002.

Gráfico 2: Investigación en I+D como porcentaje del PBI.
Fuente: Albornoz, Mario. 2002.

¹¹ Albornoz, Mario. 2002.

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL

La importancia que tiene para el hombre y su evolución el desarrollo científico en el campo de la astronomía puede considerarse como un conocimiento científico alejado de lo cotidiano, del cual no se desprenden ideas aplicables al día a día de un ser humano ni al cómo mejorar su bienestar.

Sin embargo, la experiencia demuestra que dichos conocimientos después de un cierto tiempo logran cambiar precisamente lo cotidiano. Así lo plantea Rodríguez (1995) en su libro “Un Universo en expansión”, poniendo como ejemplo el interés de la civilización griega en hacer mapas del cielo para catalogar estrellas y nombrar constelaciones, que en un principio desarrollaron por curiosidad, pero que posteriormente les ayudaría en una actividad trascendental como lo es la navegación.

Más allá de dar cuenta sobre la importancia y aplicabilidad que se puede ejercer de los conocimientos científicos astronómicos, considerados indiscutiblemente de gran valor, se intenta presentar datos y referencias del proceso que conlleva a generar los avances científicos en esta materia, el capital humano que permite que estos sean posibles, y finalmente la infraestructura y tecnología que ha sido la base para mejorar y ahondar en el saber cómo es el Universo.

De cierta manera se trata de analizar los aspectos mencionados en el punto anterior para encontrar las bases que podrían permitir el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Chile. Dicho análisis se

enmarca en el campo de la Astronomía, el cual ha tenido un impulso de un tiempo a esta parte producto de múltiples factores que se detallan posteriormente.

En primera instancia se establecen tres escalas de estudio en cuanto a los datos y referencias que permitirán instaurar patrones en relación a lo que se pretende estudiar. Por un lado están los antecedentes que se logran recopilar del desarrollo de la Astronomía en el mundo, luego se reduce a la Astronomía en América Latina y el Caribe, y finalmente los antecedentes de la Astronomía nacional.

a) COMUNIDAD CIENTÍFICO ASTRONÓMICA.

La astronomía es una ciencia que se desarrolla bajo un marco de constante colaboración, por tanto implica crear acuerdos y asociaciones tanto a nivel mundial como entre los distintos países donde se realiza investigación astronómica.

Esta condición se perfila como el primer indicio de que las políticas para el desarrollo de la Astronomía apuntan a fomentar las estrategias de cooperación internacional, característica que finalmente puede replicarse a otros campos de desarrollo científico y en consecuencia permitirá incorporar el conocimiento científico como basamento en las políticas de gobierno.

La Unión Astronómica Internacional (IAU por su sigla en inglés) es la asociación más grande a nivel mundial y reúne alrededor de 10.808 astrónomos profesionales (con distintos grados de estudio) de 93 países del mundo con el fin de *“promover y salvaguardar la ciencia de la astronomía en todos sus aspectos a través de la cooperación internacional”*.

Los 10.808 astrónomos se consideran miembros individuales de la asociación y se organizan en base a 4 grupos:

- 1) Las Divisiones (Divisions), coordinan las actividades de las sub-disciplinas de investigación en astronomía.

- 2) Las Comisiones (Commissions), desarrollan temas más específicos de investigación asociándose a una sub-disciplina ya establecida en las Divisiones (una división puede manejar varios temas

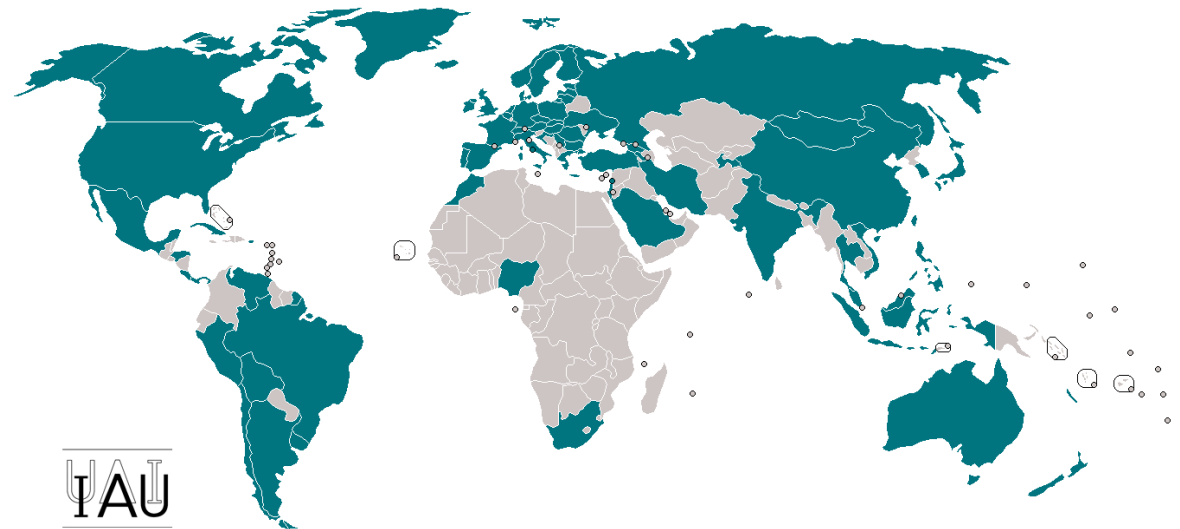


Imagen 3: Estados Miembro de la IAU (International Astronomical Union).
Fuente: en.wikipedia.org

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL

Gráfico 3.

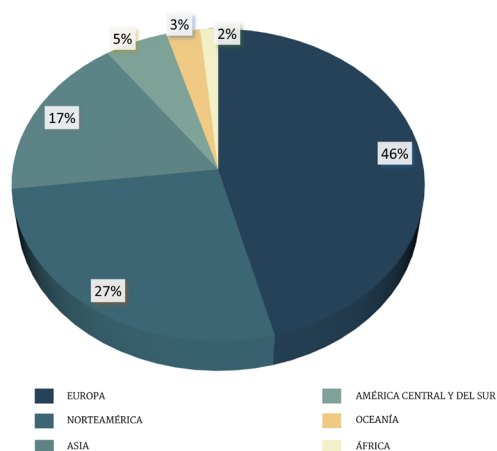


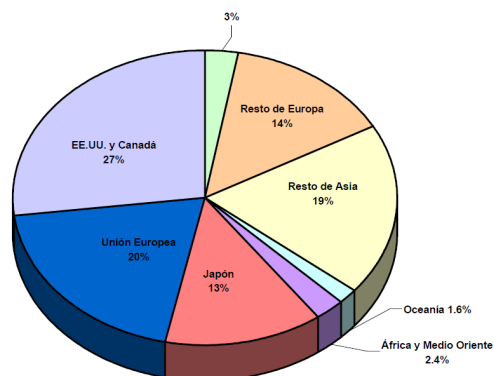
Gráfico 3: Porcentaje de Astrónomos según continente*

Fuente: Elaboración Propia.
* Listado de la página al 2013.

Gráfico 4: Distribución mundial de los investigadores (2000).

Fuente: Albornoz, Mario. 2002.

Gráfico 4.



de las Comisiones).

3) Los Grupos de Trabajo (Working Groups), se establecen por periodos de tiempo determinados y funcionan bajo el alero de Comisiones o Divisiones. Están jerárquicamente organizados al mando de un astrónomo individual.

4) Los Grupos de Programas (Program Groups), funcionan asociados a las Comisiones.

En relación a la cantidad de astrónomos individuales se ha tratado de establecer un catastro que permita dar cuenta de ciertos aspectos importantes de la comunidad astronómica mundial, como por ejemplo su ubicación. Este dato posteriormente se relaciona con su formación académica y también con la distribución geográfica mundial de la infraestructura astronómica asociada principalmente a la observación, los grandes telescopios.

La metodología utilizada para realizar dicho catastro consistió en clasificar el listado de astrónomos individuales que se encuentra disponible en la página de la Unión Astronómica Internacional y que especifica la ubicación para cada uno de los miembros de la asociación. Se catalogaron entonces en relación al continente donde se ubican, para así identificar como se distribuye geográficamente la población científica de astrónomos en el mundo.

Europa es el continente donde hay mayor cantidad de astrónomos (4970) seguido

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL 2.2

de Norteamérica (2918), luego esta Asia (1847), América Latina (587), Oceanía (317) y finalmente África (166) .

En el caso de Europa se reiteran países como Reino Unido, Francia, Italia, Alemania, Rusia, entre otros; para Norteamérica se consideraron EE.UU y Canadá; en Asia se destacan Japón, China y La India; para América Latina en orden decreciente están Brasil, Argentina, México y Chile; en el caso de Oceanía solo figuran Australia y Nueva Zelanda; y finalmente para África mayormente son astrónomos de Sudáfrica y Egipto en menor medida.

En el caso de la población de investigadores científicos que considera todas las ramas de la ciencia, las cifras se estructuran de manera similar a la distribución de astrónomos según las distintas regiones del mundo. Este hecho permite establecer que de cierta manera la comunidad científica asociada a la astronomía sigue más menos los patrones de desarrollo humano de las ciencias en general alrededor del mundo, enfatizando ciertas zonas líderes en el desarrollo científico y tecnológico asociado a quienes lo generan, tanto en conocimiento científico general como astronómico.

Para América Latina y el Caribe se detalla en porcentajes la distribución de astrónomos en la región según los países mencionados anteriormente. Así entonces, Brasil es el país que cuenta con la mayor cantidad de astrónomos (183), luego le sigue Argentina (140), México (121), Chile (99) y otros (44) con países como Venezuela, Cuba, Uruguay,

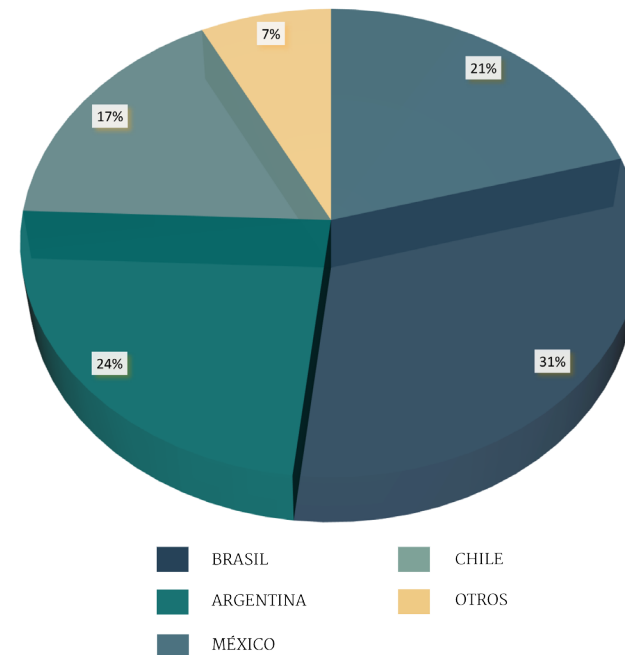


Gráfico 5: Porcentaje de Astrónomos por país en América Latina y el Caribe*

Fuente: Elaboración Propia.

* Listado de la página al 2013.

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL

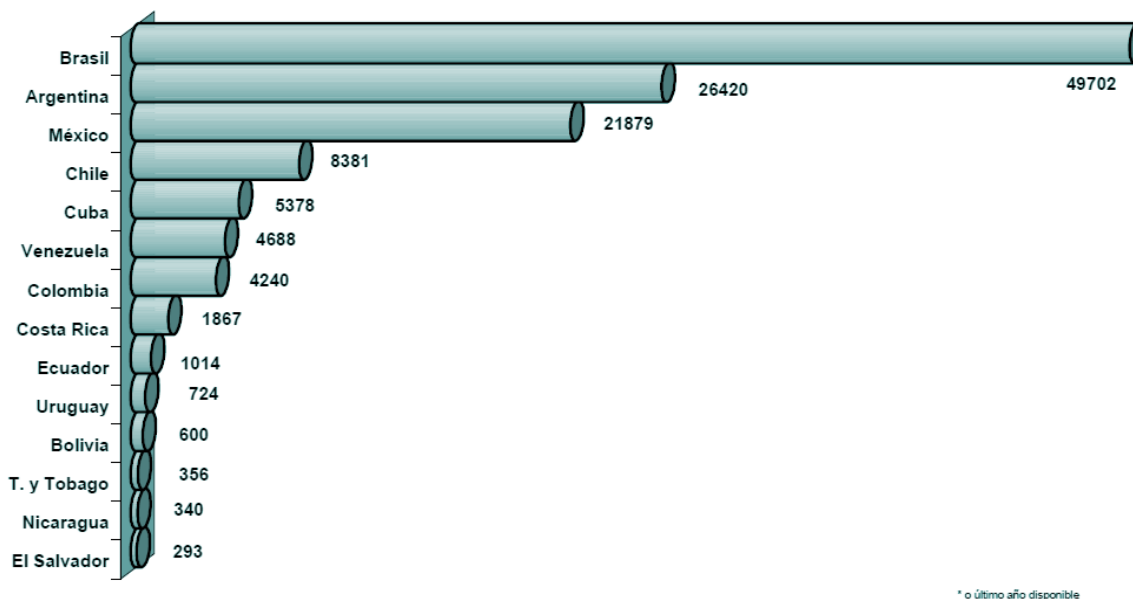


Gráfico 6: Total de investigadores por país (2000).
Fuente: Albornoz, Mario. 2002.

etc.

Nuevamente al relacionar por país la cantidad de astrónomos con la cantidad de investigadores científicos de todas las áreas, se reiteran como líderes los mismos países, con lo cual se identifican los focos productores de conocimiento científico general y astronómico de la región, dentro de la cual Chile figura en cuarto lugar.

Al combinar ambos gráficos es posible determinar el porcentaje de astrónomos con respecto al total de la comunidad científica de cada uno de los países, con lo cual se obtiene que en Brasil la comunidad astronómica es de un 0.37% del total de la comunidad científica, en Argentina corresponde a un 0.53% del total, en el caso de México es de un 0.55% y para Chile alcanza un 1.18% siendo esta el mayor porcentaje de América Latina y el Caribe.

b) GRANDES ASOCIACIONES INTERNACIONALES.

En este punto se mencionan las grandes instituciones a nivel mundial en torno a las cuales se desarrolla la investigación científica en astronomía.

Dichas instituciones son las que manejan la infraestructura mundial para el desarrollo en investigación y tecnología astronómica, siendo con ello las que mantienen en funcionamiento los telescopios del mundo y proponen nuevos proyectos asociados al progreso científico en la materia.

Se logran identificar cinco grandes asociaciones, que a la vez se destacan porque se hacen cargo de la infraestructura astronómica presente en Chile.

ESO (European Southern Observatory)
www.eso.org

Corresponde a la principal organización intergubernamental de Europa y el observatorio astronómico más productivo del mundo.

Los países miembros de la ESO y quienes financian las operaciones son: Austria, Bélgica, Brasil*, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Países Bajos, Portugal, España, Suecia, Suiza y el Reino Unido.

El objetivo principal de la ESO es mantenerse a la vanguardia en cuanto a la tecnología destinada a la observación, desarrollando un programa de diseño, construcción y operación de grandes instalaciones terrestres asociadas a la astronomía. Entrega entonces a los astrónomos y astrofísicos la base para

mantener actualizada la investigación y los descubrimientos científicos en el área.

La organización emplea alrededor de 730 miembros, y maneja un financiamiento anual de aproximadamente 131 millones de Euros (90 millones de pesos aproximadamente).

Su sede principal se ubica en Garnich cerca de Munich, Alemania, este es el centro científico, técnico y administrativo de ESO, donde se llevan a cabo programas de desarrollo técnico para proporcionar instrumentos avanzados para los observatorios. En esta también se encuentra el Telescopio Espacial y la Instalación Coordinadora Europea operada en conjunto con la ESA.

Actualmente la sede ubicada en Alemania opera en conjunto con la sede de Santiago, Chile, y los tres grandes observatorios bajo el alero de la ESO se ubican en Norte del mismo país. Estos son: Observatorio la Silla (IV región de Coquimbo), Observatorio Paranal y Observatorio Chajnantor (II región de Antofagasta).

ESA (European Space Agency)
www.esa.int

La Agencia Europea Espacial se encarga de desarrollar la capacidad espacial de Europa asegurando que la inversión en la materia continúe trayendo beneficios para los habitantes de Europa y todo el mundo.

Cuenta con 20 países miembro entre los



Imagen 4: Logos ESO y ESA.
Fuente: www.google.cl/imghp

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL

cuales encontramos, Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, España, Suecia, Suiza y el Reino Unido. Canadá es parte de algunos proyectos bajo acuerdos de cooperación, y Hungría, Estonia y Eslovenia son “Estados Europeos Cooperativos”.

Coordina el financiamiento y los recursos intelectuales producidos por los países nombrados mediante un programa espacial base para toda Europa. Toma en cuenta los beneficios para los miembros por si solos como para el conjunto de los mismos, y desempeña sus labores junto con otras organizaciones fuera de Europa.

Los programas generados por la ESA buscan consecuentemente ampliar el conocimiento de todo lo relacionado con la Tierra, el ambiente espacial inmediato, el sistema solar y el Universo en general; y por otra parte están diseñados para desarrollar tecnologías y servicios satelitales que hagan posible los avances y progreso en el conocimiento del Universo.

La ESA tiene sedes en varios países de Europa, y cada una de estas asume distintas responsabilidades en relación a los programas desarrollados.

En Paris, Francia se encuentra la sede principal, aquí se toman las decisiones de mayor envergadura en cuanto a políticas y programas de la ESA y es la que finalmente coordina el trabajo en conjunto con:

- EAC (European Astronauts Centre)

Colonia, Alemania.

- ESAC (European Space Astronomy Centre) Madrid, España.

- ESOC (European Space Operations Centre) Darmstadt, Alemania.

- ESRIN (Centro de la ESA para la observación de la Tierra) Frascati, Italia.

- ESTEC (European Space Research and Technology Centre) Noordwijk, Países Bajos.

- Nuevo centro en Oxfordshire, Reino Unido.

- Oficinas de coordinación en Bélgica, EE.UU y Rusia.

- Base de lanzamiento en la Guyana Francesa.

- Varias estaciones de seguimiento alrededor del mundo.

En este caso la cantidad de gente que trabaja en la organización es mayor que en la ESO al igual que el presupuesto destinado a sus labores. Más de 2200 científicos, ingenieros, especialistas en tecnología informática y personal administrativo se desempeñan en la ESA manejando un presupuesto de 4020 millones de euros (alrededor de 2.800 millones de pesos). La organización maneja dicho presupuesto mediante la base del retorno geográfico, así entonces se invierte en cada estado miembro a través de contratos industriales para programas espaciales una suma más menos equivalente a lo que contribuye cada nación perteneciente a la organización.

NOAO (National Optical Astronomy Observatory)
www.noao.edu

Es el centro nacional de EE.UU para la investigación y desarrollo basado en el tiempo de observación astronómica. La organización está habilitada para desarrollar el Sistema Óptico Infrarrojo (O/IR) de EE.UU, en alianza con observatorios públicos y privados con el fin de asegurar la excelencia en la investigación científica, la educación y la participación con la comunidad.

Mediante esta organización se obtiene acceso público a los telescopios manejados por NOAO y también a los que operen en la red del Sistema O/IR, para los investigadores profesionales calificados.

NOAO es manejada por AURA (Association of Universities for Research in Astronomy) bajo un acuerdo de cooperación con la Fundación Nacional de Ciencia (NSF, National Science Foundation).

La importancia y el sustento general asociado a las Universidades en materias astronómicas es fundamental para el desarrollo del conocimiento científico, por tanto la participación de éstas siempre está presente en las distintas instituciones dedicadas a la investigación en Astronomía.

Al mismo tiempo que NOAO opera la red de Telescopios Infrarrojos, debe estar en constante búsqueda de nuevas tecnologías para lo cual se generan programas que permitan desarrollar nuevos instrumentos y software necesarios para las posteriores generaciones de telescopios ópticos.



Imagen 5: Logo NOAO.
Fuente: www.google.cl/imghp

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL

La tarea de esta organización también ha incluido un programa nacional de educación y participación de la comunidad con el propósito de incentivar a los jóvenes para convertirse en exploradores de la ciencia y la tecnología basada en la investigación.

La sede de NOAO se ubica en la ciudad de Tucson, EE.UU y maneja varias instituciones y observatorios entre los que se destacan:

- Kitt Peak National Observatory (KPNO) ubicado en Tucson, EE.UU.
- Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) ubicado en la IV región de Coquimbo, Chile.
- NOAO System Science Centre (NSSC) es una división de NOAO que sirve como puerta de acceso para la comunidad astronómica de EE.UU al proyecto internacional Gemini. Éste último cuenta con dos observatorios, uno ubicado en el Hemisferio Norte (Gemini North, Mauna Kea, Hawaii) y el otro en el Hemisferio Sur (Gemini South, La Serena, Chile).

En esta organización trabajan alrededor de 60 miembros que en general desempeñan sus labores en la sede principal y los observatorios de EE.UU, como también en los observatorios ubicados en Chile.

Los proyectos que se generan mediante NOAO para el desarrollo de instrumentos y tecnología observacional tienen presupuestos específicos según los propósitos concretos de cada iniciativa; y serán financiados mediante acuerdos entre países que quieran obtener a cambio facilidades en tiempo de observación para el

progreso en la investigación astronómica de sus comunidades científicas locales.

En el caso del proyecto Internacional Gemini por ejemplo, este fue construido y es operado en colaboración por 6 países, Estados Unidos, Canadá, Australia, Chile, Brasil y Argentina. Cada uno de estos países puede postular a tiempo de observación en los telescopios del proyecto, y dicho tiempo será otorgado en concordancia con el monto del soporte financiero que cada país aportó.

NRAO (National Radio Astronomy Observatory)
www.nrao.edu

Es la organización de EE.UU que maneja una red de radio telescopios ubicados en distintas partes del mundo. Funciona institucionalmente de manera similar al NOAO y sus objetivos son básicamente los mismos en cuanto a dar facilidades de acceso a telescopios para la comunidad científica internacional, en este caso radio telescopios.

Fue fundada, al igual que NOAO por la Fundación Nacional de Ciencia (NSF, National Science Foundation) bajo los términos de acuerdo cooperativo entre dicha institución y la Asociación de Universidades (AUI, Associated Universities, Inc.).

Dentro de los observatorios y telescopios que maneja NRAO se destacan:

- Robert C. Byrd Green Bank Telescope (GBT) ubicado en Virginia, EE.UU.
- The Karl G. Jansky Very Large Array



Imagen 6: Logo NRAO.
Fuente: www.google.cl/imghp

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL



Imagen 7: Logo NAOJ.
Fuente: www.google.cl/imghp

(VLA) ubicado en Nuevo México, EE.UU.

- The Very Long Baseline Array (VLBA) las 10 estaciones de este observatorio se ubican en EE.UU (Hawaii, Washington, California, Nuevo México, Arizona, Iowa, Texas, New Hampshire y St. Croix).

- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) ubicado en la II región de Antofagasta, Chile.

Se destaca por ser el observatorio más complejo que existe actualmente contando con 66 antenas que trabajan en conjunto.

El proyecto se gestó mediante un acuerdo entre Europa, Japón y Chile, permitiendo también el acceso de la comunidad astronómica de EE.UU y Canadá mediante el North American ALMA Science Center (NAASC).

NAOJ (National Astronomical Observatory of Japan)
www.nao.ac.jp/en/

El observatorio nacional de investigación astronómica en Japón también basa sus principios en proporcionar facilidades observacionales para la comunidad científica asociada a la astronomía. Al ser un Instituto de investigación inter-universitario pretende velar por el desarrollo de la astronomía, la astrofísica y todos los campos relacionados con esta ciencia nuevamente bajo los términos de cooperación internacional.

Esta organización se relaciona con una serie de instituciones gubernamentales, sociedades e institutos de investigación y también posee un sinnúmero de

participación en proyectos de cooperación internacional principalmente con EE.UU y Europa.

La importancia que tienen las organizaciones nombradas en el manejo operacional de la infraestructura y también en plantear el desarrollo de las nuevas tecnologías asociadas al progreso científico en astronomía es posible sólo mediante el sistema de trabajo cooperativo que estas plantean.

Los acuerdos internacionales se generan bajo el marco de ampliar el conocimiento científico general, dejando quizás de lado la competitividad del escenario actual, y permitiendo así que países con menor desarrollo científico puedan ser partícipes de este proceso para luego internalizar los conceptos adquiridos y basar su organización económica, política, social y cultural en el conocimiento científico.

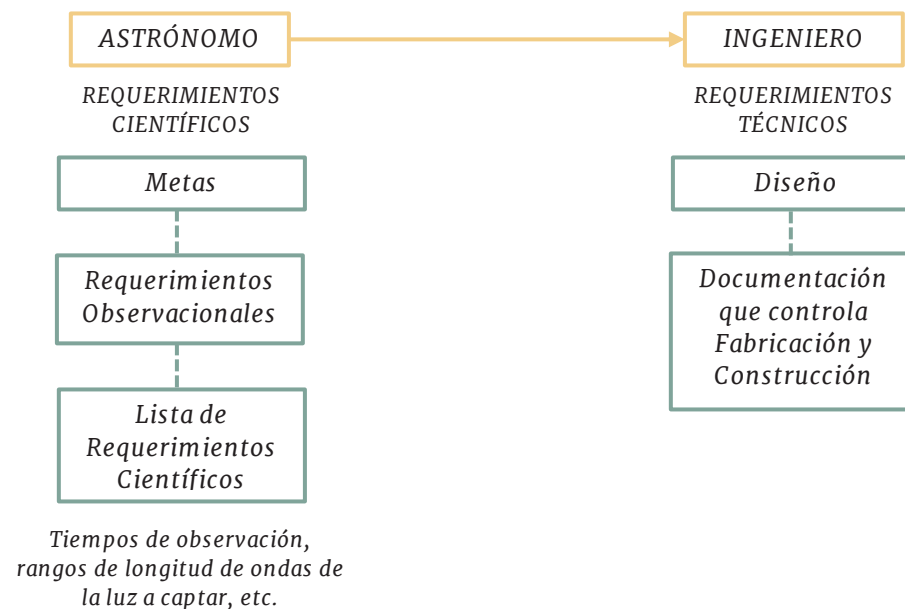
c) INFRAESTRUCTURA ASTRONÓMICA OBSERVACIONAL.

Un observatorio es el lugar particular destinado a realizar observaciones principalmente meteorológicas y astronómicas.

La comunidad científica y las distintas organizaciones astronómicas ya mencionadas, se encuentran en constante búsqueda de nuevas tecnologías que permitan ahondar en los fenómenos del Universo.

Dicha búsqueda se basa en un proceso técnico mediante el cual se llega a la materialización de un observatorio astronómico, lugar en el que se instalarán según sus condiciones, los instrumentos y telescopios especializados que finalmente lleven a descubrimientos cada vez más impactantes sobre la composición y formación del espacio y la materia.

El proceso técnico se puede resumir en el siguiente mapa conceptual:



Esquema 2: Proceso Técnico para determinar las necesidades de un observatorio.

Fuente: Elaboración Propia
(En base a información sacada del Programa de Astronomía).

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL

Al mismo tiempo dicho proceso debe considerar y estudiar el escenario del lugar propuesto como sitio observacional.

En primera instancia el comportamiento y pronóstico de las condiciones atmosféricas será fundamental para determinar los recursos otorgados por el lugar y luego definir finalmente los instrumentos a utilizar en un determinado observatorio.

Simplificando lo anterior, se puede decir que durante el proceso se define cual es él o los fenómenos a estudiar y el lugar que reúne las condiciones óptimas para instalar los telescopios e instrumentos especiales para el estudio.

La mayor cantidad de observatorios a nivel mundial se concentran en EE.UU y Europa, los cuales reúnen instrumentos especializados para todo tipo de estudios astronómicos.

Para América Latina los sitios observacionales se ubican principalmente en Brasil, Argentina y Chile, siendo éste último sede de grandes observatorios a nivel mundial.

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL 2.2

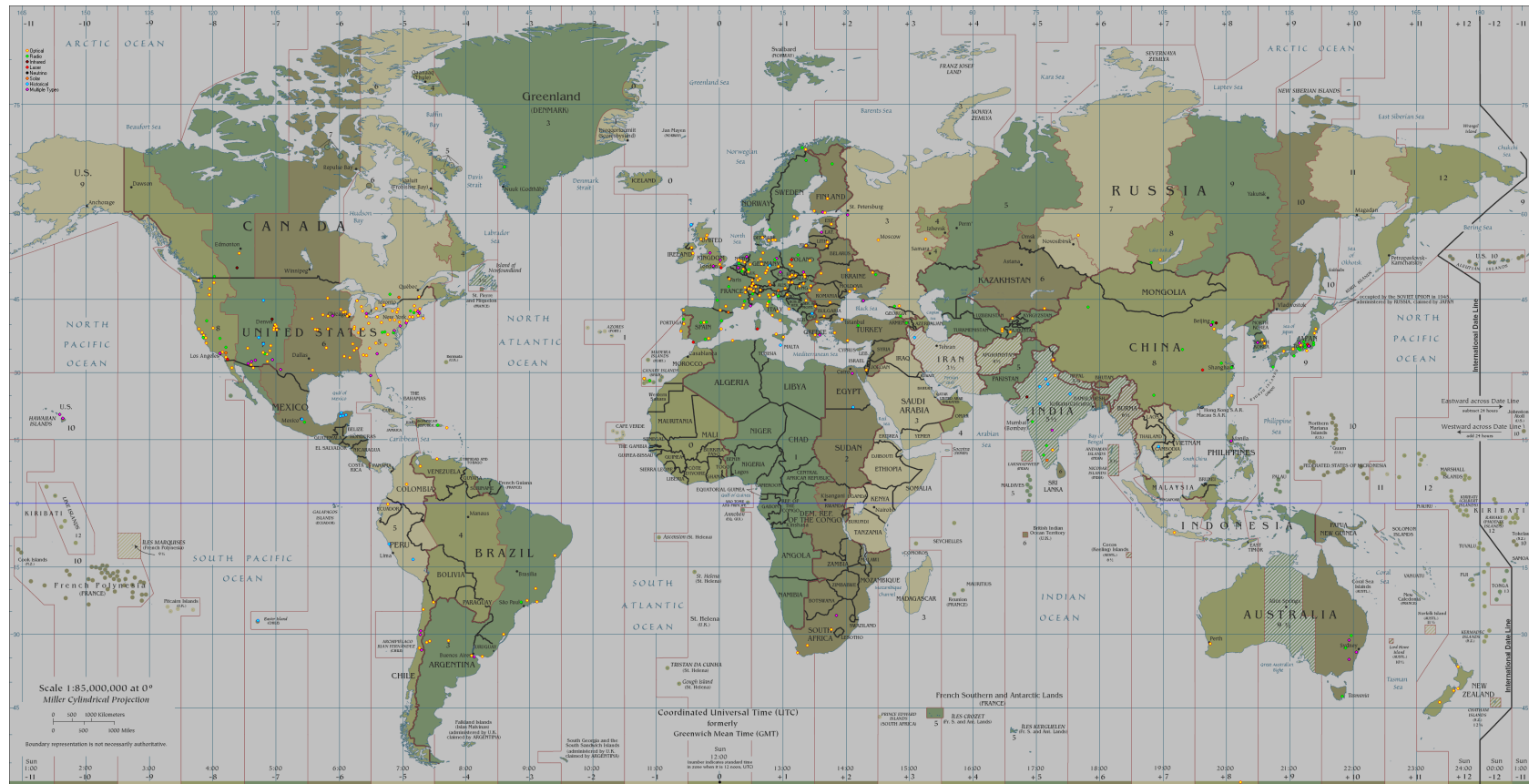


Imagen 8: Distribución geográfica mundial de Observatorios Astronómicos.
Fuente: RASC Calgary Centre.
(http://calgary.rasc.ca/world_observatory_map/)

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL

Es importante destacar la diferenciación que existe entre los instrumentos utilizados en la observación astronómica, para lo cual se debe hacer un paréntesis y explicar brevemente de qué manera se estudian los fenómenos del Universo con los telescopios.

A grandes rasgos se puede decir, y en base a la experiencia personal, que la luz (desde el punto de vista de la física) es el concepto básico para entender el Universo.

Partiendo de la premisa que todos los cuerpos emiten luz, y sabiendo que esta se comporta como un conjunto de ondas y al mismo tiempo como partícula, se pueden explicar por ejemplo la formación de las estrellas y las galaxias, la materia que las

compone, la distancia a la que se encuentran desde donde las observamos, etc.

La luz en astrofísica se entiende como todo el campo de radiación producido en el espectro electromagnético.

Dentro de este espectro existe un pequeño rango que es visible al ojo humano, con lo cual la luz emitida por un cuerpo en una longitud de onda que no se encuentre en este rango será “invisible” a simple vista.

Así entonces los telescopios se desarrollan para poder estudiar más en profundidad lo que efectivamente es visible al ojo humano pero se encuentra muy lejos de donde lo observamos (telescopios ópticos), y también poder estudiar cuerpos que emiten

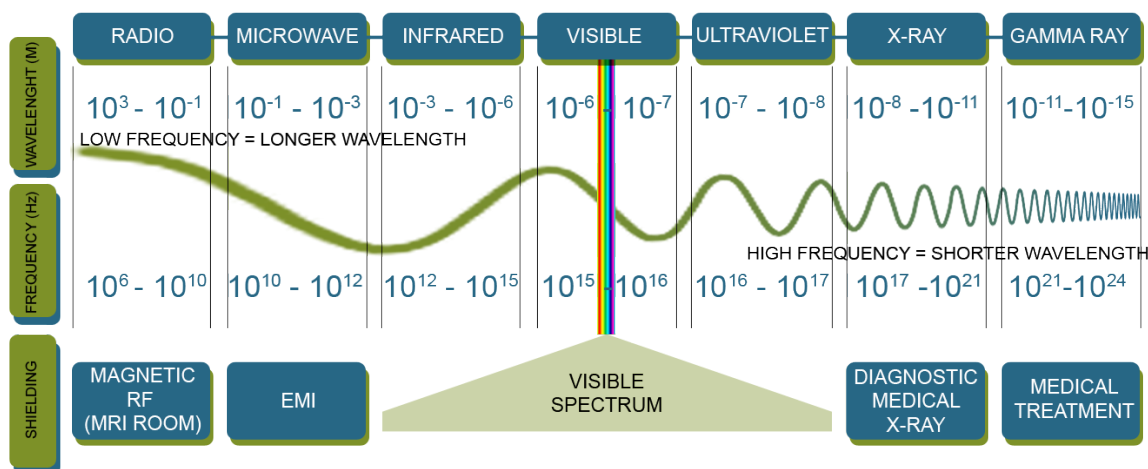


Imagen 9: Espectro electromagnético.
Fuente: knowledgeserver.wordpress.com

dichas longitudes de ondas que no podemos ver (telescopios infrarrojos, de radio, laser, etc.).

Los observatorios astronómicos más importantes del mundo reúnen en general telescopios creados con diferentes propósitos. Estos sitios se consagran como lugares excepcionales y en ellos existen las condiciones para desarrollar en conjunto la tecnología que cada uno de los telescopios más avanzados requiere.

En base a la distribución geográfica de los observatorios a nivel mundial se puede decir que dichos lugares excepcionales se encuentran mayormente en Europa, EE.UU y Chile.

Para Europa el Observatorio Roque los Muchachos, situado en las islas Canarias - España, congrega una parte importante de la infraestructura más grande del mundo. Posee 12 telescopios, ya sean ópticos-infrarrojos, solares, de rayos gamma, entre otros.

En EE.UU Mauna Kea, ubicado en la isla de Hawaii posee 13 telescopios en funcionamiento, dedicados a la astronomía óptica, infrarroja, submilimétrica y también la radio astronomía.

Aquí se encuentran varios de los telescopios más grandes del mundo (Keck, Gemini North, UKIRT y JCMT).

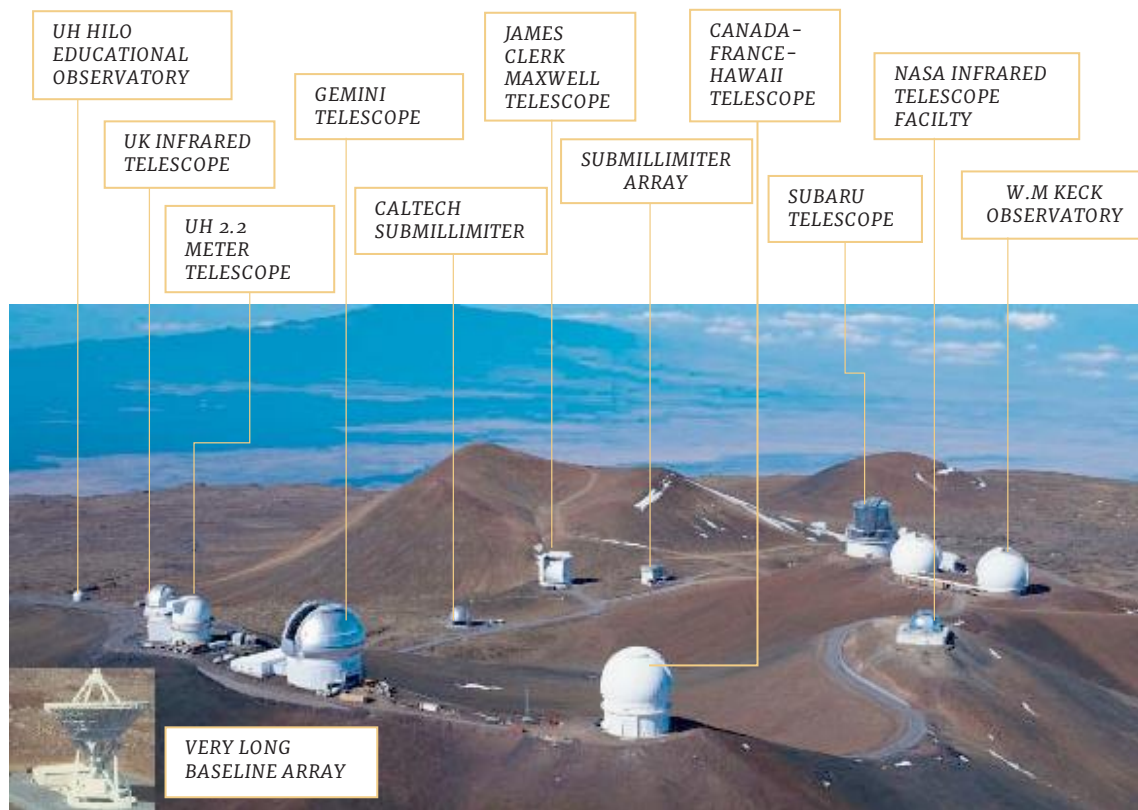
En el mismo país se encuentra el Observatorio de Kitt Peak, ubicado en el desierto de Sonora, cerca de la ciudad de



Imagen 10: Vista aérea Observatorio Roque los Muchachos.

Fuente: www.turismoestelar.com

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL



Tucson. Este posee 25 telescopios ópticos y 2 radiotelescopios, dentro de los cuales encontramos el telescopio solar más grande del mundo (Solar McMath-Pierce) y el telescopio del vacío Kitt Peak.

Los observatorios más importantes de Chile se ubican en la IV región de Coquimbo (Observatorio la Silla) y en la II región de Antofagasta (Observatorio Paranal-Armazones y Observatorio Chajnantor), estos se mostrarán en detalle más adelante.

En general la infraestructura más grande que se ha desarrollado en relación a la observación astronómica se asocia desde la década de los 60 a los 3 países donde encontramos los observatorios de mayor envergadura, y tal como lo muestra la imagen, los telescopios de mayor diámetro se han posicionado principalmente en EE.UU, España y Chile a lo largo del tiempo.

De la misma forma en que se distribuyó la comunidad astronómica del mundo, se intentó posicionar geográficamente los grandes telescopios para así respaldar la

Esquema 3: Telescopios del Observatorio Mauna Kea.

Fuente: Elaboración Propia

(En base a antecedentes de la página www.ifa.hawaii.edu)

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL 2.2

Imagen 11.



Imagen 11: Vista general del Observatorio Kitt Peak.

Fuente: www.telescopios.org

Imagen 12.

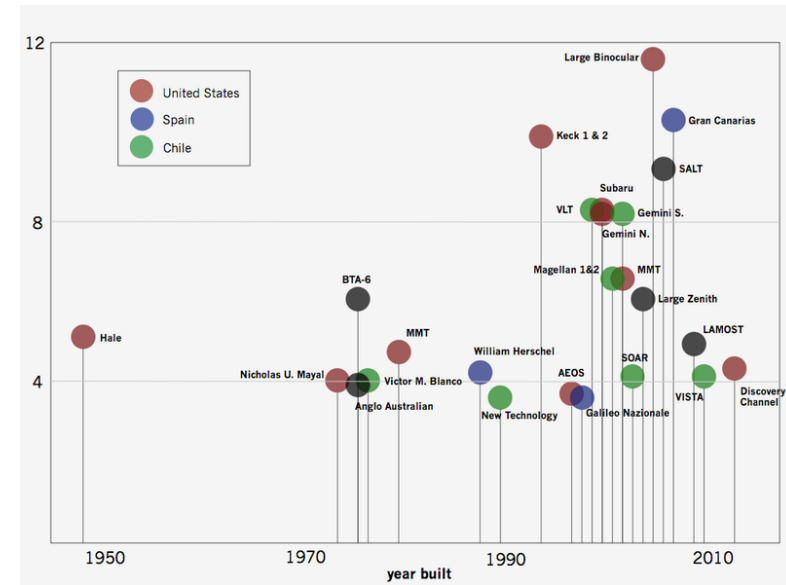
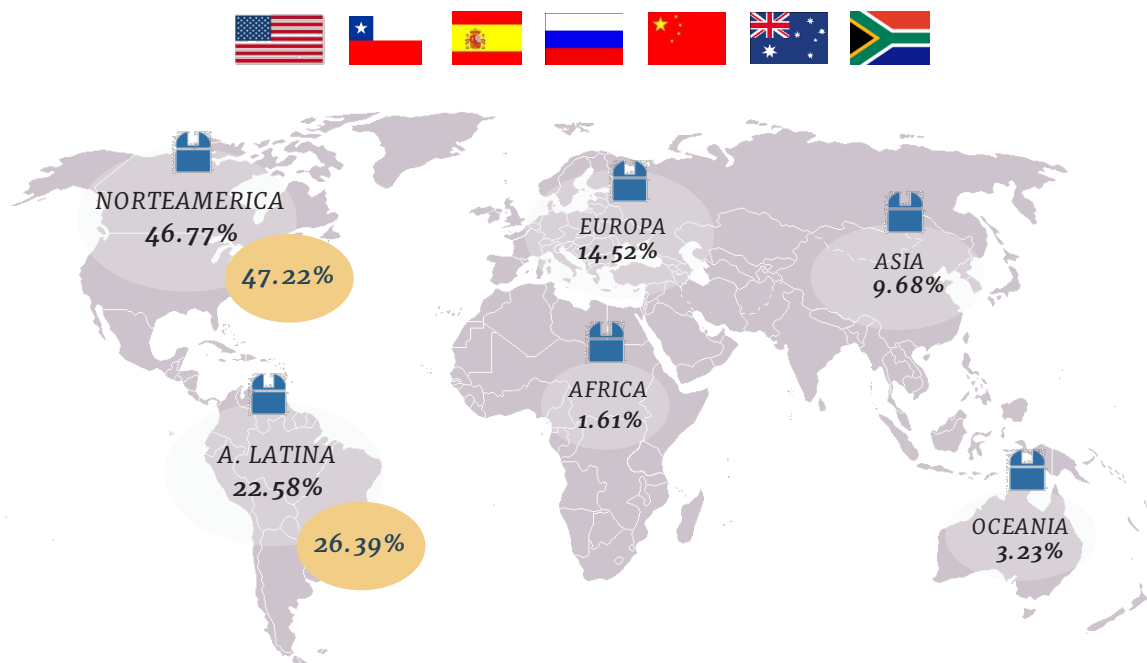


Imagen 12: Tamaño de Telescopios y Año de Construcción.

Fuente: en.wikipedia.com

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL



información planteada.

Se utiliza como base un listado de telescopios reflectantes que diferencia los que se encuentran en operación, los que se están construyendo y los que están en órbita.

En relación al total de telescopios operacionales reflectantes que plantea el listado (62, considerando 1 en órbita) los países que albergan mayor cantidad son EE.UU y Chile, dejando en un tercer plano a países de Europa como España. Esta condición se mantendrá a futuro según lo que se especifica en el listado, ya que en base a los telescopios en construcción (12, considerando 1 en la estratósfera y otro en la India) EE.UU y Chile poseerían la misma cantidad (5 telescopios en construcción en cada país), aumentando por consecuencia sus porcentajes en relación al total mundial.

Imagen 13: Distribución geográfica mundial de Grandes Telescopios.
Fuente: Elaboración Propia.

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA MUNDIAL 2.2

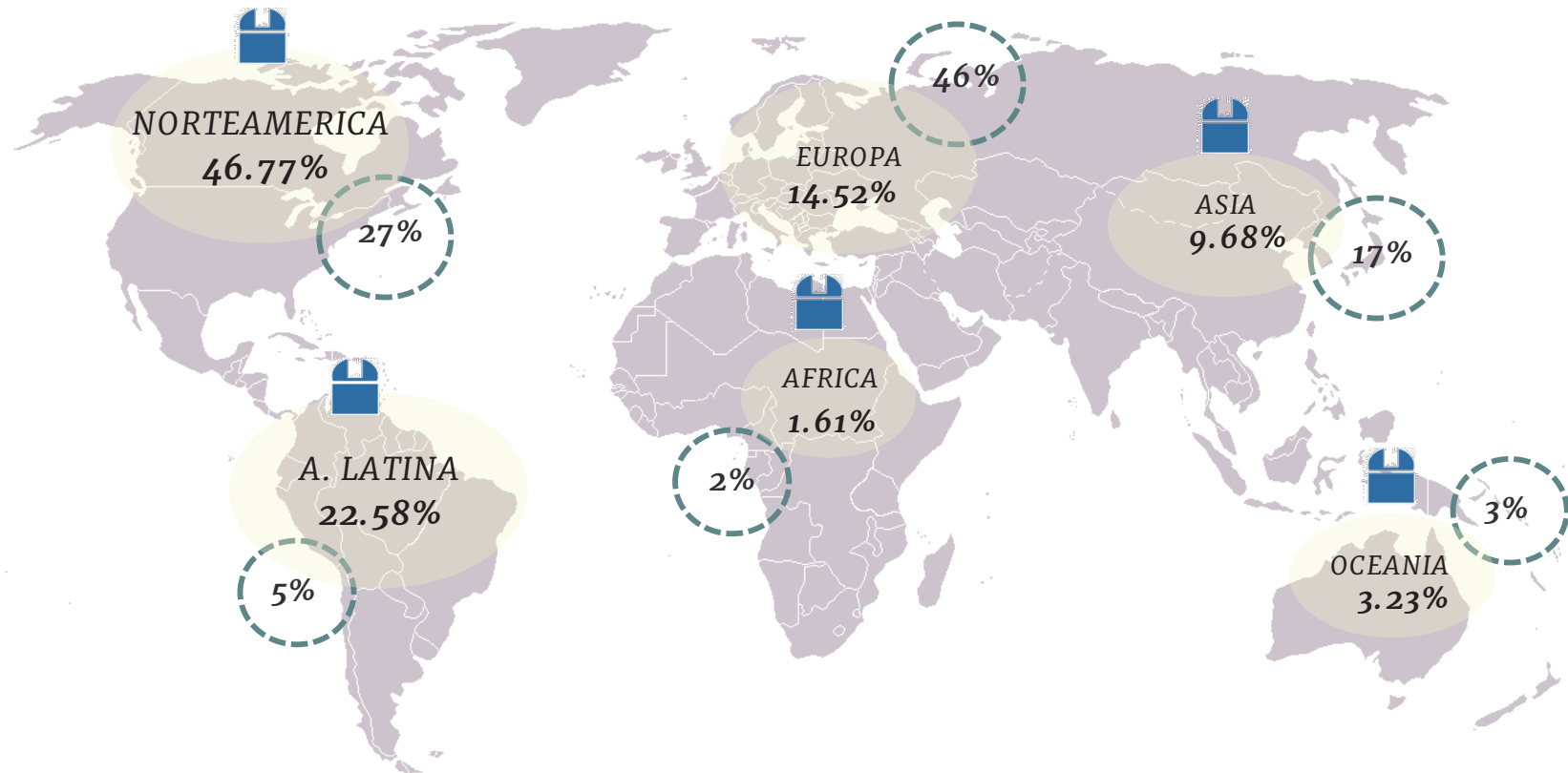


Imagen 14: Síntesis distribución geográfica mundial de la Comunidad Astronómica y los Grandes Telescopios.
Fuente: Elaboración Propia.

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

En cuanto a la Astronomía Nacional se puede establecer que si bien ha experimentado mejoras (tomando como ejemplo el periodo comprendido entre 1993 y 2005¹²) aún ésta no ha logrado alcanzar niveles de país desarrollado en el campo, lo cual resulta ser bastante paradójico considerando que se tiene acceso a observatorios astronómicos de primer nivel mundial.

Se pretende entonces presentar los antecedentes de los aspectos mencionados en el punto anterior con respecto a la astronomía mundial, pero ahora en un contexto y escala menor. De esta manera se intenta dar a conocer el escenario actual y también vislumbrar los alcances que podría tener la astronomía nacional a largo plazo.

¹² Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Conicyt. 2005.

a) COMUNIDAD CIENTÍFICO ASTRONÓMICA.

Los astrónomos en Chile se asocian a las grandes Universidades que practican la docencia en esta área, finalmente son estas mismas las que posteriormente proporcionan y sustentan en gran parte la investigación astronómica.

Los primeros datos que se recopilan en relación a la composición de la comunidad de astrónomos en Chile se obtienen del documento Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena (2005), este documento posee dentro de sus capítulos específicos uno relacionado con la Astronomía.

Este capítulo en particular permitió distinguir los datos base a considerar para entender el funcionamiento de esta ciencia, y finalmente los que se van a ser trascendentales en el análisis posterior.

En primera instancia se plantean los recursos humanos con los que cuenta la Astronomía para el año 2005, los cuales han sido resumidos en el siguiente esquema.

En relación a lo que se señala en el texto la comunidad científica de astrónomos se habría duplicado en comparación a las cifras de 1993, condición que se mantiene a la fecha como se puede comprobar en un esquema similar al anterior para el año 2013.

En ambos casos la información fue obtenida en general de las páginas web de cada institución astronómica. Los datos se organizaron en una tabla para luego poder establecer la distribución geográfica de la comunidad nacional en relación a las

Imagen 15.

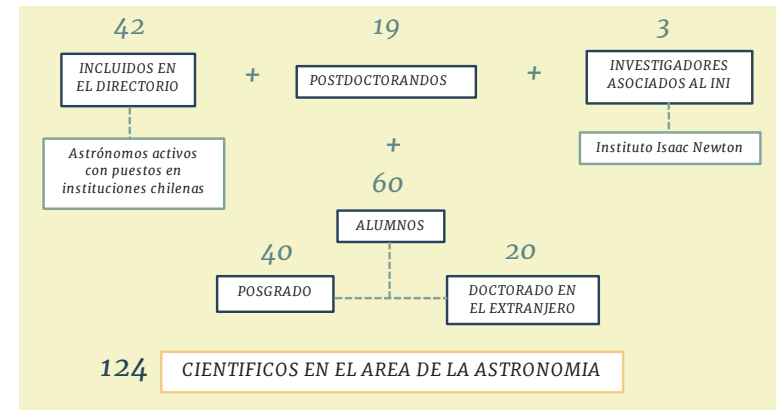


Imagen 16.

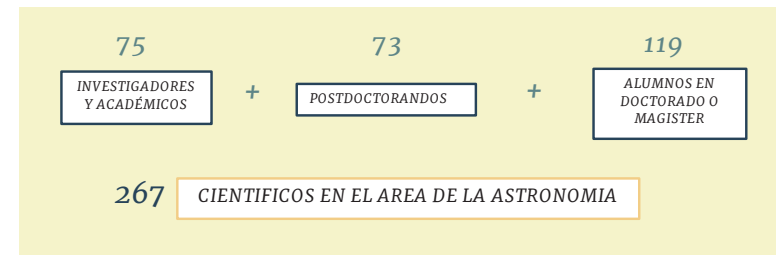


Imagen 15: Comunidad Astronómica en Instituciones Chilenas (2005).
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 16: Comunidad Astronómica en Instituciones Chilenas (2013).
Fuente: Elaboración propia.

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

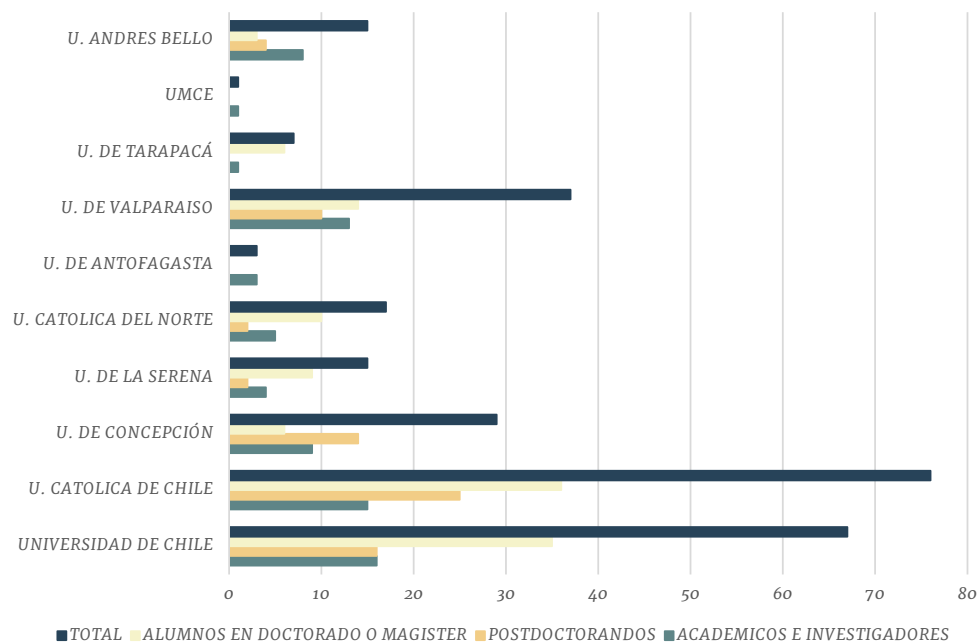


Gráfico 7: Astrónomos por Institución Chilena (2013).

Fuente: Elaboración Propia (en base a Censo de astrónomos 2013, www.sochias.cl)

instituciones.

Gráficamente el total de científicos en el área de la astronomía se distribuyen de la siguiente manera según las instituciones chilenas:

Claramente la mayor parte de los astrónomos chilenos se ubica en la región Metropolitana en relación a las sedes de las dos Universidades más importantes en la materia, La Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile.

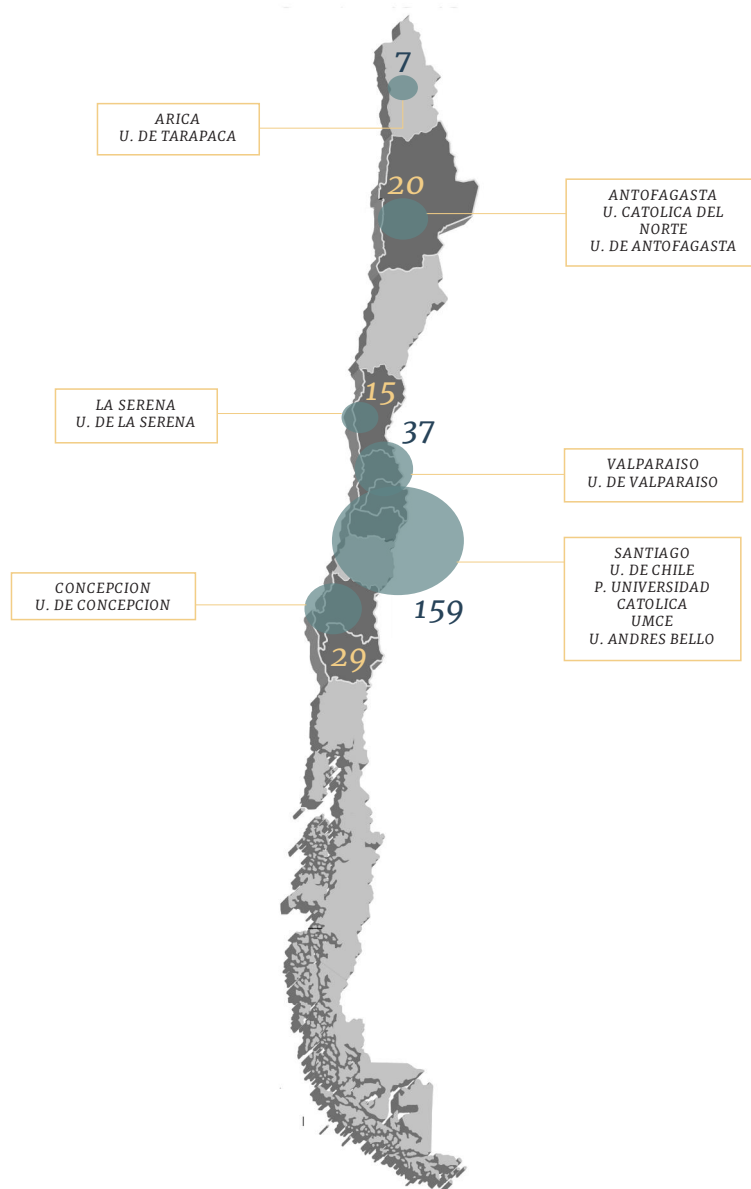
Las regiones VIII, V y II concentran un porcentaje importante en relación al total de astrónomos de la comunidad nacional, y se asocian respectivamente a la Universidad de Concepción, la Universidad de Valparaíso y las Universidades Católica del Norte y de Antofagasta.

En general la formación académica en los distintos campos de la ciencia ha adquirido bastante importancia en las regiones y ha logrado comenzar a descentralizar la producción científica del conocimiento, así entonces dicha producción se basa en los recursos naturales que produce cada una de las regiones de Chile.

Con respecto a este antecedente las regiones que concentran el mayor número de académicos en general y académicos con grado de doctor coinciden con aquellas que reúnen a la mayor cantidad de astrónomos.

Claramente la mayor parte de los astrónomos chilenos se ubica en la región

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL 2.3



Metropolitana en relación a las sedes de las dos Universidades más importantes en la materia, La Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Las regiones VIII, V y II concentran un porcentaje importante en relación al total de astrónomos de la comunidad nacional, y se asocian respectivamente a la Universidad de Concepción, la Universidad de Valparaíso y las Universidades Católica del Norte y de Antofagasta.

Los números permiten establecer que a nivel regional existen recursos humanos disponibles para generar conocimiento basado en los capitales que estas producen, aprobando así la descentralización en cuanto a producir conocimiento científico y tecnológico.

Volviendo a la comunidad astronómica nacional es posible establecer ciertos factores que la caracterizan. En primer lugar dicha comunidad se identifica por ser mayoritariamente gente joven, característica revelada por el año promedio

Esquema 3: Distribución Geográfica de la Comunidad Astronómica Nacional.
Fuente: Elaboración Propia.

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

Región	Nº Univ. CRUCH	Académicos en General		Académicos con Grado de Doctor		% Doctores en el Total de Académicos (JCE) en la Región
		Número en JCE	% en el Total Nacional	Número en JCE	% en el Total Nacional	
Arica y Parinacota	1	273	2,1	61	1,6	22
Tarapacá	1	308	2,4	30	0,8	10
Antofagasta	2	790	6,1	216	5,7	27
Atacama	1	157	1,2	21	0,6	13
Coquimbo	1	271	2,1	64	1,7	24
Valparaíso	4	1.905	14,8	407	10,7	21
Metropolitana	5	4.931	38,3	1.894	49,8	38
O'Higgins	-	-	-	-	-	-
Maule	2	468	3,6	151	4,0	32
Bio Bio	3	1.901	14,8	564	14,8	30
La Araucanía	2	685	5,3	119	3,1	17
Los Rios	1	662	5,1	213	5,6	32
Los Lagos	1	270	2,1	40	1,1	15
Aysén	-	-	-	-	-	-
Magallanes	1	251	1,9	24	0,6	10
Total	25	12.872	100,0	3.804	100,0	30

Fuente: Elaborado por IdeaConsultora Ltda., 2009, a partir de información del CRUCH.

Rank	Nombre	País
1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	EE.UU
2	University of Cambridge	REINO UNIDO
3	Harvard University	EE.UU
4	Stanford University	EE.UU
5	University of California, Berkeley (UCB)	EE.UU
6	University of Oxford	REINO UNIDO
7	Princeton University	EE.UU
8	California Institute of Technology (CALTECH)	EE.UU
9	The University of Tokyo	JAPÓN
10	ETH Zurich (Swiss Federal Institute of Technology)	SUIZA

Tabla 1: Numero de académicos y de académicos con grado de doctor en Universidades del Consejo de Rectores por región 2006 (en jornadas completas equivalentes).

Fuente: Diagnóstico de las capacidades y oportunidades de desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en las 15 regiones de Chile: Una visión general (2010).

Tabla 2: Las mejores 10 Universidades del mundo en Física y Astronomía.

Fuente: www.topuniversities.com

en que los investigadores y académicos (de la muestra de astrónomos del 2005) obtuvieron su grado de doctor (1990).

Las instituciones en las cuales se llevaron a cabo los estudios de posgrado son en un 39.6% europeas, 37.7% norteamericanas y 22.6% sudamericanas, lo cual a su vez refleja el hecho de que la comunidad astronómica casi en su totalidad posee formación de posgrado en el extranjero, teniendo de esta forma la oportunidad de acceder a las mejores Universidades en la enseñanza de la Física y la Astronomía.

La tercera característica que define a la comunidad astronómica nacional determina que ésta es una comunidad marcadamente

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL 2.3

observacional. Del total de astrónomos dedicados a la investigación para el año 2005 (64, excluyendo a los alumnos en posgrado y magister) un 87.5% son observacionales y tan solo el 12.5% se declara como astrónomos dedicados a la teoría. Esta condición permite que la comunidad nacional aproveche la infraestructura observacional disponible en el país para el desarrollo de sus investigaciones logrando de esta manera que sus contribuciones en el área de la astronomía y la astrofísica cobren bastante importancia.

A pesar de que Chile no cuenta con el mayor número de astrónomos de América Latina (según los porcentajes de la comunidad sudamericana mencionados en el punto anterior) “los astrónomos chilenos en promedio lideran en la región en cuanto a productividad, y se comparan con algunos de sus pares en los más importantes centros norteamericanos y europeos”.¹³

La comunidad astronómica chilena posee un rol activo tanto a nivel internacional como a nivel nacional, condición que se ve beneficiada por el hecho de contar con sitios observacionales de primera tecnología y calidad. Las condiciones naturales que encontramos en los cielos del Norte del país deben ser aprovechadas como un recurso fundamental a nivel regional para el desarrollo del conocimiento científico en el campo de la astronomía, con lo cual también se puede obtener ventajas comparativas en relación a distintas áreas tales como el turismo y la cultura. Los antecedentes demuestran que el capital humano nacional

y regional está capacitado para llevar a cabo dicha labor por tanto se debe incursionar en las iniciativas disponibles para que estos propósitos se materialicen en pro del desarrollo astronómico.

Institución (o país)	Artículos/Astrónomo (2000-2004)
Princeton University	50.8
Harvard University	28.4
University of Oxford	25.2
Chile	15.5
UNAM	13.2
UNLP	11.6
IAG	10.2

Tabla 3: Productividad en Astronomía.
Fuente: Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena (2005).

¹³ Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Conicyt. Página 270. 2005.

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

b) INSTITUTOS Y SOCIEDADES DE INVESTIGACIÓN.

Tal como se menciona en el punto anterior, cada una de las Universidades que imparte docencia en Física y Astronomía, ha desarrollado su propio instituto o departamento asociado al área. Estos llevan a cabo labores docentes y también de investigación. Con respecto a esta última labor, cada uno de los departamentos se ha logrado distinguir en ámbitos específicos de la Física y la Astronomía. (Los ámbitos específicos que ha desarrollado cada departamento se detallaran más adelante cuando se presenten los grupos universitarios técnicos especializados).

DAS (Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile) www.das.uchile.cl

Depende directamente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, manteniendo parte de sus instalaciones en dicha facultad como también en el Cerro Calán junto con el Observatorio Nacional (OAN).

En general se ha caracterizado por incentivar la inversión astronómica extranjera en la zona Norte del país, lo cual ha facilitado las capacidades observacionales para la comunidad nacional.

Dentro de la infraestructura e instrumentos disponibles para la enseñanza e investigación física y astronómica destacan:

- 6 telescopios con distintas funciones y propósitos de estudio.
- Laboratorio de Ondas Milimétricas

(Millimeter-Wave Laboratory).

- Taller mecánico.
- Biblioteca que se destaca por contar con la Colección Montt (que reúne libros publicados entre 1700-1800).

ASTROPUC (Instituto de Astrofísica de la Pontificia Universidad Católica de Chile) www.astro.puc.cl

Al igual que el departamento de la Universidad de Chile, el Instituto de Astrofísica PUC depende de la Facultad de Física de dicha Universidad, lo que le permite un trabajo multidisciplinar con otros departamentos en relación al desarrollo investigativo que se lleva a cabo.

Sus dependencias se encuentran en el campus San Joaquín de la Universidad Católica y maneja también el observatorio histórico Manuel Foster ubicado en el Cerro San Cristóbal.

En general el instituto dispone de variados instrumentos asociados a la docencia e investigación, dentro de los cuales encontramos:

- Observatorio y Radiotelescopio para docencia.
- Taller de reparación para los telescopios.
- Un portal digital de búsqueda en el ámbito de la Física y la Astronomía del SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS).
- Cluster de alta tecnología y capacidad para simulaciones cosmológicas.

ASTROUDEC (Departamento de Astronomía Universidad de Concepción) www.astroudec.cl

Es uno de los departamentos dependientes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (CFM) de la Universidad de Concepción. Esta se caracteriza por una intensa labor científica producto de la especialización de sus investigadores y los acuerdos de colaboración que desarrolla con otros departamentos y Universidades.

En este caso no se encontró un detalle general de la infraestructura e instrumentos disponibles para la docencia e investigación, y más bien se hace hincapié en la productividad científica del departamento en cuanto a la cantidad de artículos publicados en revistas de Astronomía y Astrofísica (alrededor de 50 al año).

DFAUV (Departamento de Física y Astronomía Universidad de Valparaíso) www.dfa.uv.cl

Se caracteriza por la docencia en pre y posgrado, ofreciendo la carrera de Licenciatura en Física mención Astronomía y luego programas de Magister y Doctorados en el mismo ámbito.

Para fomentar el desarrollo de la investigación científica en astrofísica y con ello también la divulgación mediante un programa de difusión de la ciencia astronómica, el departamento creó el Centro de Astrofísica de Valparaíso (CAV) en el 2006. Esta alianza desarrolla proyectos

de investigación en la astronomía teórica y observacional, además de modelamientos computacionales de los fenómenos astrofísicos.

ASTRONOMIA UCN (Departamento de Física Universidad Católica del Norte) www.fisica.ucn.cl

En general la Universidad Católica del Norte imparte el programa de Licenciatura en Física mención Astronomía con el fin de constituirse como el foco generador del conocimiento científico en la materia para el norte del país. Éste depende del departamento de Física de la Universidad y cuenta con el apoyo del Instituto de Astronomía de la misma.

INSTITUTO DE ASTRONOMIA UCN www.iaucn.cl

El instituto de Astronomía de la Universidad Católica del Norte se caracteriza por desarrollar alianzas y convenios con las instituciones extranjeras que manejan los observatorios de la zona para llevar a cabo actividades de divulgación y extensión de la astronomía en conjunto con la investigación científica.

De esta manera se gestó en conjunto con la ESO el centro de Divulgación Astronómica Paranal - UCN, que tiene como propósito difundir los resultados exitosos de la astronomía y valorar la importancia de los recursos naturales que otorga la II región para el desarrollo de ésta ciencia.

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL



Imagen 17.



Imagen 18.

Imagen 17: Departamento de Física Universidad Católica del Norte, Campus Central.
Fuente: www.ucn.cl

Imagen 18: Observatorio NAYRA Universidad de Antofagasta.
Fuente: Fotografía Propia.

ASTRO UA (Unidad de Astronomía Universidad de Antofagasta)
www.astro.uantof.cl

Esta unidad fue creada recientemente (2012) a cargo de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Antofagasta. Su propósito, además de generar conocimiento científico en astronomía, tiene un marcado sentido regionalista al reconocer la necesidad de contar con expertos en la materia que busquen combinar su interés por la ciencia propiamente tal, con el progreso y desarrollo científico de la región.

“En la Región de Antofagasta la astronomía se configura cada vez más como un posible polo de desarrollo, de modo que los ámbitos educativo y productivo de la zona necesitan interlocutores expertos, capaces de validar el desarrollo de proyectos que individuos y organismos entusiastas por la astronomía impulsan en estas áreas. Atendiendo a esta realidad, los astrónomos de la Universidad de Antofagasta llenan este nicho, forjando vínculos de colaboración con actores locales potentes, capaces de transformar excelentes ideas en acciones de alto impacto para la comunidad.”

En general los programas de extensión cobran bastante importancia para todos los departamentos e institutos astronómicos, y buscan su desarrollo en paralelo a la investigación científica. En el caso de los departamentos de la UCN y la UA, ambos ubicados en la II región de Antofagasta, la difusión es un pilar fundamental para la divulgación de la astronomía nacional

y regional, y poseen la ventaja de contar con grandes sitios observacionales que por un lado facilitan el financiamiento de los programas en conjunto con las organizaciones internacionales que los operan, y por otro se perfilan como una oportunidad para el desarrollo del turismo astronómico.

En general los astrónomos profesionales se asocian individualmente a una gran organización que reúne íntegramente a quienes desarrollan esta ciencia a partir de cada uno de los departamentos de las distintas Universidades.

SOCHIAS (Sociedad Chilena de Astronomía)
www.sochias.cl

Es una corporación sin fines de lucro que reúne a los astrónomos profesionales de la comunidad nacional con el propósito de fomentar tanto la investigación científica de la astronomía y ciencias afines, como su divulgación al público especializado y a la sociedad en general.

Pueden ser miembros de esta organización todos los astrónomos profesionales, independiente de la institución universitaria a la que se asocien.

De cierta manera esta institución intenta reunir a la comunidad científica de astrónomos para mantenerla actualizada en cuanto a los temas de investigación científica mediante congresos, reuniones

científicas, cursos, conferencias, etc.; y también para dar a conocer los avances logrados en el campo.

Por otra parte la SOCHIAS establece comités que se encargan de mediar las relaciones con las organizaciones internacionales y con los agentes gubernamentales asociados al desarrollo de las ciencias, y en este caso de la astronomía.

Específicamente se encarga de:

- Evaluar los acuerdos con las organizaciones internacionales que se hacen cargo de gran parte de los observatorios del país, analizando periódicamente el financiamiento que estas otorgan en sus acuerdos de cooperación (Comité Mixto ESO - Chile).
- Asesorar al CONICYT en aspectos científicos y técnicos de las materias astrofísicas en general y para los proyectos Gemini y ALMA.

Al mismo tiempo dicha comunidad se organiza en base a dos centros, mediante los cuales se obtienen financiamientos directos para la investigación astronómica en variadas líneas de investigación.

Estos son:



2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL



Centro de Astrofísica FONDAF (Fondo de Investigación Avanzado en Áreas Prioritarias)

www.cenastro.cl

Además de caracterizarse por el desarrollo de la investigación en seis áreas principales de la astrofísica, se destaca apoyando la formación de recursos humanos en las diferentes Universidades de Chile, planteando las bases de los programas de Licenciatura, Magister y Doctorado que estas desarrollan, y otorgando becas para los mismos.

CATA (Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines)

www.cata.cl

Este centro reúne al 70% de toda la masa crítica de investigadores nacionales y se enfoca en diez áreas de investigación entre las cuales contempla además de las temáticas principales de la astrofísica, el desarrollo instrumental, computacional e incluso el de la robótica en la astronomía. La oportunidad que se presenta frente a la instalación de infraestructura observacional en el país es la que finalmente permite la experimentación en estas áreas.

Ambos centros se ubican en las dependencias de la Universidad de Chile en el cerro Calán, y fueron financiados por iniciativas de gobierno por medio del CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica) a través de distintos fondos destinados al sustento de centros científicos

y tecnológicos para variados campos de la Ciencia.

Están a cargo de la Universidad de Chile, y cuentan con la participación de la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción. La colaboración entre dichas Universidades permite que los astrónomos asociados a los centros tengan acceso a la infraestructura con la que cada departamento cuenta.

Otra iniciativa creada para el desarrollo de la astronomía que implica una asociación entre varias instituciones, es el MCSS (Millennium Center for Supernova Science / www.mcass.cl), este se caracteriza por otorgar fondos a los proyectos de investigación relacionados con la línea de la astrofísica que estudia las supernovas.

Reúne astrónomos principalmente de tres instituciones, Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad Andrés Bello. Se busca con ello facilitar la comunicación e interacción entre investigadores y estudiantes pertenecientes a cada una de éstas.

De cierta manera esta última iniciativa permite sumar recursos a los que ya disponen los otros dos centros para el fomento de la investigación y también para fortalecer la infraestructura astronómica nacional.

Finalmente para hacerse cargo de la divulgación estos tres centros crearon el programa **ASTRO UCHILE** (www.astro.uchile.cl)

Imagen 19: Logos de los Centros de Investigación en Chile.

Fuente: www.google.cl/imghp

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL 2.3

astro.uchile.cl), pagina web destinada a docentes, niños y jóvenes interesados en la astronomía. La intención es acercar los conocimientos de la investigación científica a la sociedad en general con el fin de fortalecer la inserción en la educación y la cultura nacional.

Para esta escala de actuación en el campo de la astronomía, también se reconoce el hecho de que ésta ciencia funciona en base a la colaboración y asociación de las distintas instituciones que desarrollan la investigación y docencia en la materia. La principal conclusión que se puede obtener en este escenario es que dicha asociación involucra en mayor medida a las instituciones de mayor envergadura, dejando de lado en cierta forma a instituciones menores localizadas generalmente en las regiones del país.



Imagen 20: Instalaciones Astronómicas en el Cerro Calán.
Fuente: www.oan.cl

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

c) INFRAESTRUCTURA ASTRONÓMICA OBSERVACIONAL.

A continuación se muestran los observatorios astronómicos más importantes del país, y los telescopios operacionales y en construcción asociados a cada uno de estos.

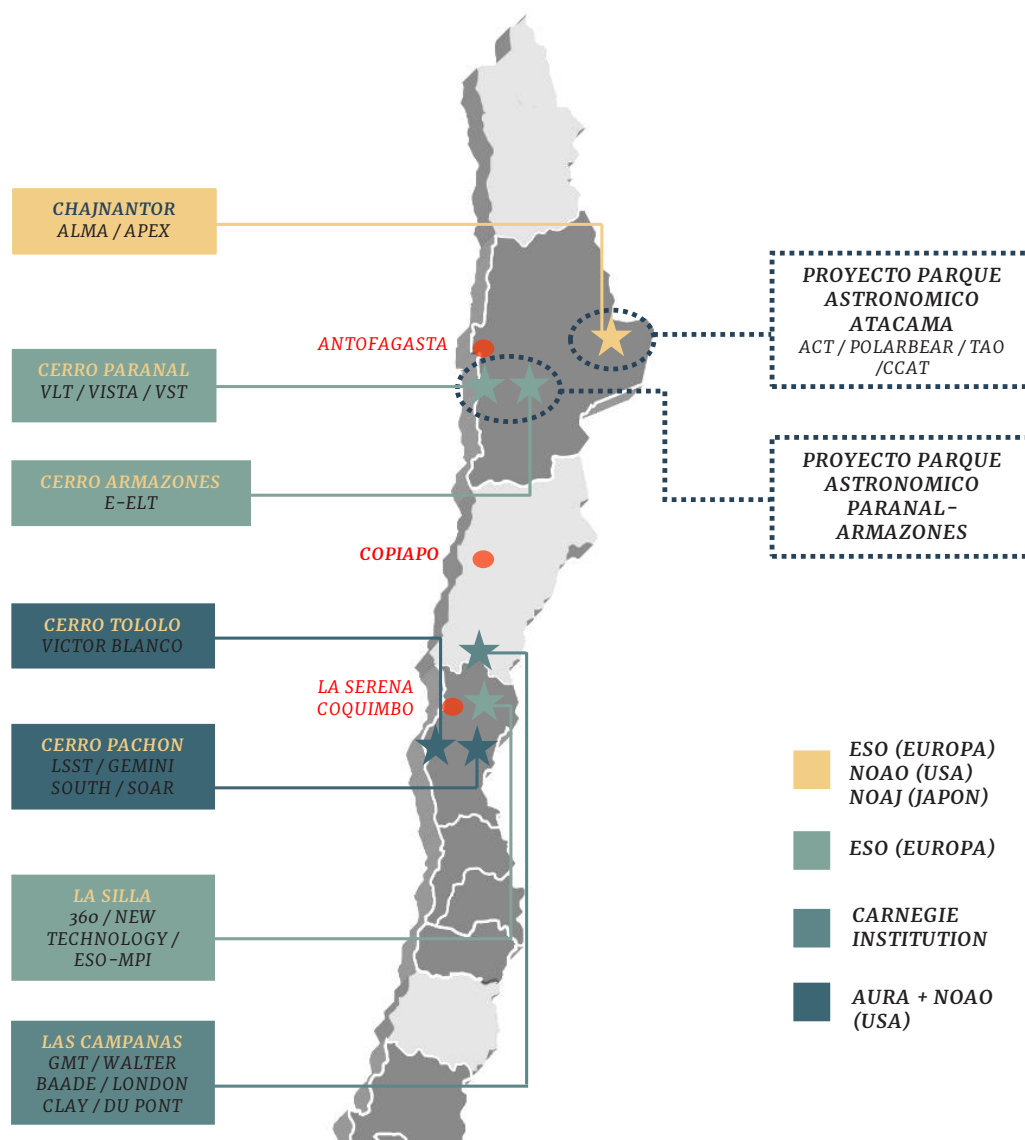
En la actualidad los proyectos de mayor envergadura e importancia a nivel internacional se ubican en la II región de Antofagasta asociados a los observatorios Paranal, Armazones y Chajnantor.

Tanto en los cerros Paranal – Armazones como en el cerro Chajnantor se han planteado proyectos de parques astronómicos que buscan resguardar un área determinada con el fin de facilitar la instalación de proyectos científicos asociados a la investigación astronómica.

Se presentaran antecedentes de los proyectos más recientes asociados a estas áreas considerando que son los últimos avances tecnológicos producidos para la observación astronómica y con ello los de mayor importancia a nivel mundial.

Esquema 4: Distribución Geográfica de Observatorios Astronómicos Científicos.

Fuente: Elaboración Propia.



Parque Astronómico Atacama.

Este Parque ha sido planteado en torno al proyecto astronómico ALMA (Atacama Large Millimeter Array) inaugurado este año en el cerro de Chajnantor, con la finalidad de mantener el área para fines de investigación científica en astronomía, e incentivar la instalación de más proyectos para el desarrollo de esta Ciencia.

Para ello se concesionaron a CONICYT 36.347 hectáreas en el llano de Chajnantor, comuna de San Pedro de Atacama en la región de Antofagasta. Estos terrenos, parte de los bienes nacionales, son de gran interés para la etnia atacameña de la zona, por tanto la iniciativa del parque astronómico debió considerar la participación de las comunidades atacameñas de San Pedro de Atacama y Toconao (poblados cercanos), de la Comisión del Desarrollo Indígena (CONADI) y del Gobierno Regional.

Este lugar particular reúne condiciones excepcionales para la investigación científica astronómica permitiendo instalar instrumentos observaciones con distintos propósitos de estudio. La altura, alrededor de 5000 msnm, su relativo aislamiento de las ciudades, asegurando estar libre de contaminación lumínica, y la conectividad mediante la ruta internacional Jama, avalan las condiciones únicas del lugar para el desarrollo de la astronomía.

Descripción de los proyectos situados en el área, que se encuentran en diferentes etapas de desarrollo:

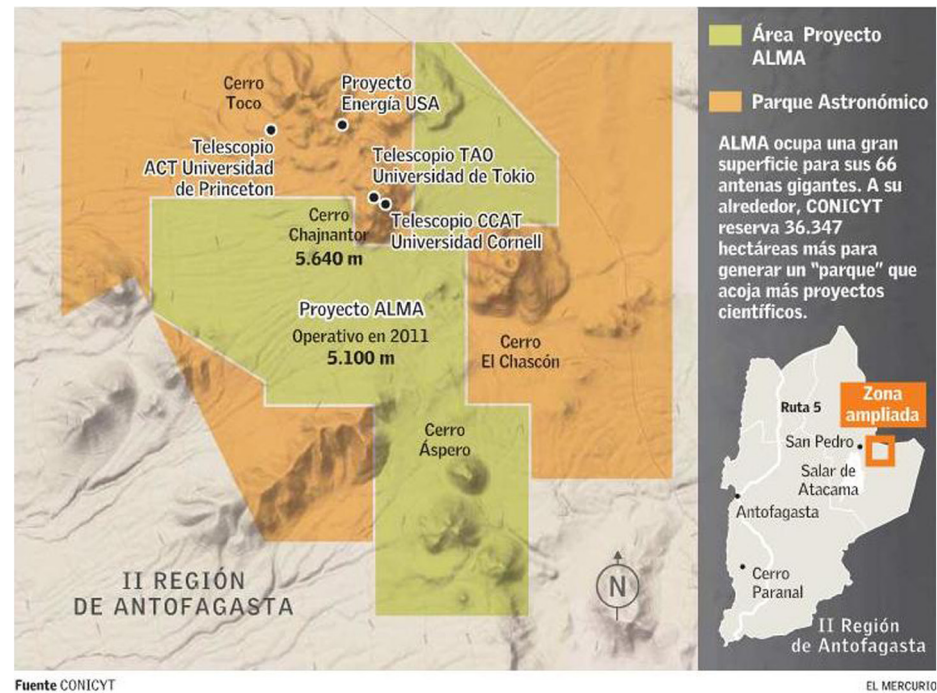


Imagen 21: Área que comprende el Parque Astronómico de Atacama.
Fuente: El Mercurio.

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

Imagen 22.

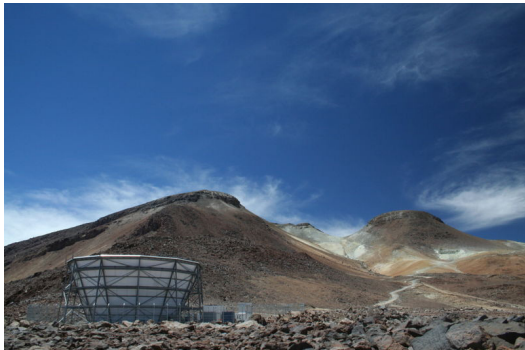


Imagen 22: Vista del Atacama Cosmology Telescope.
Fuente: en.wikipedia.org

Imagen 23.



Imagen 23: POLARBEAR en el Huan Tran Telescope
Fuente: bolo.berkeley.edu

1) ACT (Atacama Cosmology Telescope)

Es un telescopio de 6 mt. de diámetro especializado en el estudio de la radiación de las microondas del fondo cósmico (CMB por sus siglas en inglés), ubicado en el cerro Toco a 5.200 msnm.

Este proyecto se gestó con la colaboración de Universidades de todo el mundo, entre las que destacan Princeton (EE.UU) a cargo de la iniciativa, Universidad de Toronto (Canadá), Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Kawazulu-Natal (Sudáfrica), Universidad de Cardiff (Reino Unido), entre muchas otras; en conjunto con instituciones como la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y la NSF (National Science Foundation, EE.UU) por ejemplo.

2) POLARBEAR en el HTT (Huan Tran Telescope)

Este proyecto se instala con finalidades científicas similares al que se menciona anteriormente planteándose como un experimento de la polarización de microondas del fondo cósmico.

Fue desarrollado principalmente por Universidades de EE.UU y el Reino Unido.

3) TAO (Tokyo Atacama Observatory)

Es un proyecto en desarrollo que planea situar un telescopio óptico-infrarrojo de 6.5 mt en el cerro Chajnantor a 5.640 msnm. Para lograr verificar la factibilidad del proyecto se instaló un telescopio piloto

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL 2.3

de 1 mt llamado miniTAO. El telescopio de 6.5 mt, será el telescopio óptico-infrarrojo situado a mayor altura en el mundo.

La iniciativa es manejada por la Universidad de Tokio en conjunto con otras Universidades japonesas, el Observatorio Astronómico Nacional de Japón, y también se destaca la participación de miembros de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

4) CCAT (Cornell Caltech Atacama Telescope)

Este proyecto también se encuentra en desarrollo y considera la construcción de un telescopio de 25 mt para estudios submilimétricos. En el año 2006 se instaló

una estación de monitoreo en el cerro Chajnantor a 5.570 msnm, mediante la cual se evalúan las condiciones ambientales y observacionales del lugar.

En este caso participan Universidades de EE.UU, Canadá y Alemania, que mantienen un acuerdo de cooperación con la Universidad de Chile.

Otros instrumentos instalados en el Observatorio del llano de Chajnantor:

5) ALMA (Atacama Large Millimeter Array)

Se plantea como un solo telescopio compuesto por un conjunto de 66 antenas, ubicadas en el llano de Chajnantor a 5.058

Imagen 24: Vista de las antenas del proyecto ALMA.
Fuente: en.wikipedia.org



2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

Proyecto Parque Astronómico Paranal–Armazones.

msnm.

Cada una de estas antenas recibe una señal de ondas de radio, que luego se combinan computacionalmente para analizar de donde proviene dicha señal y obtener así información de la fuente que la emite.

Este es uno de los proyectos más revolucionarios del último tiempo en relación a la investigación astronómica y comprende una asociación internacional entre Europa (ESO), Norteamérica (NSF, NRC National Research Council de Canadá y NRAO), y Asia del Este (NSC National Science Council de Taiwan, NINS National Institutions for Science de Japón y la AC Academy Cinic de Taiwan), en colaboración con Chile como país sede del proyecto.

6) APEX (Atacama Pathfinder Experiment)

Es un radio telescopio de 12 mt de diámetro, ubicado también en el llano de Chajnantor a 5.100 msnm.

Se creó modificando una de las antenas prototipo de ALMA. Este telescopio trabaja en el rango de las ondas submilimétricas de luz infrarroja y ondas de radio, con la finalidad de determinar los objetivos hacia donde ALMA apuntará para estudiar en mayor profundidad.

Fue creado bajo la colaboración de la ESO, el Max Planck Institute for Radio Astronomy (Alemania) y el Onsala Space Observatory (OSO de Suecia).

Este proyecto contempla la unificación del área donde se ubica el Observatorio Paranal con terrenos ubicados en el contiguo cerro Armazones. En éste último se ha proyectado la construcción del E-ELT (European Extremely Large Telescope).

Actualmente los terrenos para la construcción del E-ELT ya han sido cedidos a la ESO, considerando 189 km² para el área donde se ubicara el telescopio, y 362 km² de terrenos adyacentes entregados en concesión por 50 años, para el resguardo de la contaminación lumínica y los efectos de la minería.

El cerro Armazones tiene una altura que bordea los 3.000 mt y se encuentra conectado con el Observatorio Paranal mediante un camino que bordea los 20 km. Finalmente el área que contempla el Parque Astronómico será de 1.270 km², y albergará conjuntamente el telescopio más productivo del mundo VLT, y el más grande del mundo E-ELT.

En cuanto al detalle de la infraestructura observacional instalada y también proyectada en el lugar se destaca:

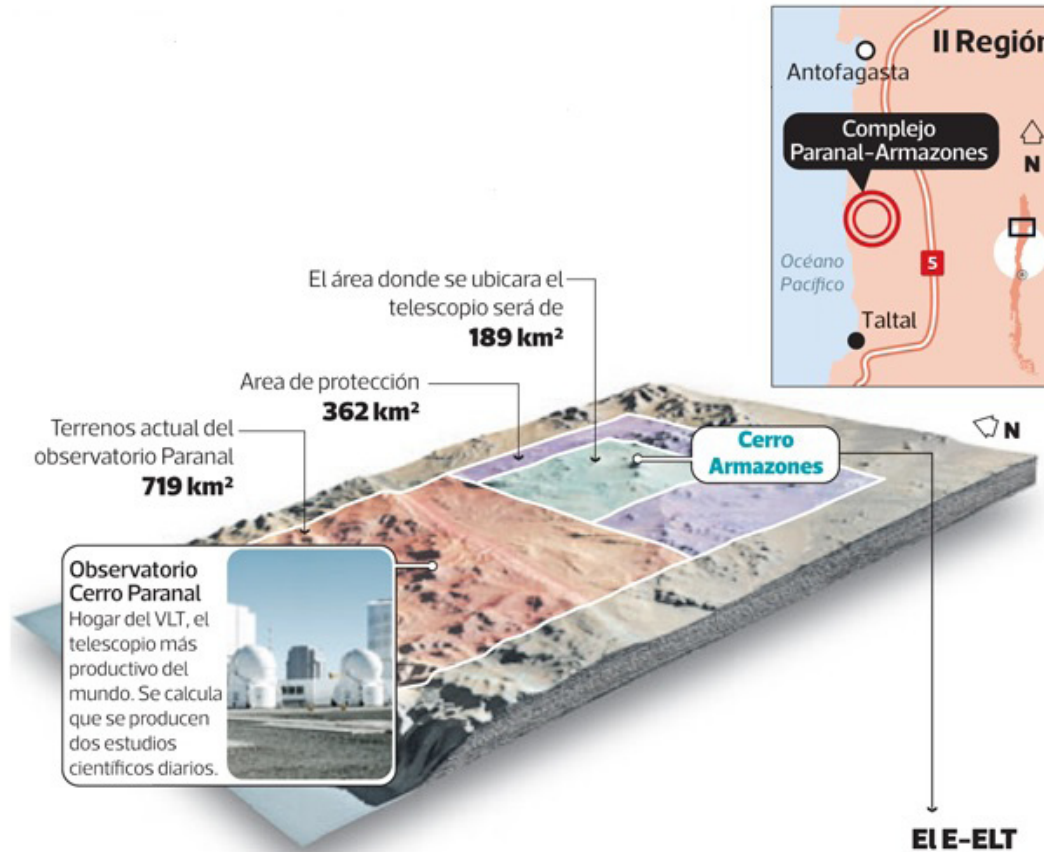
1) VLT (Very Large Telescope)

Este se encuentra en el Observatorio del Cerro Paranal a 130 km aproximadamente de la ciudad de Antofagasta.

El observatorio es operado por la ESO mediante sus sedes principales en Santiago y Alemania, en conjunto con una sede



Imagen 25: Vista del APEX
Fuente: en.wikipedia.org



menor ubicada en Antofagasta.

El VLT es el telescopio óptico más avanzado del mundo, y cuenta con 4 telescopios principales con espejos de 8,2 mt de diámetro más 4 telescopios auxiliares móviles de 1,8 mt de diámetro.

Los 4 telescopios principales puede funcionar en conjunto para así formar un interferómetro gigante que permite captar detalles con una precisión 25 veces mayor que la de un telescopio individual de mayor tamaño.

2) VST (VLT Survey Telescope) y VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy)

Son dos nuevos telescopios que operan también en el Observatorio Paranal.

Su principal función consiste en rastrear el cielo creando imágenes rápidas de áreas mayores, permitiendo así identificar zonas particulares que son estudiadas con mayor profundidad por telescopios más precisos como el VLT por ejemplo.

Imagen 26: Área que comprende el Parque Astronómico Paranal - Armazones.

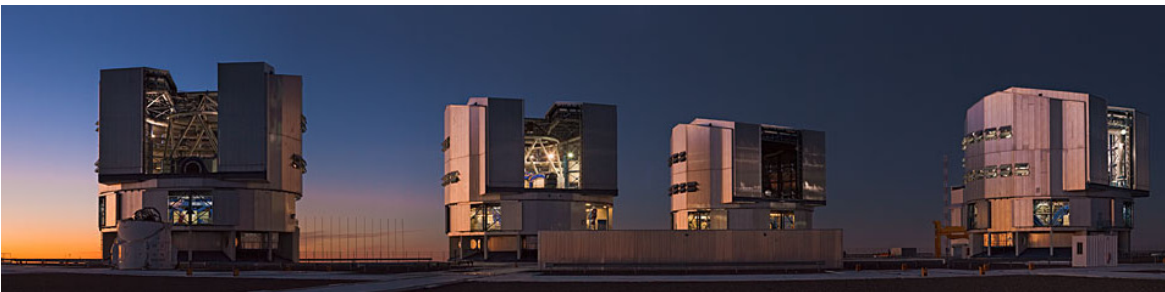
Fuente: La Tercera.

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

Imagen 27.



Imagen 28.



3) E-ELT (European Extremely Large Telescope)

Este telescopio óptico e infrarrojo será el más grande del mundo, y contará con un espejo primario de 39,3 mt de diámetro creado a partir de 5 espejos menores, hecho que considera un novedoso y revolucionario esquema de diseño. Además contará con una cúpula de 80 mt de alto que sirve para proteger el telescopio.

Más de 100 astrónomos de Europa participaron evaluando costos, rendimiento, programas y riesgos en el proceso que llevó a constituir el concepto del E-ELT, con lo cual se evidencia la constante búsqueda

Imagen 27: Vista aérea del Observatorio Paranal.
Fuente: www.eso.org

Imagen 28: Vista del VLT en el Observatorio Paranal.
Fuente: www.eso.org

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL 2.3

que desarrolla la comunidad en relación a los avances tecnológicos que les permitan llevar a cabo nuevos descubrimientos.

La instalación de infraestructura observacional en el país se ha incentivado desde la década de los 60 mediante múltiples beneficios. Los observatorios internacionales se instalan en nuestro territorio con la ventaja de operar libres de impuestos y obteniendo ventajas y privilegios equivalentes a las que tienen los cuerpos diplomáticos, condición que la astrónoma y directora del Programa de Astronomía de CONICYT, Mónica Rubio señala como única en el mundo.

Si bien los beneficios otorgados a cambio de lo anterior por parte de las organizaciones internacionales han sido fundamentales para el desarrollo de la astronomía nacional, se plantea que estos pueden ser aún más sustanciales, permitiendo quizás una participación activa en el proceso para definir nuevas tecnologías asociadas a los telescopios, considerando que los recursos humanos de la comunidad chilena se encuentran capacitados para responder ante este desafío.

Así lo plantea Mónica Rubio en el momento en que se transfieren los terrenos del cerro Armazones para la construcción del E-ELT:

“Esperamos que el aporte en territorio que hace Chile se traduzca en una colaboración más sustantiva entre la astronomía europea y la nuestra, en temas de astro ingeniería; así como de participación, tanto de empresas y

universidades chilenas en el desarrollo de este instrumento”¹⁴.

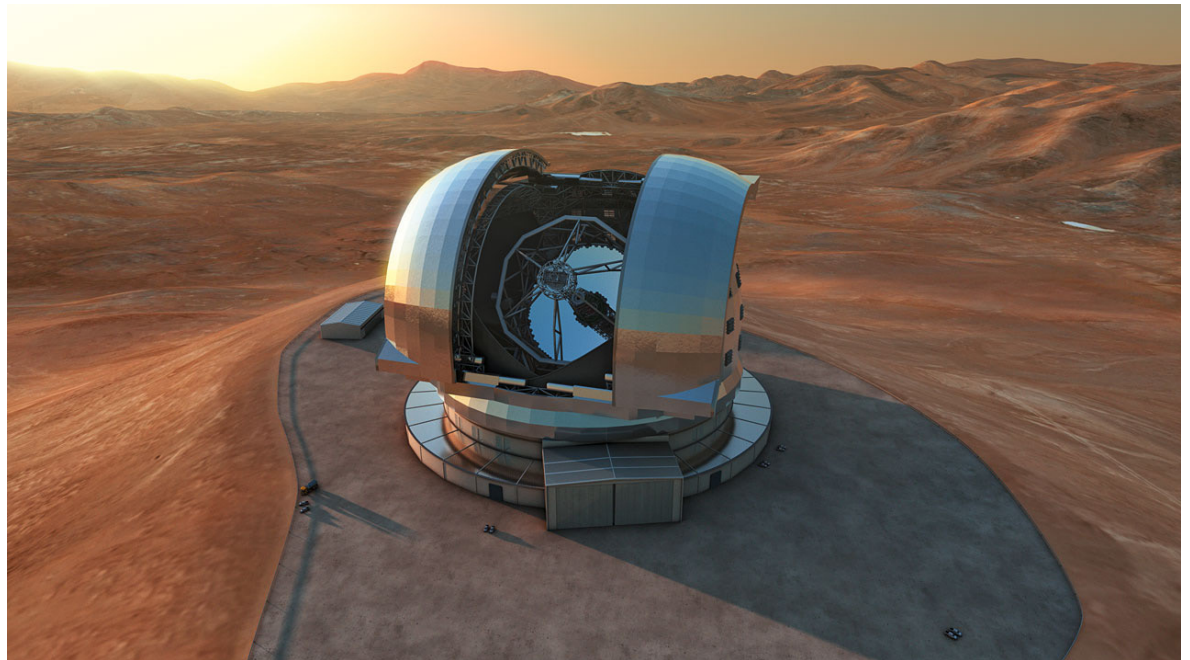


Imagen 29: Vista general del telescopio E-ELT.
Fuente: www.blogs.estadao.com.br

¹⁴ Fuente: www.conicyt.cl/astrofotografia (Noticia del 28 de Octubre de 2013).

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

d) FINANCIAMIENTO PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.

Los flujos de Financiamiento más importantes para la investigación científica astronómica en Chile, provienen tanto de las Universidades como de los aportes estatales manejados principalmente a través de los fondos concursables del CONICYT y los fondos destinados a los Centros de Investigación desarrollados a partir de la misma institución en conjunto con las Universidades.

Las Universidades son el pilar fundamental no solo en la docencia, sino también en el financiamiento y sustento de la astronomía. *“Solo gracias a que las Universidades están dispuestas a dar contratos con permanencia para investigadores del área es la que la astronomía nacional se ha desarrollado”*¹⁵.

En general los montos que invierten anualmente las universidades en la investigación astronómica bordean los USD \$2 millones.¹⁶

El documento “Análisis y Proyecciones de la Ciencia chilena 2005” plantea una serie de financiamientos disponibles para dicho año. La actualización de los datos se plantea en base a la información obtenida del Programa de Astronomía que fue creado en el 2006 a través del CONICYT, con el fin de apoyar y fomentar el desarrollo de la astronomía nacional.

Para el año 2013 dicho programa cuenta con un presupuesto de USD \$1.79 millones¹⁷, monto que será distribuido en algunos de los instrumentos de apoyo a la astronomía que plantea la iniciativa.

En primer lugar se destina aproximadamente USD \$1 millón para los fondos concursables ALMA-CONICYT y GEMINI-CONICYT.

En relación al fondo ALMA este apunta al fortalecimiento de la Astronomía nacional mediante el fortalecimiento de la enseñanza en la materia, mejorando programas de estudio de posgrado; la creación de equipos de trabajo capacitados, promoviendo la contratación de nuevos astrónomos, postdoctorantes y técnicos; y también apoyando iniciativas de índole tecnológica o teórica.

Por otra parte el fondo GEMINI está mayormente enfocado en la investigación propiamente tal, considerando con ello también la divulgación y la formación académica de recursos humanos. Finalmente la formación académica de la comunidad astronómica en general, no se deja de lado en ninguna circunstancia ya que finalmente la investigación en astronomía se realiza en pro de la docencia para los distintos grados de enseñanza.

Ambos fondos también disponen parte de los montos adjudicados a lo que se denomina Posición Postdoctoral, éste tiene como finalidad financiar el postdoctorado de un astrónomo para que apoye la operación del telescopio ALMA y del radiotelescopio APEX, y con ello realice investigación.

Actualmente también se dispone en el programa de astronomía como instrumento de apoyo el Fondo QUIMAL, al cual se destina un porcentaje del presupuesto para

¹⁵ Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Conicyt. Página 254. 2005.

¹⁶ Información basada en los montos del documento “Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena 2005”. Estos pueden haber sufrido variaciones a la fecha, por lo cual se consideran referenciales.

potenciar a nivel nacional la investigación, diseño y desarrollo de nuevas tecnologías en el área de la astronomía y sus ciencias afines.

En este caso se reconoce el potencial que existe a nivel nacional en cuanto a los recursos humanos, para el desarrollo de instrumentación y tecnologías que puedan desarrollarse acorde a las necesidades que plantean los distintos observatorios astronómicos instalados en el país.

Finalmente el CONICYT también financia proyectos de la comunidad nacional asociados a tiempo de observación en los telescopios APEX y Gemini Sur.

El centro de Astrofísica FONDAP, que ha sido presentado anteriormente recibe a su vez un presupuesto anual de USD \$1 millón, mediante el cual se financian los proyectos asociados a las distintas líneas de investigación.

Con respecto a los otros dos centros de investigación ya nombrados, el CATA y el MCSS, no se logró encontrar una cifra específica con respecto a sus fuentes y montos de financiamiento. Se asume que al ser iniciativas también de CONICYT en conjunto con Universidades deben recibir un porcentaje del presupuesto con el que cuentan ambas instituciones.

Por otra parte el FONDECYT (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico) se plantea, según el documento “Análisis y Proyecciones de la Ciencia 2005”, como el

sustento primordial de recursos externos no institucionales en las dos décadas previas al inicio del FONDAP. Considerando que el FONDECYT ha otorgado recursos a 152 proyectos en el área de la astronomía desde 1982, los montos se calculan en base a un promedio de seis proyectos al año de USD \$20.000 por cada uno, lo que dará un total de USD \$120.000 anual como aporte a la astronomía por parte de esta institución.

Aparte de los recursos provenientes de las Universidades e instituciones estatales, es importante destacar los flujos de financiamiento que recibe la astronomía nacional por parte de las instituciones internacionales. En este caso se logró identificar como fuente tangible los recursos destinados por la ESO al desarrollo de la investigación chilena a través del Comité Mixto ESO-Chile, y como fuente indirecta de financiamiento el tiempo de observación disponible para la comunidad astronómica chilena en los telescopios internacionales.

El Comité Mixto ESO – Gobierno de Chile fijó un monto anual para el desarrollo de la astronomía nacional mediante un Tratado Internacional entre el Gobierno de Chile y ESO (1996). Estos fondos están destinados a varios aspectos del desarrollo de la astronomía en el país tales como: becas de postdoctorado, plazas para profesores de astronomía en las universidades chilenas, desarrollo de infraestructura, conferencias, capacitación para profesores de enseñanza básica y media, y programas de difusión de la astronomía para el público general.

¹⁷ Información basada en los montos presentados en www.conicyt.cl

2.3 ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL

Mediante este acuerdo también se garantiza un porcentaje del tiempo total de observación para la comunidad astronómica chilena en los telescopios de la ESO.

Se establece que el monto de financiamiento fijado según el acuerdo de cooperación bordea los USD \$350.000 al año.

En general la producción astronómica chilena está basada en el uso de telescopios internacionales, este es un aporte que se considera indirecto por el hecho de que no es un financiamiento en dinero tangible. Aun así se establece un monto correspondiente al 10% de tiempo de telescopio con que cuenta la comunidad nacional para poder compararlo con lo que efectivamente invierte el país en el desarrollo de la astronomía.

Para estimar el equivalente en dinero al que corresponde el 10% de tiempo de telescopio, se consideran los costos operacionales de un observatorio con un telescopio del tipo 8 mt que bordea los USD \$40.000. En relación a la cantidad de observatorios instalados en nuestro país la cifra total se acerca a los USD \$10 millones anuales.

De esta manera el monto que recibiría la astronomía chilena como subsidio de los observatorios supera con creces las fuentes de dinero tangible en las cuales basa su desarrollo. Finalmente el país invierte menos de la mitad de lo que recibe por el 10% de tiempo de telescopio.

Para poder resumir los datos presentados se elabora un esquema que permita visualizar los flujos de financiamiento en relación al desarrollo de la astronomía nacional.

En relación a las fuentes de financiamiento para el desarrollo de la investigación en astronomía y en general para generar conocimiento científico en todos los campos de la ciencia, es fundamental la relación entre las Universidades y el Estado. El trabajo en conjunto de estos agentes permite plantear las bases que permitirán el progreso en los distintos campos y con ello los aportes financieros a realizar de acuerdo a los recursos propios que se pueden explotar en cada una de las áreas.

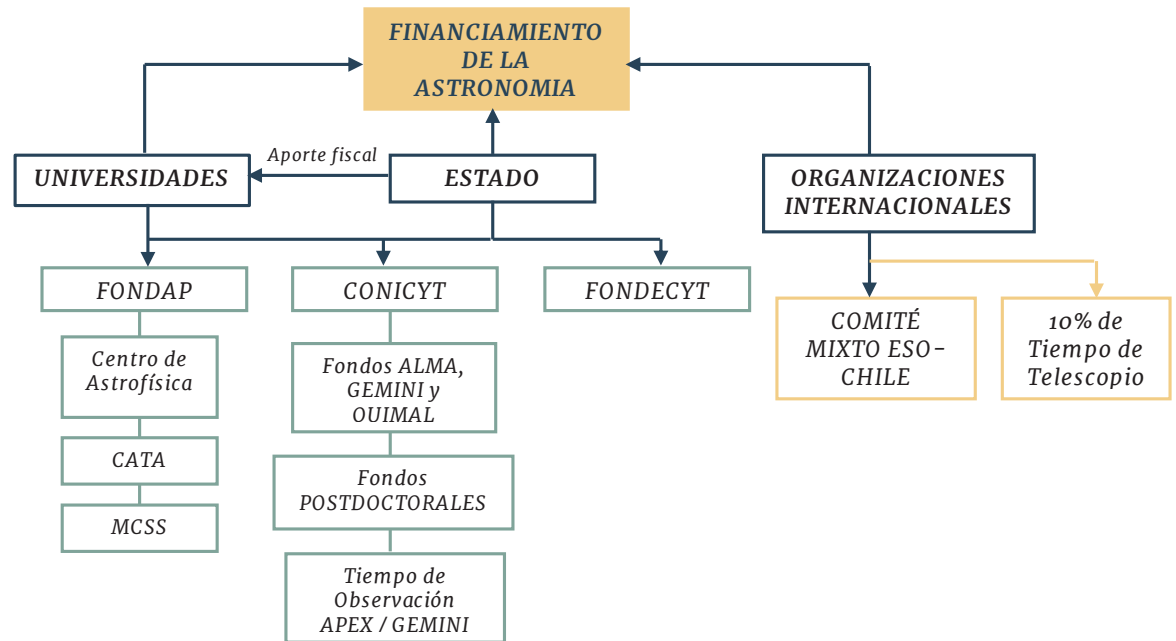
El aporte fiscal del Estado a las Universidades es la principal herramienta de apoyo que se da a las instituciones docentes para el desarrollo de la astronomía. Esta debe ser manejada en conjunto con el financiamiento que otorga a los proyectos individuales por medio de organismos como el CONICYT y el FONDAP.

La astronomía tiene en este caso la ventaja de poseer financiamiento proveniente de instituciones internacionales, el cual se hace primordial más que nada en relación al dinero “no real” del 10% de tiempo de telescopio.

Finalmente es posible mencionar que el manejo de las fuentes de financiamiento en el campo de la astronomía es bastante eficaz por el hecho de que relaciona a los agentes básicos del desarrollo de la Ciencia

ANTECEDENTES SOBRE ASTRONOMÍA NACIONAL 2.3

y la Tecnología. En este caso lo único que estaría en deuda es hacer partícipe de dicha relación a las empresas, planteando como desafío con respecto a esto en qué ámbito del desarrollo de la astronomía éstas podrían jugar un rol importante en cuanto a financiamiento y sustento de la misma.



Esquema 5: Síntesis de los flujos de financiamiento.
Fuente: Elaboración Propia.

2.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO DEL ASTRÓNOMO



Imagen 30: Edwin Hubble observando el cielo (1949).

Fuente: www.caosyciencia.com

¹⁸ Clocchiatti, Alejandro. www.psu.elmercurio.com

¹⁹ www.noao.edu

²⁰ www.psu.elmercurio.com

²¹ Profesor del departamento de Astronomía de la Universidad de Chile (DAS).

En el siguiente punto se intenta describir como desarrolla un astrónomo el proceso investigativo en torno a un caso de estudio, teniendo especial atención en los espacios que se desenvuelve durante dicho proceso.

Al entrar en detalle en este aspecto se logran derribar bastantes mitos y suposiciones del como desarrollan su labor los astrónomos de hoy en día. La percepción general que se tiene se relaciona con la imagen clásica del astrónomo observando el cosmos bajo la mirada de un telescopio. Esta situación claramente ha cambiado producto de la implementación de avances tecnológicos que se han realizado en los distintos observatorios astronómicos.

“Ya casi no existen astrónomos profesionales dedicados a mirar las estrellas noche tras noche. Hoy la observación no se hace a ojo desnudo, de hecho es un trabajo mucho más computacional y numérico: los telescopios son tan eficientes, que con un par de horas de observación uno tiene material para trabajar durante meses.”¹⁸

Esta afirmación permite establecer que el proceso observacional en primera instancia no se desarrolla durante un periodo prolongado de tiempo, y segundo que no requiere necesariamente la presencia física del astrónomo. De cierta manera un día típico para el astrónomo no incluye observaciones con un telescopio, *“esto es un mal concepto y no como los astrónomos ocupan sus horas la mayoría del tiempo. Muchas veces, un astrónomo trabaja en su oficina, atiende reuniones y trabaja en su computador analizando datos o haciendo modelos*

matemáticos y físicos.”¹⁹

De esta manera actualmente cobra mayor importancia (para el astrónomo propiamente tal y no por ende para la investigación) el proceso y análisis de datos que la observación en sí; con ello la proximidad entre el sitio observacional y el área privada destinada a la investigación no se hace realmente trascendente.

Para los astrónomos que trabajan directamente en los observatorios realizando labores técnicas que permitan el funcionamiento de los mismos, las condiciones laborales son más rutinarias, cumpliendo con los llamados *“turnos mineros que constan de 8-10 días de trabajo y 6-7 de asueto.”²⁰* Esta es una realidad que pocos científicos en Chile tienen, tal como aclara Diego Mardones²¹, *“alrededor de 70 astrónomos chilenos son académicos y solo unos 5 trabajan como staff de planta en observatorios.”*

La investigación astronómica por otra parte, implica en general la participación de varios científicos que se asocian en base a una jerarquía de trabajo. Los investigadores de mayor trayectoria dirigen la investigación y gestionan el grupo, trabajando en conjunto con postdoctorandos y doctorandos. En relación al trabajo en conjunto que se realiza en astronomía, es importante destacar el intercambio cultural entre los miembros del grupo investigativo, ya que muchas veces estos incluyen astrónomos provenientes de distintos países. Dicha característica enriquece sin duda tanto el intercambio

científico y crítico de la investigación, como las relaciones sociales y culturales que puedan darse en el grupo.

El trabajo astronómico conlleva lógicamente un método científico a seguir para el desarrollo de las investigaciones.

Dicho método en este caso consta de los siguientes pasos²²:

1. **Observación:** Aplicar los sentidos a un objeto o a un fenómeno para estudiarlos.
2. **Inducción:** La acción y efecto de extraer, a partir de determinadas observaciones o experiencias particulares, el principio general que en ellas está implícito.
3. **Hipótesis:** Planteamiento que busca comprobar o refutar mediante la observación siguiendo las normas del método científico.
4. **Experimentación** para probar la hipótesis.
5. **Demostración o refutación** de la hipótesis.
6. **Conclusiones.**

En el caso de la Astronomía la experimentación es limitada ya que es imposible reproducir en los laboratorios de la Tierra algunos fenómenos que tienen lugar en el Cosmos, y que implican condiciones extremas (tamaños, temperaturas, presiones, escalas de tiempo, etc.). Finalmente el laboratorio de los astrónomos es el Cosmos y con ello se limitan a ser observadores pasivos.

Si bien la observación astronómica es fundamental en el proceso de investigación, debido a que es la forma en que esta se comienza, y la fuente que permite obtener

los datos de análisis; los antecedentes en este punto permiten establecer que el sitio observacional, como espacio de permanencia para el astrónomo, no es el lugar más importante en su labor, de hecho hay casos en que ni siquiera es necesaria su presencia en él, por tanto el foco de atención en cuanto al trabajo que este desarrolla se vuelca netamente al lugar de investigación, donde se analizan y procesan los datos y finalmente donde se intercambian opiniones y plantean hipótesis entre el grupo de científicos.

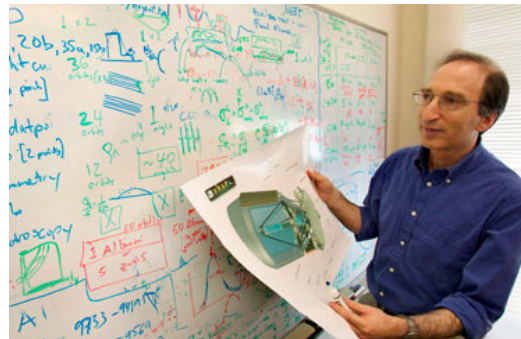


Imagen 31: Profesor de astrofísica Saul Perlmutter (Premio Nobel de Física 2011).
Fuente: www.astronomia2009.es

Imagen 32: Sala de control del telescopio Isaac Newton en el Observatorio del Roque de los Muchachos.
Fuente: <http://www.prensalibre.com/>

²² www.astronomia2009.es

2.5 PROYECCIONES DEL DESARROLLO CIENTÍFICO ASTRONÓMICO EN CHILE

a) OPORTUNIDADES.

En relación a los antecedentes presentados se puede establecer que el desarrollo de la astronomía en Chile ha comenzado a gestar las bases que permitan guiar el proceso y lograr la consolidación de los objetivos propuestos.

Los datos demuestran las ventajas que se tienen en cuanto a la capacidad de los recursos humanos nacionales, la disponibilidad y acceso a sitios observacionales de primera categoría y también la eficacia con la cual se gestionan los flujos de financiamiento; por tanto se hace imposible pensar que dichos antecedentes no tengan cabida en el desarrollo de esta ciencia.

Así entonces se describen oportunidades e iniciativas concretas que se han producido específicamente para la Astronomía como también para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en general que podrían replicarse en la materia.

En este caso las referencias se asocian a tres aspectos específicos a los cuales apunta finalmente la propuesta a desarrollar en torno al tema.

Primero cabe mencionar factores puntuales en relación al capital humano capacitado en la innovación de la investigación astronómica chilena. En segundo lugar, se hace referencia a la infraestructura y sitios observacionales que darán cabida a dicha innovación nacional. Y por último, se busca una forma de relacionar los dos aspectos anteriores que se traduzcan en beneficios directos para la comunidad, y también en el tomar consciencia de la importancia que tiene el conocimiento científico en la base de la organización social.

- Grupos Técnicos Universitarios Especializados.

Son equipos compuestos por académicos, posdoctorandos, estudiantes, ingenieros, personal técnico y de soporte, que forman parte de las instituciones descritas previamente y que se dedican al desarrollo de tecnologías aplicables a los observatorios astronómicos.

Actualmente se establece un total de 180 personas aproximadamente que se desempeñan en estos equipos, considerando no solo astrónomos, sino también ingenieros con distintas especialidades.

La labor de estos equipos ejemplifica el trabajo multidisciplinar que se puede desarrollar en torno a la astronomía. Esta

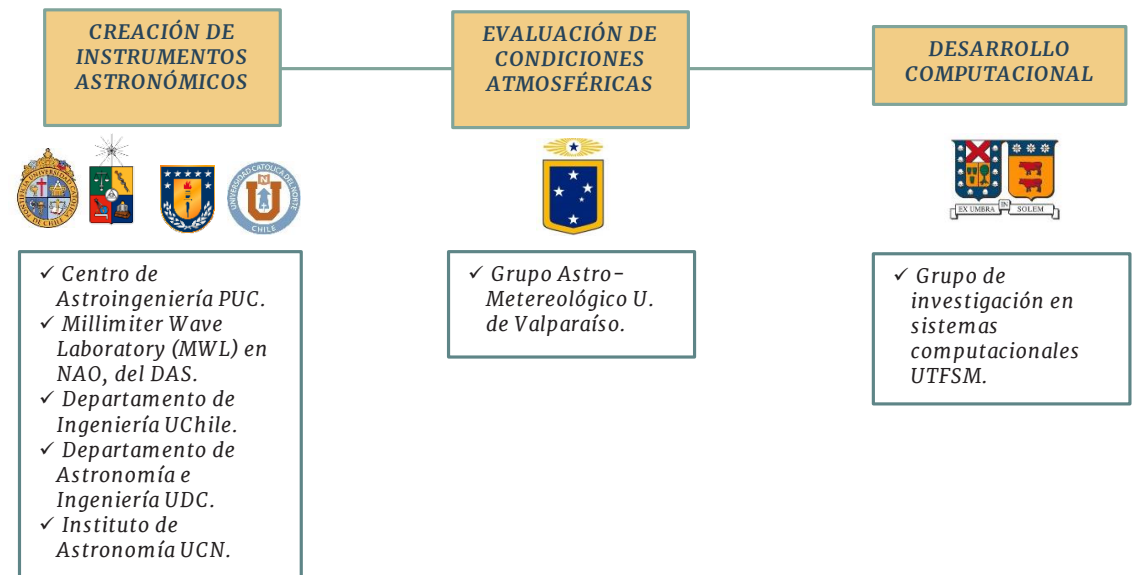
PROYECCIONES DEL DESARROLLO CIENTÍFICO ASTRONÓMICO EN CHILE 2.5

condición permite ampliar el campo de acción asociado a esta ciencia, abarcando con ello el proceso técnico que conlleva la instauración de los observatorios astronómicos.

En general dichos grupos se asocian a tres campos específicos en los cuales desarrollan tecnología instrumental.

El primero de estos apunta a la creación de instrumentos astronómicos tales como receptores de microondas, espectrómetros ópticos, etc. El segundo se enfoca en la evaluación de las condiciones atmosféricas de los sitios observacionales creando herramientas para el pronóstico y monitoreo de turbulencias en el aire, vapor de agua, etc. Y el tercero se basa en el desarrollo computacional mediante la creación de códigos computacionales utilizados en el análisis y reducción de datos obtenidos de la observación.

Las distintas instituciones universitarias que forman parte de estos grupos se asocian a cada una de las tres líneas de acción, y cuentan con herramientas e infraestructura recientemente desarrollada para cumplir cada uno de sus propósitos.



Esquema 6: Relación según línea de desarrollo tecnológico y grupos técnicos universitarios especializados por Universidad.
Fuente: Elaboración Propia (en base a la información del Programa de Astronomía).

2.5 PROYECCIONES DEL DESARROLLO CIENTÍFICO ASTRONÓMICO EN CHILE

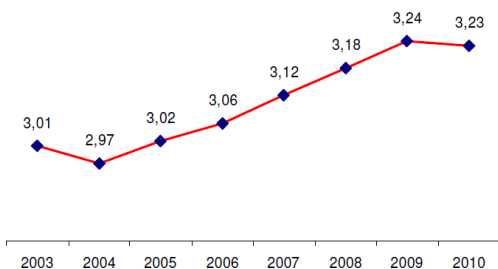


Gráfico 8: Aporte al PIB del país de las actividades características y conexas del turismo. Serie 2003 al 2010. Fuente: SERNATUR 2011.

En relación a la infraestructura recientemente elaborada se destacan el ya mencionado Millimeter Wave Laboratory (MWL) ubicado en el cerro Calán, y el National Laboratory of High-Performance Computing (NLHPC) ubicado en el Centro de Modelamiento Matemático (CMM) de la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM).

De cierta manera el desarrollo de la astronomía nacional apunta al poder ampliar los campos de estudio y experimentación que derivan de la astronomía propiamente tal, favoreciendo de esta manera la colaboración institucional para el progreso tecnológico y el trabajo multidisciplinario asociado a los distintos equpos.

- Observatorios Internaciones que consideran integrar en su desarrollo instrumentación tecnológica desarrollada en Chile.

Actualmente son varios los proyectos que han considerado la colaboración en su instalación por parte de los grupos universitarios técnicos especializados. Esta característica además de permitir la participación y experimentación real de los equipos de trabajo nacionales, facilita la cooperación de estos con los grupos internacionales que se desenvuelven en la astronomía y ciencias complementarias.

Es posible mencionar tres proyectos que respaldan las tecnologías desarrolladas a nivel nacional, el ACT (Atacama Cosmology Telescope), el TAO (Tokio Atacama

Observatory), y el CCAT (Cornell Caltech Atacama Telescope). Todos se ubican en la II región de Antofagasta y han sido descritos anteriormente.

Finalmente se debe apuntar a compensar los beneficios otorgados por el país para la instalación de observatorios internacionales, tanto en el tiempo de telescopio otorgado por estos como base de la investigación astronómica propiamente tal, como también mediante el generar oportunidades que permitan la participación real de la comunidad nacional en el desarrollo de la tecnología necesaria para su instalación.

- Turismo de intereses especiales, destinos Starlight.

Si bien el turismo en Chile no es una de las actividades económicas fundamentales de la economía nacional, esta actividad ha presentado un alza importante en cuanto al aporte para la economía, con lo cual se hace necesario implementar un plan de desarrollo estratégico que permita mantener y fomentar dicha alza.

La Estrategia Nacional de Turismo plantea un modelo de promoción del país basado en distintas experiencias, que reconocen intereses específicos de los usuarios y el tipo de prácticas a las cuales apunta cada turista.

En este contexto se desarrolla el concepto del Turismo de Intereses Especiales (TIE) que busca responder a una “elevada segmentación del mercado para satisfacer

PROYECCIONES DEL DESARROLLO CIENTÍFICO ASTRONÓMICO EN CHILE 2.5

a consumidores que buscan experiencias personalizadas y diferenciadas, permitiendo con ello la diversificación y ampliación de los destinos”²³.

Este mercado ha adquirido importancia de un tiempo a esta parte producto de su alta estadia y costo asociado, por tanto es un foco de desarrollo en el que se vislumbran buenos resultados. De hecho su crecimiento es más alto que el del turismo masivo que considera un crecimiento del 4% anual versus el 15% anual que se estima para el TIE ya en el año 2006.

Generalmente el Turismo de Intereses Especiales apunta a actividades asociadas al ecoturismo, al turismo deportivo, turismo aventura, agroturismo y turismo astronómico, entre otros. Las experiencias que plantea la Estrategia Nacional de Turismo en relación a los recursos que ofrecen las distintas regiones del país también se asocian a actividades como las que se señalan proponiendo rutas de cultura y patrimonio, aventura y deporte, inspiración natural, vida urbana, etc.

De cierta manera el Turismo de Intereses Especiales intenta también diversificar territorialmente la oferta de atractivos turísticos y desestacionalizar la afluencia planteando inversiones en áreas específicas, las más importantes en relación a esto son el Área del Norte Grande y La Patagonia y Tierra del Fuego.

En relación al turismo astronómico existe una iniciativa internacional para la



Imagen 33: Ventanas del Universo Starlight.

Fuente: www.starlight2007.cl

²³ www.sernatur.cl

2.5 PROYECCIONES DEL DESARROLLO CIENTÍFICO ASTRONÓMICO EN CHILE

defensa de los valores del cielo nocturno como patrimonio científico, cultural y medioambiental de la humanidad. Ésta iniciativa plantea destinos turísticos en todo el mundo que poseen excelentes condiciones para contemplar este recurso.

Ya se ha mencionado que existen muy pocos lugares en el mundo donde las condiciones ambientales y naturales son realmente excepcionales para el desarrollo de la astronomía. La iniciativa Starlight también reconoce dichas condiciones y los ha catalogado como “paisajes de la ciencia y el conocimiento” considerando que son las ventanas que se abren al cielo para descubrir el Universo.

Por otra parte la iniciativa Starlight propone destinos turísticos asociados a los recursos que ofrece el cielo, mediante lo cual plantea asociar actividades tales como la ciencia y el turismo.

La región de Antofagasta es uno de los lugares en Chile que ha postulado a obtener la certificación Starlight como destino turístico, considerando para ello la protección de los cielos nocturnos de la contaminación lumínica con el fin de conservar este patrimonio científico, cultural y paisajístico.

Finalmente se busca mediante esta certificación atraer turistas interesados en este tipo de experiencias y también desarrollar productos y servicios innovadores asociados al turismo astronómico.

Para Mayo del 2013 el proyecto se encontraba “en la fase de diagnóstico de los aspectos prioritarios a mejorar y luego en la identificación de zonas particulares de la Región de Antofagasta que tengan los méritos para postular a la certificación.

Para ello se debe conformar un directorio que maneje la iniciativa y que contemple instituciones públicas locales, pues el proyecto Starlight busca mediante esta certificación generar compromisos público y privado respecto del cuidado de los cielos para recuperar el derecho de las personas de observarlos y contemplarlos, además de promover el emprendimiento y la industria turística local.”²⁴

²⁴ www.eurochile.cl

b) INICIATIVAS.

En este caso se consideran acciones puntuales asociadas al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, y también otras que apuntan directamente al desarrollo de la Astronomía.

Principalmente estas gestiones han surgido por parte de las autoridades y las distintas comunidades científicas, quienes finalmente han sabido reconocer los recursos básicos disponibles en el país para el desarrollo del conocimiento científico en distintas áreas.

- **Programa de Astronomía: Astronomy, Technology, Industry. Roadmap for the fostering of Technology Development and Innovation in the Field of Astronomy in Chile.**

Esta iniciativa se plantea como una aproximación a un modelo o sistema de desarrollo en el campo de la astronomía. Mediante este programa se establecen “lineamientos para el desarrollo y la innovación en el campo de la astronomía en Chile (...) Este documento reúne las recomendaciones que permitirán fortalecer el liderazgo científico-tecnológico nacional en astronomía, expandiendo las áreas de conocimiento al desarrollo de tecnologías, sistemas y equipos complementarios para los grandes observatorios instalados en el país.”²⁵

Aquí se establece que los mayores esfuerzos deben concentrarse en las capacidades disponibles en cuanto al desarrollo de instrumentos y tecnologías por parte de los grupos técnicos especializados de la

comunidad astronómica chilena.

Dichos instrumentos y tecnologías tendrían utilidad directa en los observatorios astronómicos instalados en el país. También se plantean cifras que respaldan los logros satisfactorios obtenidos por parte de los grupos técnicos especializados de las distintas Universidades, y por tanto se podría considerar como aspecto importante para fundamentar una posible inversión en infraestructura que contemple la investigación astronómica en sí, como también la experimentación y el desarrollo investigativo de las áreas complementarias.

- **Iniciativas Chileno-Internacionales.**

“Un nuevo Centro de Investigación Chileno-Chino en el área de astronomía y astrofísica fue la propuesta presentada por la Academia China de Ciencias (CAS) a una delegación de autoridades chilenas que viajó hasta el gigante asiático para conocer en detalle esta iniciativa, que implicaría una inversión inicial de aproximadamente US\$ 3 millones (inversión CAS), además de la creación de sedes en Beijing y Santiago (...) Dentro de las iniciativas mencionadas destacan la colaboración entre centros de excelencia y otros grupos de investigación de alto nivel; la elaboración de proyectos de investigación conjunta; y la creación de un Laboratorio Asociativo Internacional en Astronomía, entre los Observatorios Astronómicos Nacionales de la CAS y las Universidades chilenas.”²⁶

ASTRONOMY PROGRAM



Imagen 34: Portada del Programa de Astronomía. Fuente: Documento en pdf de la página del CONICYT.

²⁵ CONICYT. Astronomy Program: Astronomy, Technology, Industry. Roadmap for the fostering of Technology Development and Innovation in the Field of Astronomy in Chile. 2012.

²⁶ www.conicyt.cl/blog/

2.5 PROYECCIONES DEL DESARROLLO CIENTÍFICO ASTRONÓMICO EN CHILE



- Programas regionales CONICYT.

Estos fueron creados con el fin de “promover el desarrollo científico y tecnológico de las regiones de Chile, generando un trabajo conjunto entre los gobiernos regionales y los centros de investigación, de acuerdo a las necesidades y prioridades definidas por las regiones para su desarrollo económico y social.”²⁷

Además de que consideran la creación de equipamiento destinado a la investigación, dicha investigación está asociada a los recursos y fenómenos característicos para estudiar que posee cada región del país. Así entonces esta iniciativa puede proyectar una imagen científica propia y única del lugar.

- Centros regionales de Investigación Científica y Tecnológica.

“Buscan generar, promover y fortalecer las capacidades y competencias de investigación en Ciencia, Tecnología e Innovación y formación de capital humano avanzado a nivel regional en distintas disciplinas, en sintonía con las necesidades de la región y del país. El Programa trabaja directamente con las instituciones que conforman los centros participando activamente en instancias de articulación y en su acompañamiento en tres ámbitos: financiero-administrativo; científico-técnico y gestión, transferencia y vinculación.”²⁸

Se puede deducir mediante lo señalado que la astronomía es una fuente de conocimiento científico apta para ser desarrollada desde varios ámbitos. Estos no solo se traducen

en beneficios directos para la comunidad científica astronómica, sino también en beneficios para la sociedad en general.

Finalmente el afianzar aspectos tales como la ciencia y el turismo permite ampliar el campo de acción del conocimiento científico, dar valor a un recurso que se debe preservar para conocer mejor el Universo, y al mismo tiempo generar un aporte económico tangible por medio del desarrollo turístico.

Esquema 7: Centros regionales de investigación.
Fuente: Elaboración propia (en base a información de la página del CONICYT).

²⁷ www.conicyt.cl/regional/

²⁸ www.conicyt.cl/regional/



UBICACIÓN ANTOFAGASTA
II REGIÓN

3



3

UBICACIÓN ANTOFAGASTA
II REGIÓN

CONSIDERACIONES GENERALES DEL EMPLAZAMIENTO 3.1

A grandes rasgos se intenta compilar los aspectos que se han mencionado con respecto a la ubicación del proyecto.

Inicialmente se hace referencia al proceso de descentralización en cuanto a la producción de recursos asociados a la Ciencia y la Tecnología, tomando en consideración para ello lugares donde se cuente con un capital humano capacitado. El estar conscientes de la importancia que adquiere la dimensión regional en la producción científica y tecnológica en base los recursos producidos es fundamental en este aspecto.

Luego la búsqueda se vincula al desarrollo de la astronomía en particular, con lo cual adquieren importancia los factores asociados a los recursos naturales, en este caso lugares que posean condiciones excepcionales para la observación.

En relación a este último reparo cabe mencionar que hay otras regiones del país donde también se presentan condiciones similares, tales como la IV región de Coquimbo. Sin embargo se han descartado por el hecho de que la inversión astronómica internacional ha apostado hoy y a futuro por la II región, aspecto que se intenta aprovechar para gestionar el proyecto desde el punto de vista turístico y financiero.

Posteriormente se presentan indicios que apuntan al generar infraestructura similar a la propuesta en la misma región, con lo cual el estudio previo de antecedentes permite concluir que este es un lugar propicio para desarrollar un espacio asociado al desarrollo

científico y social de la astronomía.

Por último se define un lugar urbano asociado lógicamente al sustento otorgado a esta ciencia por parte de las Universidades. La cercanía del proyecto a las instituciones regionales que desarrollan activamente la astronomía se torna fundamental considerando fácil y directo acceso desde éstas por parte de los científicos.

Mediante estos aspectos se puede determinar que la propuesta no apunta un lugar de óptimas condiciones observacionales ya que su finalidad es más bien el dar cabida a las actividades que se desarrollan en el proceso posterior a la observación y al mismo tiempo plantearse como un posible foco de atracción para dar a conocer los descubrimientos y avances producidos por la astronomía a la comunidad científica y a la sociedad en general.



3.2 ANTECEDENTES REGIONALES



Imagen 35: Comunas de la II región de Antofagasta.
Fuente: es.wikipedia.org

División Político-Administrativa.

- II Región de Antofagasta, Norte Grande de Chile.
- Provincias: Antofagasta, El Loa y Tocopilla.
- Capital regional: Antofagasta.
- Coordenadas geográficas: Desde los 20° 56' hasta los 26° 05' de latitud Sur.
- Superficie regional: 126.049,1 km²
- Límites: Norte, Región de Tarapacá; Sur, Región de Atacama; Oeste, Océano Pacífico y al Este, República Argentina.

Indicadores socio-demográficos. (Censo 2002, INE).

- Población regional: 493.984 habitantes (3,37% del total nacional).
- Población urbana: 97.7% de la población regional (482. 546 habitantes).
- Población rural: 2.3% de la población regional (11.438 habitantes).
- Grupos de edades: 26.9% menor a 15 años; 67.2% entre 15 y 65 años; y 5.9% de 65 años y más.
- Densidad: 3.92 hab/km²

La región de Antofagasta es una de las que tiene mayor porcentaje de población urbana en el país, con lo cual cobran bastante importancia las grandes ciudades de la región. Para cada una de las provincias existe una ciudad que concentra la oferta de servicios que responde a las demandas de sus ciudadanos. En el caso de la provincia de Antofagasta, la capital provincial y regional es la ciudad del mismo nombre, para la provincia del Loa su capital corresponde a la ciudad de Calama y finalmente para la provincia de Tocopilla el centro urbano más importante es la ciudad de Tocopilla.

El proyecto planteado contempla un análisis de diversos factores regionales y posteriormente urbanos, que deberán ser considerados en el diseño a diferentes escalas.

En primera instancia los antecedentes regionales se plantean como una referencia en relación al contexto nacional, y también como una forma de caracterizar la región en base a sus potencialidades.

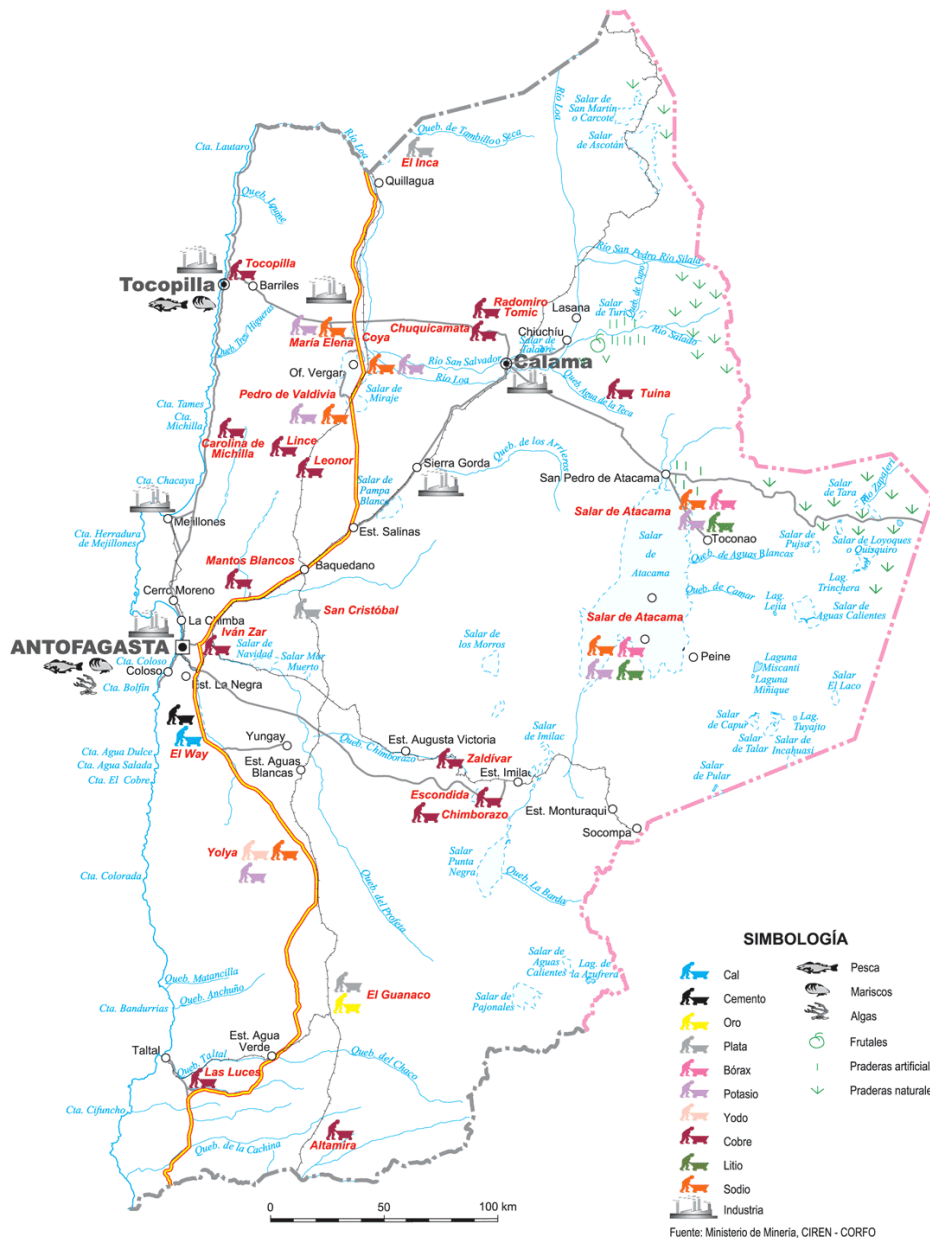
En el caso de la II región de Antofagasta se puede mencionar:

- El importante aporte económico a nivel nacional que significa el desarrollo productivo de la minería en la región.
- El crecimiento demográfico ha permitido el impulso de actividades productivas asociadas en primera instancia a la construcción y luego a los servicios y el comercio.

- La importancia turística del poblado de San Pedro de Atacama y sus alrededores tanto a nivel nacional como internacional.

- Contar con excelentes condiciones observacionales del cielo que le han permitido ser sede de grandes observatorios astronómicos de gran importancia a nivel mundial.

3.3 ECONOMÍA



Sin duda la economía de la II región se sustenta principalmente en la producción minera asociada al cobre (siendo la región de Chile que produce más toneladas de este mineral²⁹), seguida por actividades comerciales e industriales. Dicha región es la que tiene mayor porcentaje de participación en el PIB desde el punto de vista de la minería y en relación a otras regiones del centro norte del país, para lo cual considera un 63% de participación³⁰.

El rol protagónico que adquiere la minería se debe principalmente al hecho de que en la región se sitúan los yacimientos mineros más importantes del país, entre los cuales se destacan: Chuquicamata y Radomiro Tomic (ambas estatales), Escondida (la mina privada más grande del mundo), El Abra, Mantos Blancos, Zaldívar, El Tesoro, Lomas Bayas, Michilla, Meridian y Spence (siendo todas estas últimas parte de la minería privada).

Así entonces las ciudades más importantes de la región tales como Antofagasta, Tocopilla y Calama, se asocian al desarrollo

Imagen 36: Actividades Primarias y Secundarias de la II región de Antofagasta.
Fuente: www.educarchile.cl

²⁹ www.eclac.cl

³⁰ www.consejominero.cl

minero e industrial, teniendo como ventaja en el caso de las dos primeras el ser ciudades puerto, característica que impulsa la comercialización.

Indicadores Económicos (Banco Central).

- PIB regional: 10.172.823 millones de pesos (2010) Aporta un 10.32% del PIB regionalizado (segunda luego de la Región Metropolitana).

Entre 2008 y 2010, el PIB total de la región no varió significativamente, como tampoco lo hizo la minería, componente predominante de la economía regional.

La construcción creció en importancia dentro del PIB de la región, como también lo hicieron los sectores de los servicios personales, servicios financieros y empresariales, administración pública y pesca. Hacia el 2010 las actividades predominantes de la región, que se inscriben en segundo lugar luego de la Región Metropolitana al aporte del PIB regional, son la minería y la construcción.

- PIB per cápita: 17.7 millones de pesos (2010)³¹.

En términos de PIB regional per cápita, la Región de Antofagasta genera un valor tres veces superior al promedio nacional (5,3 millones de pesos al 2010), siendo el más alto del país.

Este índice puede ser bastante engañoso ya que los sueldos de la fuerza laboral

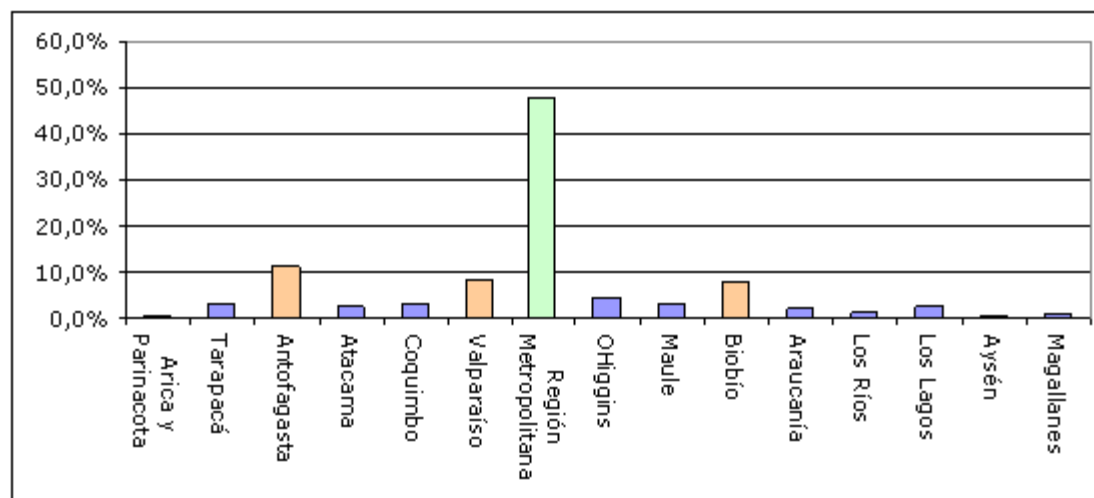


Gráfico 9: Porcentaje PIB regional.

Fuente: www. siit2.bcn.cl

³¹ www.bancocentral.cl

3.3 ECONOMÍA

Región de Antofagasta Sectores Económicos Marzo Mayo 2011				
Sector	Fuerza Trabajo	Ocupados	Desocupados	Tasa Desocupación
Agricultura	1.646	1.322	325	19,7
Pesca	705	632	0	0,0
Minería	57.272	55.923	1.832	3,2
Industrias	26.191	22.317	1.366	5,2
Electricidad, gas y agua	2.920	1.862	869	29,8
Construcción	23.406	22.286	1.681	7,2
Comercio	46.960	42.588	2.588	5,5
Hoteles y restaurantes	10.932	9.198	1.299	11,9
Transporte y comunicaciones	21.188	23.683	361	1,7
Intermediación financiera	2.761	2.159	0	0,0
Actividades inmobiliarias	16.891	17.494	1.093	6,5
Administración pública	8.974	9.041	960	10,7
Enseñanza	17.106	19.607	819	4,8
Servicios sociales y de salud	12.111	9.488	412	3,4
Otros servicios	9.864	8.623	256	2,6
Servicio doméstico	10.618	8.386	519	4,9

Tabla 4: Empleabilidad según sectores económicos.

Fuente: www.elnotero.cl

empleada directamente en minería son altísimos, y el porcentaje que lo recibe no es proporcional, haciendo que finalmente el ingreso promedio se eleve en relación a estos sueldos.

- Empleabilidad según sectores económicos.

En la región predomina la Minería como el mayor empleador, seguida por el comercio y las industrias. Si bien la minería como tal posee el mayor número de trabajadores, la suma de los servicios comerciales e industriales asociados a ésta actividad superan dicho número.

Es importante en este caso mencionar que del total de personas desocupadas hay un 27.2% de profesionales universitarios, porcentaje que supera considerablemente a los profesionales desocupados a nivel país (19%). Es posible explicar este fenómeno por el hecho de que muchos profesionales empleados en la región son foráneos, por tanto la suma total de profesionales en la región aumenta con la llegada de aquellos provenientes del resto del país o de otros países.

La finalidad de presentar antecedentes económicos asociados principalmente a la minería como motor económico de la II región, se asocian al poder demostrar al mismo tiempo cuales son los montos que finalmente quedan en la región con respecto a la producción minera.

En relación a esto es importante mencionar

de donde provienen los montos destinados al desarrollo social de la región, deducibles de la producción minera.

En primera instancia la recaudación de impuestos mineros no se queda directamente en las regiones productoras, sino que estos montos pasan a las arcas fiscales para ser administrados por el gobierno central. Por tanto este fondo será distribuido porcentualmente según las necesidades de cada una de las regiones del país.

En el caso de la II región de Antofagasta su crecimiento ha estado acompañado de un aumento en la inversión pública total y per cápita. Dicha inversión por parte del gobierno central, a pesar de ser mayor a la otorgada en años anteriores, ha disminuido en relación al porcentaje destinado para el total de las regiones del país, condición que finalmente se considera injusta por parte de las regiones mineras.

Por otra parte la minería privada está sujeta a pagar patentes mineras, montos que si están destinados a proyectos de desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la región, y que dependerán de la cantidad de hectáreas de las faenas. Finalmente el monto de las patentes mineras es manejado por los municipios y el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR).

Finalmente la minería privada también desarrolla planes de beneficio a la comunidad por periodos de corto y largo

plazo, la diferencia es que los primeros apuntan a una duración acorde al tiempo de explotación del yacimiento, y los segundos pretenden generar cambios en la comunidad más allá de la vida útil del yacimiento.

Si bien estos últimos beneficios no son absolutamente gratis por parte de la minería privada, ya que pueden obtener gracias tributarias mediante estas acciones, son los que finalmente han permitido la realización y financiamiento de proyectos en las áreas de educación, tecnología y salud. Es el caso de Minera Escondida, que ha creado una fundación destinada a financiar proyectos de esta índole en conjunto con programas culturales, recreacionales y deportivos.

En este caso el mecanismo al que se acogen las empresas privadas y con ello la Minera Escondida por ejemplo, es la Ley de Donaciones Culturales, la cual se plantea como un estímulo a la colaboración público-privada para el desarrollo cultural. En la práctica el financiamiento considera un crédito por parte del fisco, que generalmente corresponde a un 50% de la donación. Ésta acción se traduce en que el Estado no cobra dicho porcentaje tributario.

3.4 GEOMORFOLOGÍA

Las condiciones geomorfológicas de la región son importantes de destacar porque es una zona donde se presentan situaciones específicas en las formas del relieve comúnmente conocidas.

En este caso se destacaran dichas situaciones relacionadas con la zona costera de la región, considerando que el mayor desarrollo urbano en el Norte del país, y finalmente la mayor parte de las capitales regionales, se asocian a esta área.

Las planicies litorales en este caso varían continuamente su ancho y se presentan de manera interrumpida producto de que la Cordillera de la Costa cae abruptamente al mar, generando acantilados conocidos como Farellón Costero.

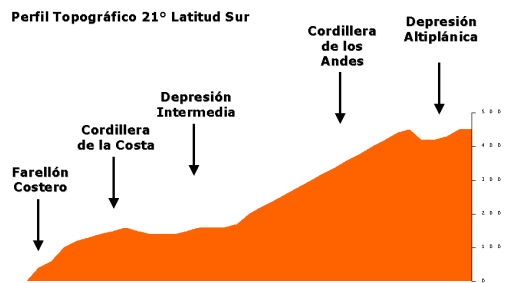


imagen 37: Perfil Topográfico para la I y II regiones.

Fuente: www.saladehistoria.com

La Cordillera de la Costa se presenta maciza y con mayor continuidad en la región, bordeando los 1000 a 3000 mt. de altura. De esta manera encontramos al interior de Antofagasta la mayor altura correspondiente al cerro Armazones (3.064 mt.), lugar en el que se desarrollan actividades asociadas a la observación astronómica.

En aquellos sectores donde las planicies presentan un ancho considerable, se generan los asentamientos de la zona costera en la región. Éstas presentan un aspecto de terrazas escalonadas lo cual caracteriza las zonas urbanas. Finalmente la propia Cordillera de la Costa mantiene la condición abrupta conocida en este caso como Escarpe Costero. Esta forma de relieve delimita y genera en las ciudades una

linealidad asociada a la costa.

Los aspectos económicos y geomorfológicos finalmente son indicios de la morfología que adquieren en primera instancia las ciudades. En el caso de Antofagasta la economía asociada a la minería ha hecho que se reconfigure la sociedad y con ello el lugar que habita. La expansión inicial de esta ciudad se debe al auge y explotación del cobre, que debió considerar lugares para albergar a la masa obrera. Comienzan a conjugarse las directrices de la economía minera con la geomorfología mediante la búsqueda de lugares donde disponer nuevos barrios que alberguen a la masa obrera. Finalmente estos son ubicados en zonas periféricas o en los faldeos del escarpe costero.

Por otra parte las singulares condiciones que desarrolla la geomorfología en la región han dado pie al desarrollo de la astronomía, adquiriendo de esta manera importancia tanto para la configuración de las ciudades como también para la instalación de los sitios observacionales astronómicos.

Imagen 38.



Imagen 39.

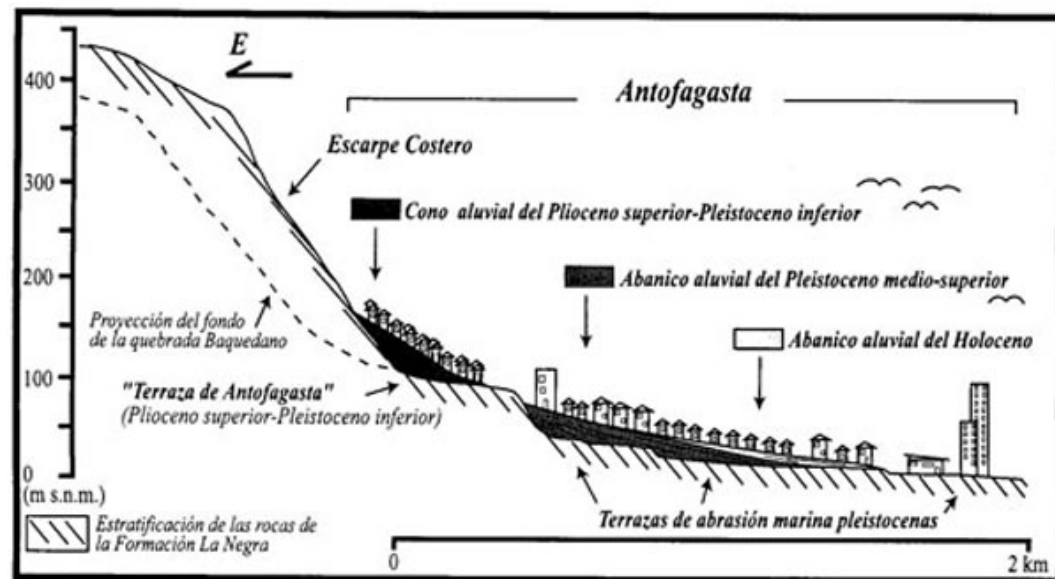


Imagen 38: Farenllón Costero y Monumento La Portada de Antofagasta.
Fuente: es.wikipedia.org

Imagen 39: Perfil topográfico de la ciudad de Antofagasta.
Fuente: www.scielo.cl

a) CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y EXPANSIÓN URBANA.

Antecedentes generales:

Población: 285.255 hab. (Censo 2002) /

380.695 hab. (ONU 2012)

Superficie: 30.718,1 km²

Densidad: 9.3 hab./ km²

Altitud (media): 40 msnm

Coordenadas geográficas: 23°38'39 de latitud Sur y 70°24'39 de longitud Oeste.

La ciudad de Antofagasta es uno de los polos mineros, industriales y comerciales (por su carácter de ciudad puerto) más grandes del Norte del país. Es conocida como la Perla del Norte haciendo alusión al apogeo del salitre durante la segunda mitad del S.XIX y la primera mitad del S.XX.

El censo del 2002 considera una población de 285.255 habitantes, y en relación a los datos planteados por las Naciones Unidas esta población aumento en 95.440 habitantes para el año 2012, llegando a un total de 380.695 habitantes. Finalmente la tendencia al crecimiento poblacional al parecer se mantendría según lo que indica el INE (Instituto Nacional de Estadísticas), que estima para el 2020 una población de 423.957 habitantes.

El crecimiento demográfico asociado principalmente a la explotación minera y los servicios industriales que esta conlleva, han determinado como ya se mencionaba una “nueva geografía económica (...) provocando la transformaciones urbano-territoriales propias del capitalismo global”.³²

Finalmente el desarrollo de la ciudad se lleva a cabo en base al fuerte componente que constituyen los aportes privados de las inmobiliarias y las grandes multinacionales que están detrás de éstas. La planificación urbana se considera una necesidad ante este escenario, en el cual la mayor parte del suelo es visto como un negocio y está sujeto a la especulación inmobiliaria.

La actividad financiera se hace lógicamente preponderante en la ciudad debido al alto capital que se mueve en la zona, con lo cual Antofagasta se caracteriza también como una ciudad de negocios. El centro histórico de la ciudad es donde se ha concentrado ésta actividad, dándole un nuevo carácter en base a los barrios y edificios de negocios.

³² www.revistaplano.uc.cl/ “Desarrollo minero y crecimiento desigual en la ciudad de Antofagasta”.

Todas las temáticas económicas que maneja la ciudad atraen a gran cantidad de población flotante, lo cual por su parte debe ser considerado a la hora de plantear servicios asociados. La especialización de estos servicios “ha generado en la ciudad nodos de carácter global que reconfiguran los espacios, apareciendo hoteles, casino, mall, arriendo de vehículos, entre otros”³³.

Un hecho tangible en la configuración de la ciudad de Antofagasta se relaciona con el crecimiento desigual que esta ha experimentado en base al proceso económico minero.

La redistribución de los capitales generados por la minería (y tal como se menciona anteriormente en el punto de la economía regional) dependen de un gobierno central, que si bien intenta desarrollar planes y programas asociados a esta problemática, aún no logra dar soluciones efectivas, evidenciando la falta de poder estatal y de una política clara con respecto al tema.

Así entonces el Norte, Centro y Sur de la

Esquema 8: Sectorización de la ciudad.
Fuente: Elaboración Propia.

³³ www.revistaplaneo.uc.cl/ “Desarrollo minero y crecimiento desigual en la ciudad de Antofagasta”.



3.5 LA CIUDAD DE ANTOFAGASTA

ciudad están claramente diferenciados en cuanto al poder adquisitivo de sus habitantes, y continúan cada uno por su parte haciendo frente al acelerado proceso de crecimiento de la ciudad y todo lo que esto conlleva.

Al Norte el sector característico se asocia a la Chimba, lugar que alberga principalmente a la masa obrera asociada a la minería. Las acciones en la zona Norte han sido llevadas bajo la mirada de políticas públicas de autofinanciamiento, las cuales se han desarrollado como planes urbanos que contemplan una planificación ordenada, coherente y sustentable de las áreas a incluir en la zona urbana de la ciudad.

Este fue el caso del Seccional la Chimba, aprobado en 2001, y desarrollado mediante una secuencia de acciones programadas en el tiempo. Actualmente se discute la aprobación del Seccional Norte para el crecimiento en extensión, que incorporaría 4.000 há. de terreno para dar cabida a 350.000 habitantes dentro de los próximos años.

La zona central de la ciudad se asocia más a la prestación de servicios como ya se mencionaba, logrando consolidarse como un sector más bien de negocios.

En el caso de la zona Sur, esta ha considerado un crecimiento en altura en base a grandes proyectos inmobiliarios. La especulación en cuanto a varias zonas urbanas en el área de la Unidad Territorial La Negra, dan cabida a dichos proyectos.

Actualmente la constructora Pocuro está desarrollando la etapa de un plan que contempla un total de 1500 a 2000 viviendas en un paño de 11,4 há., para lo cual también se ha considerado como complemento un polo de servicios, oficinas y comercio.

De cierta manera esta diferenciación mantiene la tendencia de segregar la ciudad, dificultando la implementación de planes que consideren una mirada global de ésta.

Para combatir la segregación y poder establecer medidas efectivas de planificación surge el proyecto CREO Antofagasta, que finalmente busca mediante el desarrollo integral público-privado, responder al explosivo crecimiento de la ciudad, pero en beneficio de sus habitantes, tomando en cuenta con ello la participación de los mismos.

b) VIALIDAD Y TRANSPORTE.

En general la red vial de la ciudad de Antofagasta se estructura en base a ejes que atraviesan longitudinalmente el área urbana, siguiendo la lógica lineal que ésta adquiere.

Al igual que todas las ciudades costeras del país, cuenta con un eje principal asociado al borde costero. Éste se perfila como la vía más directa e importante para atravesar la ciudad y para plantear actividades e infraestructura que aproveche y potencie el área asociada al mar.

El carácter escalonado de la planicie litoral en que se asienta la ciudad, hace que las vías paralelas a la costanera se desarrollen de acuerdo a cada una de las terrazas, permitiendo la conectividad urbana en el sentido norte-sur de todos los sectores a distintas alturas.

Se establece que la falencia en la red vial de Antofagasta se encuentra principalmente en la conexión oriente poniente del área urbana.

Si bien esta conectividad está condicionada por la abrupta geomorfología definida anteriormente y también por la barrera física que plantea la línea del ferrocarril que atraviesa toda la ciudad, se debe considerar alternativas para mejorar la integración en este sentido.

En la imagen se puede verificar que existen muy pocas vías que conecten la ciudad desde el cerro al mar, con lo cual las áreas residenciales situadas en los faldeos del

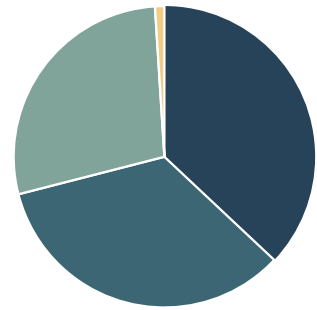
escarpe costero quedan desvinculadas del borde costero.

La Secretaria de Planificación y Transporte (SECTRA) ha considerado el desarrollo de un estudio en relación a la conectividad de los ejes transversales de la ciudad, en el cual se plantea la *“necesidad de abordar y solucionar la barrera física que representa la línea férrea donde actualmente opera el transporte de carga del ferrocarril de Antofagasta – La Paz (FCAB).”*³⁴

En el caso de la barrera que plantea el relieve, esta es más evidente en la zona Sur de la ciudad, área en la que finalmente se angosta la planicie. De acuerdo al crecimiento urbano en altura que se menciona para la zona, es fundamental prever la integración vial de las nuevas áreas residenciales con aquellas que se proyectan, evitando así problemas de congestión en la trama existente.

En cuanto al transporte de la ciudad de Antofagasta, se tiende a pensar que los desplazamientos son mayormente a través de medios privados, considerando que la actividad minera e industrial se realiza en general en vehículos particulares. Sin embargo es posible evidenciar que el porcentaje de viajes en medios de transporte público es similar al que se realiza en medios de transporte privado.

La red de transporte público actualmente está compuesta principalmente por taxi buses y taxi colectivos. A medida que la ciudad crece en expansión y que la red vial que atraviesa la ciudad se basa principalmente en la



■ Transporte Privado ■ Transporte Público ■ Caminata ■ Bicicleta

Gráfico 10: Distribución de viajes por modo. Fuente: www.sectra.gob.cl

³⁴ www.sectra.gob

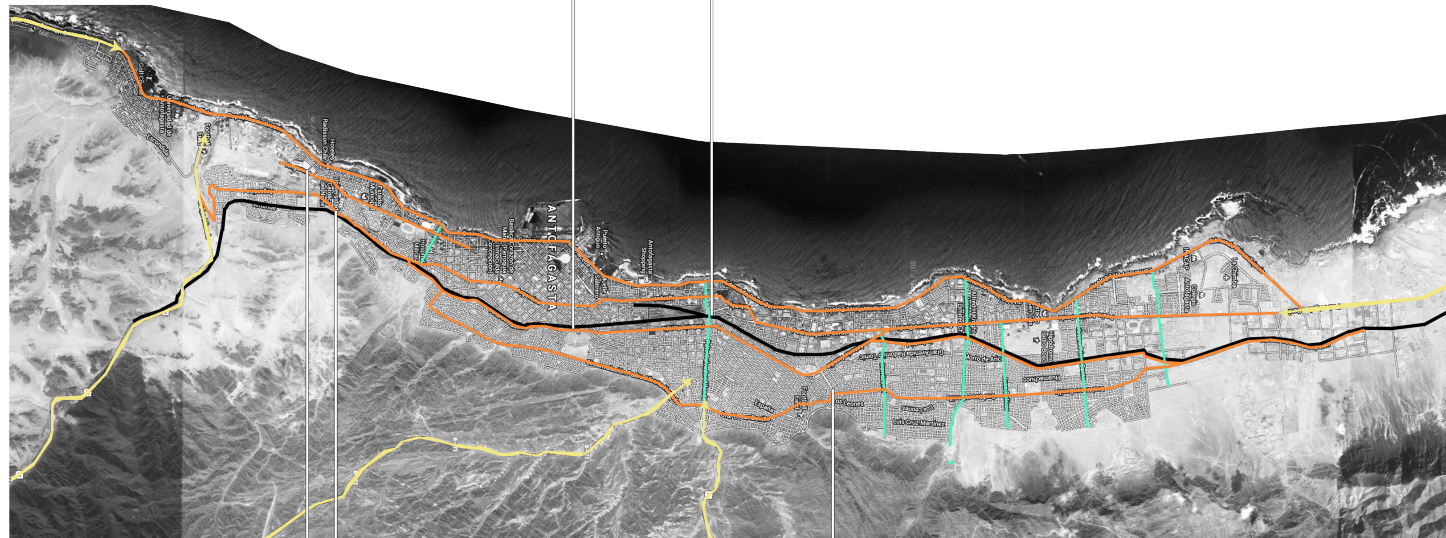
3.5 LA CIUDAD DE ANTOFAGASTA

Situación en cruces Viales y Ferroviarios



RUTA 1
Enlace a la 5 Norte

RUTA 28
Hacia Longitudinal Norte /
5 Norte



RUTA 1
Hacia Tocopilla

Hacia Longitudinal Norte

RUTA 26
Hacia Longitudinal Norte

Accesos a la ciudad

Vías conectoras principales
Norte - Sur

Vías conectoras principales
Oriente - Poniente

Ferrocarril



Situación del relieve abrupto en la zona Sur

costanera, la conjugación de los medios de transporte produce grandes atochamientos y congestiones en las vías principales.

Considerando los cambios urbanos que la ciudad ha experimentado y seguirá experimentando es posible establecer que se deben reorganizar y estructurar los medios de transporte y con ello también abrir la red vial que los acoge. Probablemente las mejoras no solo apuntan a realizar acciones desde este punto de vista, y deben complementarse con medios de transporte alternativos que descongestionen la estructura vial.

En relación a esto surgen proyectos que apuntan a la factibilidad de generar un tranvía o tren liviano que atravesase la ciudad. Esta es una iniciativa que se ha pensado desde hace ya varios años y apunta a ser la opción más viable.

El municipio de Antofagasta maneja desde el 2012 estudios de factibilidad para la construcción del tranvía, los cuales consideran un presupuesto de USD \$450

Esquema 9: Red Vial ciudad de Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 40: Trazado del Tranvía para Antofagasta. Fuente: El Mercurio Antofagasta (01 de Noviembre de 2012).

millones en su etapa inicial. La segunda etapa requeriría una inversión bastante menor y pretende ser financiada mediante el Fondo Nacional de Desarrollo Regional.

La iniciativa final propone 29 estaciones que conecten desde el sector la Chimba en la parte Norte de la ciudad y el campus coloso de la Universidad de Antofagasta en la parte Sur de la misma.

Los beneficios asociados a este proyecto son variados, y van desde el producir mejoras ambientales, descongestión vial, puntos de atractivo turístico, etc.

Claramente la idea es que los medios de transporte existentes se articulen con esta nueva propuesta, generando así una oferta más amplia como respuesta a la gran demanda que existe para desplazarse por la ciudad de Antofagasta.

Estaciones:

- 1.- Terminal Norte
- 2.- Abracita
- 3.- Caparrosa
- 4.- Mario Silva Iriarte
- 5.- Arturo Pérez Canto
- 6.- Club Hípico
- 7.- Juan Bolívar
- 8.- Nicolás Tirado
- 9.- Juan Glasinovic
- 10.- Las Américas
- 11.- Calinga
- 12.- Terminal de Buses
- 13.- La Vega
- 14.- Salvador Allende
- 15.- Río de Janeiro
- 16.- Municipalidad
- 17.- Muelle Antiguo
- *18.- Plaza Colón
- *18.- P. Alberto Hurtado
- *18.- Baquedano
- 19.- Plaza Sotomayor
- 20.- Clínicas
- 21.- Av. Brasil
- 22.- Talca
- 23.- Estadio
- 24.- Teletón
- 25.- U.C del Norte
- 26.- Ruinas de Huanchaca
- 27.- Angamos
- 28.- Rep. de Croacia
- 29.- U. de Antofagasta



3.5 LA CIUDAD DE ANTOFAGASTA

c) ASPECTOS DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE ANTOFAGASTA.

La ordenanza local intenta hacer frente al crecimiento desmedido al cual está sometida la ciudad, sus habitantes y también sus recursos, para lo cual se plantea una propuesta de estructuración urbana.

En primera instancia se reconocen cinco potencialidades a nivel urbano mediante las cuales se plantean acciones y se definen criterios urbanos de desarrollo:

- 1) Ciudad de servicios: Polos secundarios que logren nuclear áreas segregadas.
- 2) Ciudad eje residencial: Mejoras en equipamiento, vialidad y oferta residencial.
- 3) Ciudad de trabajo, potencial industrial:

Centro emergente de actividades industriales de alto valor agregado.

4) Ciudad cabecera de la minería: Servicios complementarios y centros de investigación.

5) Ciudad Universitaria del Norte: Oferta profesional y técnica acorde a las necesidades económicas de la región.

La base en el nuevo planteamiento estructural es desconcentrar la oferta prácticamente exclusiva de la zona central por medio de “sistemas urbanos de crecimiento integrado” considerando que el crecimiento y expansión de la ciudad se genera mayormente de forma extensiva longitudinal.

Unidad Territorial	Hás.	Población	Densidad
Coloso	138	6.925*	50*
La Negra	511	10.945	21,4
Gran Vía	280	23.985	85
Centro	503	58.706	116
S. del Carmen	600	76.269	127
N. Tirado	899	70.053	78
La Chimba	1.644	80.000*	150*
La Portada	998	-	-
Total	5.574	239.958	100*

* Parámetros proyectados por el Plan para el 2030. no considerados en la suma total actual.

El resto de los datos corresponden a estadísticas de población de fuente INE por unidad vecinal, 1997.

Tabla 5: Unidades territoriales propuestas.
Fuente: Memoria explicativa Plano Regulador Comunal de Antofagasta.

Imagen 41: Subdivisión Territorial o Unidades Territoriales que plantea el Plan Regulador de Antofagasta.

Fuente: Elaboración Propia.

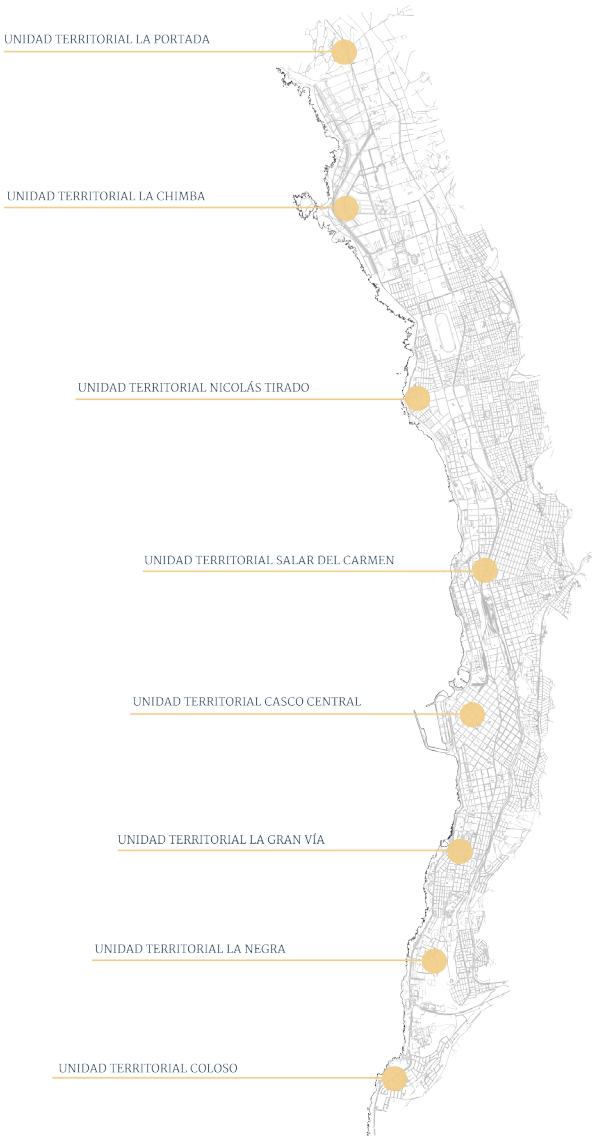
Finalmente al reconocer que las condiciones geográficas han dado forma lineal a la ciudad, se deben buscar maneras de articular esta condición, para lo que se proponen varios polos de convergencia en 8 unidades territoriales, cada uno tendrá distintos grados de autonomía y estarán vinculados mediante una red longitudinal homogénea en toda el área urbana (manteniendo y mejorando el concepto longitudinal en la red vial existente).

Las unidades territoriales propuestas están definidas en base a un promedio aproximado de 700 há., y una población que va desde los 25.000 a los 75.000 hab. La idea es consolidar sectores urbanos en base a una suma de barrios menores, congregados en torno a ejes de equipamiento, servicios, comercio, etc.

En cada unidad territorial se pretenden desarrollar 5 aspectos fundamentales con la finalidad de crear un sistema urbano integrado a escala menor.

- 1) Darle importancia al frente marino y con ello al borde costero. Potenciar este borde y consolidar los barrios urbano-residenciales colindantes que ya existen y los que se proyectan.
- 2) Corredor longitudinal como conexión principal de los subcentros pensados para cada unidad territorial. Mejorar la conectividad existente en este sentido planteando y dando continuidad a la vialidad inconclusa.

- 3) Generar los denominados transeptos que se asocian a mejorar la conectividad transversal de la ciudad, intentando conectar los puntos nodales del borde costero con los que se encuentran al interior de la ciudad (corredores oriente poniente).
- 4) Crear una estructura barrial delimitada por las vías principales, longitudinales y transversales, pensada en su interior desde el punto de vista del peatón.
- 5) Complementar la estructura mediante una red de espacios públicos, considerando en lo posible uno para cada sistema asociado a su centro y teniendo como punto de partida el borde costero.



3.6 UNIDAD TERRITORIAL LA NEGRA

La unidad territorial La Negra se encuentra ubicada en la parte sur de la ciudad, y considera una superficie de 511 há., 10.945 habitantes, y una densidad de 21,4 hab/há.

El potencial del lugar se considera en primera instancia por la presencia de las dos universidades del Norte del país más importantes en materia astronómica, como son la Universidad Católica del Norte y la Universidad de Antofagasta.

Por otra parte en este sector también se encuentra un foco de atractivo turístico importante para la ciudad, constituido por el Parque Cultural Huanchaca con la potente presencia de las ruinas del mismo nombre y el Museo del desierto de Atacama.

Se vislumbran en este lugar las bases para generar un posible polo turístico, educacional-científico y cultural para la ciudad de Antofagasta en torno a la presencia de las Universidades y aprovechando la preponderancia de las ruinas.

En general el desarrollo del lugar y con ello la densificación residencial que se proyecta en el mismo, plantea la posibilidad de establecer mejoras a nivel urbano que puedan solucionar de alguna manera las barreras físicas y geográficas de conectividad que se señalan anteriormente.

Los antecedentes relacionados con la normativa también avalan las posibilidades de plantear equipamiento educacional, cultural, turístico y áreas verdes, sustentando finalmente el programa

asociado por un lado a la investigación y por otro a la difusión en materia astronómica.

También se encuentra una iniciativa importante que considera la creación de un planetario en el Parque Cultural Huanchaca, lo cual se plantea como una posibilidad tangible para la realización de la propuesta en dicho lugar.

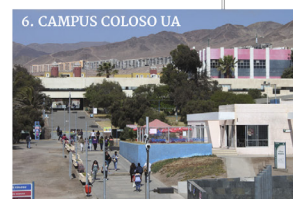
Para el área específica de estudio se considera el Seccional Angamos, una modificación al Plan Regulador Comunal de Antofagasta del año 2010, que plantea aspectos más específicos e intenta controlar la especulación inmobiliaria del sector relacionada con los grandes paños libres o en posible venta.

A grandes rasgos la zonificación planteada por el seccional considera la posible densificación en la zona donde actualmente se sitúa la población militar, en conjunto con el desarrollo inmobiliario que se está llevando a cabo en el área contigua.

Las zonas en azul y verde consideran equipamiento con distintas especificaciones, teniendo en cuenta dos áreas especiales correspondientes al Parque Cultural Huanchaca y una parte de los edificios militares por ser monumentos nacionales.

Finalmente en el área donde se planteará el plan maestro de la propuesta se considera una zona preferentemente de equipamiento científico y educacional (Z-E3). Al mismo tiempo en esta área se plantea un uso mixto con residencias para estudiantes.

UNIDAD TERRITORIAL LA NEGRA 3.6



Esquema 10: Caracterización del Lugar.
Fuente: Elaboración propia.

3.6 UNIDAD TERRITORIAL LA NEGRA

a) CARACTERÍSTICAS.

El terreno propuesto actualmente es propiedad de la Universidad Católica del Norte, por tanto las intenciones de la misma son continuar con equipamiento educacional, deportivo y residencial para estudiantes.

La idea es integrar en este lugar, a la Universidad de Antofagasta en los temas de investigación y también en lo que se refiere a residencias universitarias. La colaboración entre ambas instituciones y probablemente la presencia esporádica de otras instituciones educacionales dedicadas a la astronomía será fundamental en la propuesta.

Es un área de 280 km² por tanto se debe

considerar un loteo para manejar la integración de los distintos usos de suelo que se propondrán, con los existentes.

La presencia y respeto urbanoyarquitectónico al Parque Cultural Huanchaca se considera una de las prioridades, finalmente éste está inmerso entre las instalaciones existentes de la Universidad Católica del Norte y lo que se propone como su continuidad, así entonces se busca la manera de que el Parque articule dicha continuidad sin romper su organización y valor paisajístico. Sumado a esto la propuesta se ve como una alternativa de consolidar la integración del mismo con la ciudad de Antofagasta, tratando las iniciativas que se plantean para éste.

Se remodelará anfiteatro y proyectan circuitos peatonales, miradores y un funicular:

Parque Huanchaca busca consolidar su integración con Antofagasta

Complejo alberga restos de fundición de plata del siglo XIX, que es monumento nacional, museo y una explanada de eventos y servicios.

VISITAS

- Al año llegan al parque Huanchaca 20.400 visitantes en promedio.
- Desde su inauguración en 2010, han visitado el complejo cerca de 61 mil personas.



Imagen 42: Noticia Integración del Parque Cultural Huanchaca.

Fuente: El mercurio.

La desvinculación de la zona residencial Coviefi con el borde costero y con la posible densificación a desarrollar en los terrenos del Ejército son un desafío a resolver, considerando lo que se menciona anteriormente en cuanto a generar ejes Oriente-Poniente que permitan la integración y las mejoras de la conectividad en este sentido.

Los esquemas plantean las principales consideraciones para el desarrollo del proyecto partiendo de la escala urbana, que busca integrar funcional y programáticamente lo existente y lo proyectado tanto en la lógica Norte-Sur como en la que comprende el sentido Oriente-Poniente.

Es importante mencionar que el análisis inicial llevó a concluir que el Parque Cultural Huanchaca era un lugar propicio para situar el proyecto. De cierta manera se consideró como un espacio controlado para situar la nueva propuesta, sin embargo el control y la relación que mantienen los elementos ya existentes limitaban tanto la cabida de una nueva edificación como su diseño arquitectónico.

El cambio surge también por querer abordar la problemática urbana que se plantea, logrando plantear soluciones a una escala mayor con la nueva propuesta.

Esquema 11: Conexión programática de lo existente y lo proyectado.
Fuente: Elaboración propia.

1. Franjas Programáticas Transversales.



- 1. Educativo
- 2. Cultural
- 3. Educativo + Residencial
- 4. Recreacional

2. Parque como articulador sentido N-S.



3. Nuevo Plan Maestro integra zonas O-P.



3.6 UNIDAD TERRITORIAL LA NEGRA

4. Análisis en base a puntos / HITOS.



Edificios importantes y edificios en altura.

5. Análisis en base a líneas / VIAS CONECTORAS.



6. Análisis en base a superficies.



Residencial en altura (en desarrollo)
Residencial altura media (posible)



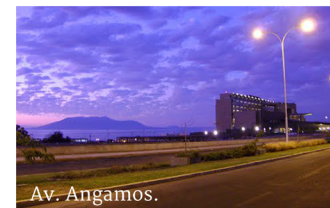
Edificación en altura.



Equipamiento altura media.



Av. Argentina.



Av. Angamos.



Av. Costanera

Esquema 12: Análisis del área en base a 3 variables: Puntos, Líneas y Superficies. (Referente de análisis Parc La Villette). Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 43: Vista de la explanada, desde el Parque Cultural Huanchaca hacia el Sur.
Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 44: Vista de la explanada, desde el Parque Cultural Huanchaca hacia el Oriente.
Fuente: Elaboración Propia.



3.7 VISTAS DEL LUGAR

Imagen 45: Vista de la explanada, desde la calle Sta. Margarita (Coviefi) hacia el Norte.
Fuente: Elaboración Propia en base a imágenes de Google Street View.



Imagen 46: Vista del Parque Cultural Huanchaca hacia el Oriente.
Fuente: Elaboración Propia.





DESARROLLO DEL PROYECTO

4



4 DESARROLLO DEL PROYECTO

OBJETIVOS GENERALES

- 1.- Crear un nexo entre todos los entes involucrados en el desarrollo de las ciencias en general, haciendo participe en este caso a las empresas.
- 2.- Dar preponderancia al desarrollo de la astronomía en la región, considerando la importancia de sus recursos naturales en este ámbito.
- 3.- Descentralizar la producción científica astronómica considerando como oportunidad para el desarrollo tecnológico y la innovación la presencia de observatorios internacionales.
- 4.- Potenciar el capital humano astronómico de la región mediante su interacción con científicos nacionales e internacionales.
- 5.- Generar un espacio que integre la masa crítica especializada y general, permitiendo la interacción entre ambas y dando a conocer así los avances científicos y tecnológicos del campo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Lograr la participación de los agentes para gestionar el proyecto, donde cada uno de estos cumple una función determinada. Universidad Católica del Norte y Universidad de Antofagasta como instituciones sostenedoras, con la colaboración de las grandes Universidades y sociedades científicas nacionales.
- 2.- Edificio icono de la capital astronómica de Chile, en el cual se logre desarrollar la base científica de esta ciencia como también la extensión de los conocimientos astronómicos a la comunidad.
- 3.- Desarrollar espacios para el trabajo permanente de científicos regionales, y otros que den cabida a la llegada de astrónomos de otras partes del país y el mundo.
- 4.- Catalogar esta plataforma como el principal foco del conocimiento científico astronómico a nivel regional, y articularla mediante una red turística con los principales observatorios internacionales (mediante convenios) y las iniciativas que buscan generar sitios observacionales para el público en general.

Complejos estarán orientados al turismo y la divulgación científica, sobre todo entre escolares y universitarios:

Antofagasta tendrá primer gran planetario en regiones y sumará un observatorio público

El primero costará US\$ 5 millones y será similar al de la Usach. El segundo estará en Chiuchú, y la región sumará otro gran telescopio en Chajnantor.

MARIO ROJAS MARTÍNEZ

Los cerros Paranal y Armazones, además del radiotelescopio ALMA, son los principales observatorios en operación en la Región de Antofagasta. Instalaciones que, coinciden astrónomos y expertos, permitirían que al cierre de esta década la zona concentre más del 40% de la observación astronómica mundial.

Pero hay un tema pendiente: el acceso a estos centros y la difusión de su trabajo entre la comunidad local y turistas es limitado. Para viajar a Paranal, por ejemplo, hay que inscribirse con meses de anticipación y los cupos son limitados. Una realidad que se busca cambiar gracias a dos proyectos orientados al turismo y la divulgación científica.

El primero de ellos es la construcción del primer gran planetario en regiones, sobre la base del modelo que opera desde marzo de 1985 en el campus de la Universidad de Santiago (Usach).

La iniciativa es impulsada por el consorcio norteamericano Associated Universities Inc. (AUI), uno de los tres administradores de ALMA, además del Ferrocarril Antofagasta-Bolivia y la Universidad de Antofagasta.

Representantes de esas tres

entidades firmaron ayer el compromiso para construirlo en la ciudad, y solo resta definir si estará en terrenos de la universidad —en el Campus Coloso, a 7 km del centro de Antofagasta— o en el borde costero.

Otras definiciones están más claras: como que las obras partirán el segundo semestre de 2014, para comenzar a funcionar en 2015, y que tendrá un costo de US\$ 5 millones.

El complejo se levantará en una hectárea de superficie e incluirá el planetario, auditorio, cafetería, tienda, salas de exposiciones, áreas verdes, paseos y estacionamientos.

"Antofagasta, como región, tiene fama mundial por ofrecer las mejores condiciones para la observación astronómica. Es un planetario natural, pero ¿por qué no tener un planetario que simule el cielo y enfocado a turistas, colegios y público en general? Será un hito, una herramienta educativa", explica el astrónomo Eduardo Unda-Sanzana, coordinador del proyecto.



378 mil turistas recibió la ciudad de Antofagasta en 2012, cifra que subirá 10% este año.

50 mil personas, solo entre escolares y universitarios, es el potencial público de estos proyectos.

orientado al público en la región. Se sumará la construcción de un observatorio astronómico en la localidad altiplánica de Chiuchú, ubicada a 3.000 m de altitud y 33 km al este de Calama, cuya construcción costará US\$ 1 millón y es impulsada por la U.

de Antofagasta y Codeco. Los trabajos comenzarán el segundo semestre de 2014, para abrir en 2015. "Será el primer observatorio astronómico público del norte, porque los otros pertenecen a consorcios internacionales privados, y su acceso es res-

NUOVO TELESCOPIO — A los proyectos públicos se suma un nuevo telescopio de gran escala complementario a las antenas de ALMA. El llamado CCAT costará US\$ 100 millones y estará listo en 2018, a 5.800 m de altitud.

tringido. Estará enfocado al público general, a turistas, escolares y la comunidad local", dice Unda-Sanzana.

Por último, está el proyecto de AUI para levantar un nuevo telescopio anexo a ALMA, en Chajnantor. El llamado "CCAT" tendrá una cúpula de 25 m de diámetro y permitirá complementar el trabajo de las 66 antenas de ALMA para realizar mapas generales del espacio. Costará US\$ 100 millones y las obras se iniciarán el segundo semestre de 2014. Estará listo en 2018.

Imagen 47: Se concreta proyecto de planetario para la ciudad de Antofagasta.

Fuente: El mercurio, 26 de Noviembre de 2013.

a) ACCIONES URBANAS.

Lo primero que se busca es seguir con la lógica de la ciudad entendiendo su conformación en sentido Norte - Sur.

Para ello se reconoce un traspaso longitudinal en toda la explanada, teniendo el Parque Cultural como articulador y el sector de la medialuna como remate.

La idea principal en este caso es crear un corredor interno que genere una vinculación programática en este sentido.

Otra condición a destacar en el lugar hace referencia al escalonamiento del terreno, en el que se reconocen dos terrazas principales.

A la terraza superior (T2) se le dará un carácter educacional, cultural y científico, estableciendo una relación directa con la terraza inferior (T1) mediante un Parque central que enfatice la condición del corredor longitudinal.

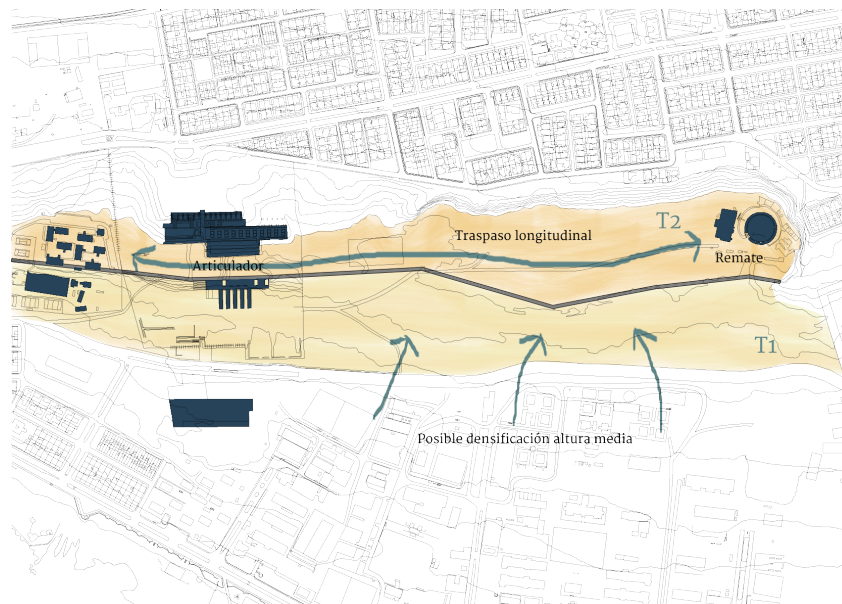
Finalmente este espacio permitirá la interacción con el programa residencial a plantear en la terraza inferior.

El carácter recreacional y deportivo que da la medialuna a la zona de remate se mantiene, planteando nuevos equipamientos con este propósito.

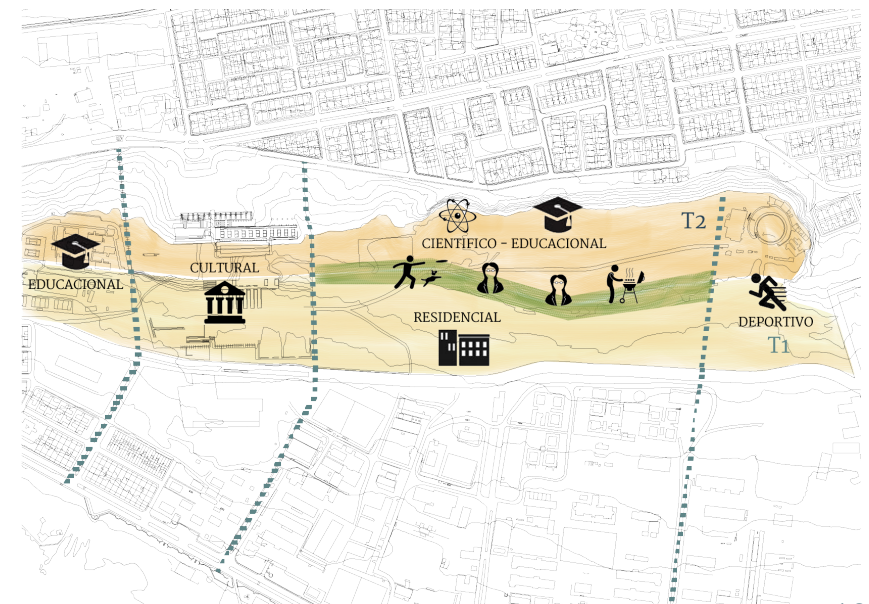
Esquema 13: Eje de traspaso longitudinal en T2 e integración de la densificación en T1.
Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 14: Definición programática del área y su correspondiente integración mediante el Parque-corredor.
Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 13.



Esquema 14.



4.2 DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO

En segundo lugar se hace frente a la barrera que plantea el relieve en la zona, que cae de manera abrupta en la explanada, con el propósito de generar conexiones efectivas en el sentido Oriente-Poniente.

Por un lado se reconoce un eje cultural asociado al legado de las ruinas, y que va desde el horno de la refinadora que aún se conserva en la Av. Argentina, pasando por la masa central donde se encontraban las oficinas y la maestranza de la compañía, para finalmente llegar al borde costero con la presencia de la Capilla del Ejercito Nuestra Señora del Carmen.

La caracterización de este eje se asocia a un recorrido peatonal del tipo paseo turístico, en el cual el desplazamiento es pausado y requiere instancias para contemplar y observar el paisaje.

La intención en este caso apunta a integrar tanto el Parque Cultural con la ciudad y el borde costero, dando a conocer los vestigios presentes en ésta de la fundición de plata; como también establecer relaciones funcionales entre los habitantes de los faldeos del escarpe y quienes posiblemente densificaran la zona asociada a la costa.

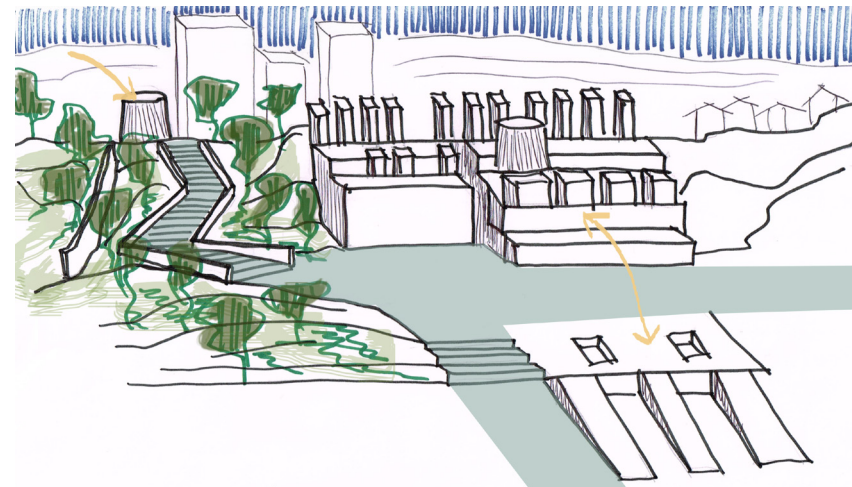
Esquema 15: Conexión de elementos del recorrido cultural.
Elaboración Propia.

Esquema 16: Interpretación del paseo peatonal que los conecta.
Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 15.



Esquema 16.



Por otra parte como ya se menciona, se entiende la necesidad de generar un eje funcional que facilite la conectividad de la zona residencial Coviefi, ya consolidada, con el borde costero. Finalmente se busca la integración e interacción de estos mismos habitantes con los que se planea llegaran a futuro.

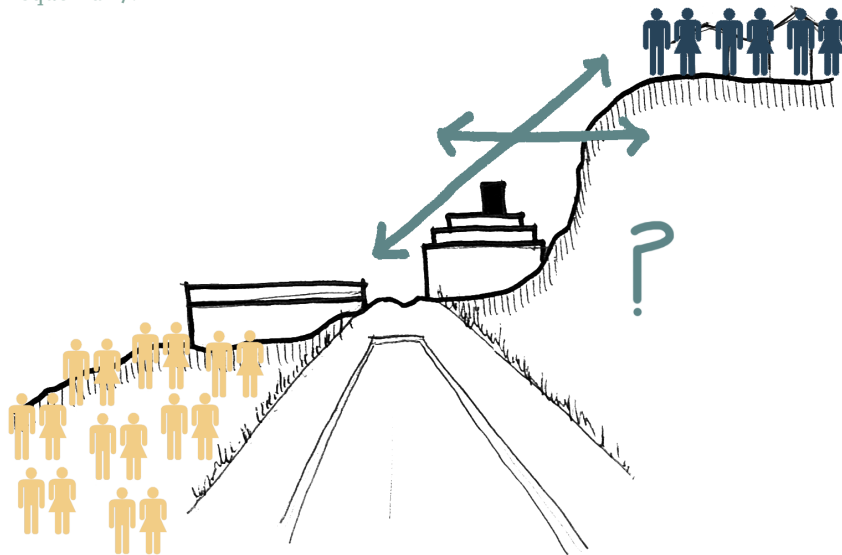
En este caso es fundamental concretar un medio eficiente para desplazarse, frente a lo cual se considera necesario recurrir a métodos que permitan romper la barrera geomorfológica que plantea la caída abrupta del relieve. La factibilidad de proyectar un teleférico, funicular o similar, se justifica

con la realidad de que en un futuro llegarán más habitantes a la zona y además éste podrá complementarse con el proyecto del tranvía que se describe anteriormente, facilitando los desplazamientos peatonales y también la estructura del transporte público.

Esquema 17: Desvinculación de los habitantes de Coviefi y los futuros habitantes.
Fuente: Elisa Sánchez.

Esquema 18: Imagen aproximada de la propuesta del ascensor.
Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 17.



Esquema 18.



4.2 DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO

b) PROPUESTA CONCEPTUAL.



Imagen 48: Interpretación del desierto en Antofagasta por Francisco Medel (Pintor y Arquitecto Antofagastino).
Fuente: www.artelista.com

Las características paisajísticas del lugar hacen alusión a un espacio de grandes dimensiones propio de la inmensidad del desierto que aún se mantiene en medio de la trama urbana. De cierta manera se percibe un gran vacío coartado por la aparición de grandes torres e hitos históricos que emergen como elementos aislados y desvinculados entre sí.

Frente a este escenario se torna fundamental establecer una organización de estos elementos creando un orden que logre integrar en primera instancia lo que ya existe y luego lo que se pretende desarrollar.

El gran paño donde se plantea el Plan Maestro es el espacio intermedio entre dos contextos de características por un lado ya definidas en el caso de Coviefi, y por el otro de particularidades aún sujetas a la especulación.

La condición de hitos aislados que se identifica en el lugar supone un tratamiento del espacio exterior que permita mantener la preponderancia de estos elementos y al mismo tiempo cree un sistema que los vincule como conjunto.

Particularmente en el área escogida no se identifican espacios exteriores recreacionales o parques que den cabida a la interacción de sus habitantes. Dentro de la misma ciudad las condiciones del clima desértico costero hacen que sea bastante difícil el desarrollo de estos, y al mismo tiempo dichas condiciones encarecen la existencia de áreas verdes.

DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO 4.2

Aun así el concepto de parque o jardín puede ser adaptado a las características del desierto, tomándolo como una manera de “continuar el edificio al exterior” tal como se rescata en el libro de Darío Álvarez (2007).

Finalmente el jardín es concebido como la arquitectura de exteriores, independiente de sus características. Se considera este concepto como la manera propicia de relacionar la edificación existente con la que se pretende proyectar.

En el libro de Álvarez (2007), el denominado “jardín arquitectónico” toma la geometría como sistema de organización del mismo, se basa en una composición de sus elementos que logren caracterizar los distintos espacios exteriores según la relación directa que estos tengan con el programa de lo edificado.

Partiendo de esta base se consideran dos aspectos fundamentales en el diseño espacial del Plan Maestro que denotan las condiciones propias del lugar:

Por una parte están las características que otorga el desierto a este contexto tomando como referente a Frank Lloyd Wright con el proyecto Taliesin West, en Scottsdale Arizona; y a Antoine Predock.

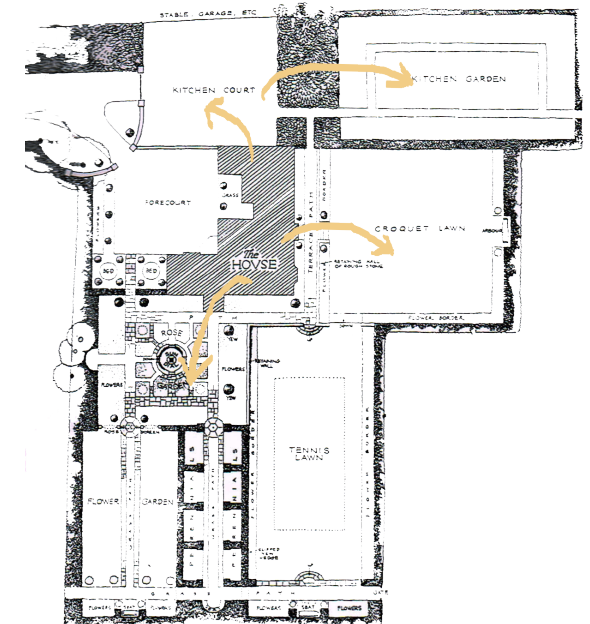


Imagen 49: Relación de la casa y los espacios del jardín arquitectónico.

Fuente: Álvarez, Darío. “El jardín en la arquitectura del siglo XX: naturaleza artificial en la cultura moderna.” Reverte. 2007.

4.2 DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO

FRANK LLOYD WRIGHT

En el caso del Wright, mediante la “poética y la fuerza plástica que descubre en desierto” propone la introducción de líneas quebradas en la composición como una forma de romper con la sensación de ilimitada continuidad que se produce en este paisaje.

“Los jardines de Wright no son únicamente espacios de recreo y disfrute, sino un imprescindible mecanismo para proyectar el edificio que contextualiza la composición y que da presencia a la casa en el paisaje.”³⁵

Imagen 50.



Imagen 51.

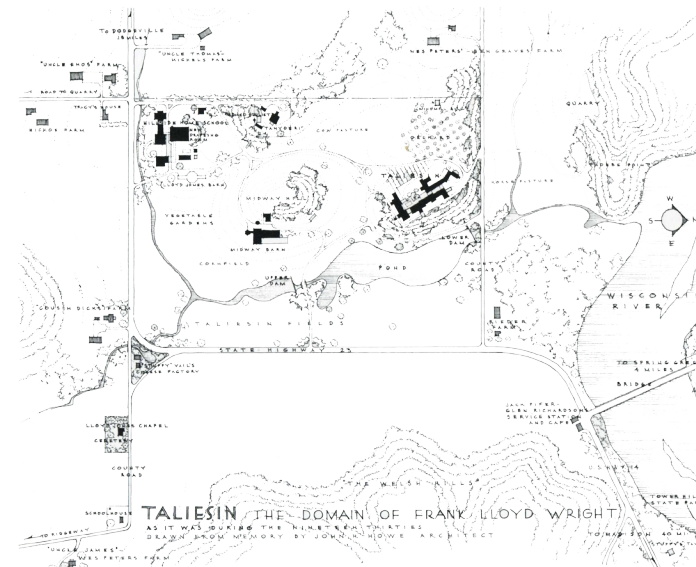


Imagen 50: Vista general Taliesin West.
Fuente: www.aedifikat.blogspot.com/

Imagen 51: Planta general del proyecto.
Fuente: www.studyblue.com

³⁵ Álvarez, Dario. “El jardín en la arquitectura del siglo XX: naturaleza artificial en la cultura moderna.” Reverte. 2007.

ANTOINE PREDOCK

Para Antoine Predock el manejo de los espacios intermedios se hace imprescindible en el desierto. Las interacciones entre los distintos volúmenes crean situaciones exteriores que él intenta caracterizar recurriendo a generar espacios cubiertos y semi-cubiertos. De esta manera logra relacionar lo edificado con el espacio exterior y al mismo tiempo otorga condiciones habitables en un ambiente caluroso y con pleno asoleamiento.



Imagen 52.

Imagen 53.



Imagen 54.



Imagen 52: College of Media and Communication, Qatar.
Fuente: www.predock.com

Imagen 53: Ventana Vista Elementary School, Arizona.
Fuente: www.predock.com

Imagen 54: Green Valley Performing Arts and Learning Center, Arizona.
Fuente: www.predock.com

4.2 DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO

ISAMU NOGUCHI

Por el otro lado la trama vinculada a los hitos requiere como ya se menciona, una organización, tema que se identifica en el trabajo paisajístico y arquitectónico de Isamu Noguchi, quien logra crear una composición en base a elementos escultóricos en un contexto determinado. Lógicamente cada uno de estos elementos posee una particularidad que lo hace único, perteneciendo al mismo tiempo a un conjunto armónico que los relaciona.

En los jardines de Noguchi se identifican dos elementos que pueden ser claves para entender la “composición escultórica” que crea en ellos.

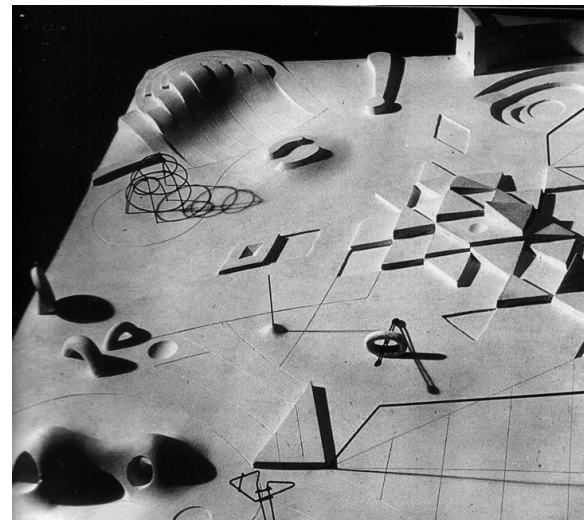
- La reinterpretación de los jardines japoneses, dándole nuevas dimensiones y llevando al extremo la condición seca de estos.
- Los jardines astronómicos tales como el Jantar Mantar de la India, que se configuran como paisajes científicos con una fuerte carga plástica.

Finalmente estos dos factores son también aplicables al contexto del lugar elegido, haciendo alusión nuevamente al desierto y también a la temática particular que aborda el proyecto planteado.

Imagen 55.



Imagen 56.



DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO 4.2

Imagen 57.



Imagen 58.



Imagen 59.



Imagen 60.

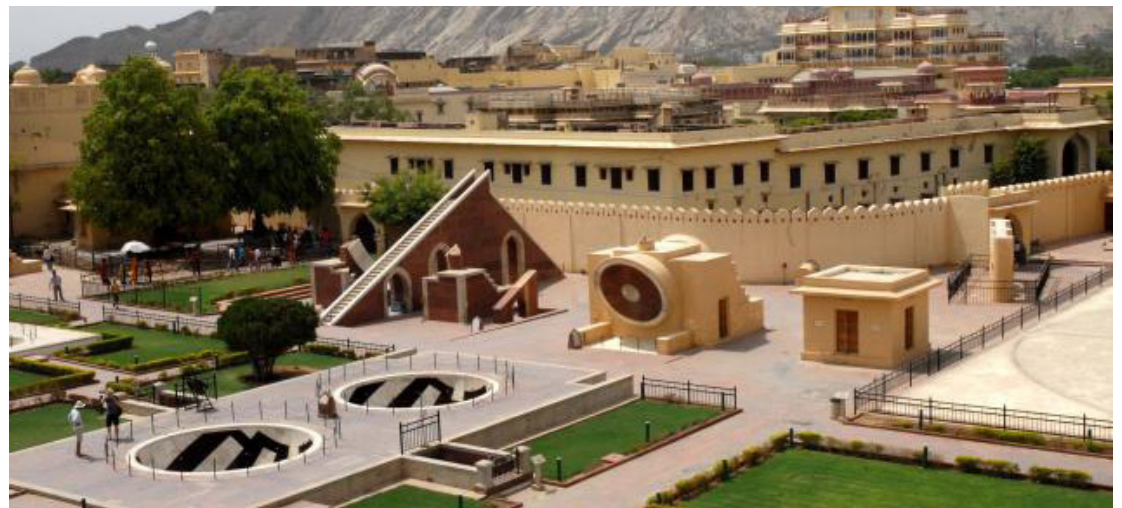


Imagen 55 y 56: Maquetas de estudio por Isamu Noguchi.
Fuente: www.google.cl/imghp

Imagen 57: Jardines de la sede de la UNESCO, París.
Fuente: www.milestimulos.wordpress.com

Imagen 58 y 59: Jardines japoneses Karesansui.
Fuente: www.google.cl/imghp

Imagen 60: Jantar Mantar en Jaipur, India.
Fuente: www.theindu.com

4.2 DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO

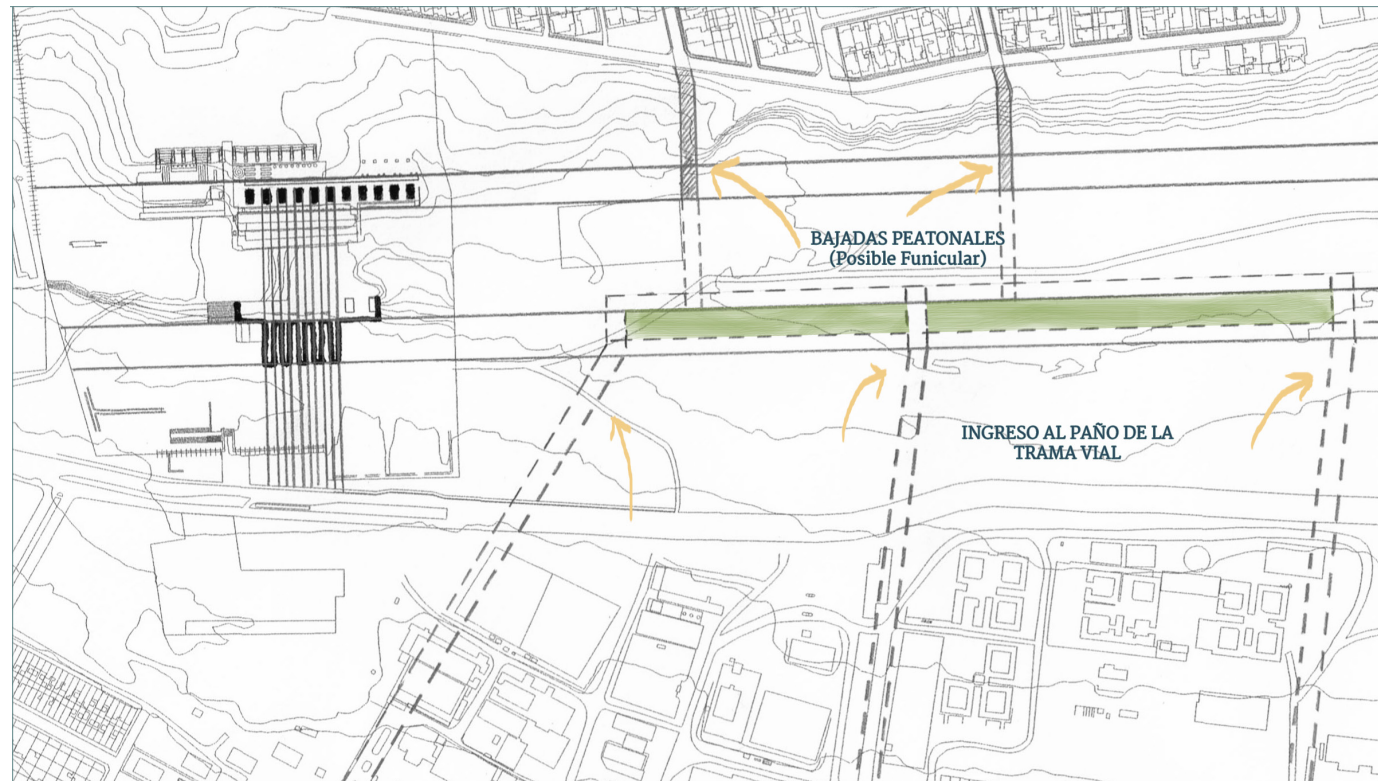
c) ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN.

1-. Respetar y mantener como base la trama regular y modulada que plantean las ruinas y su relación con el museo. Se establece que estos hitos están vinculados bastante bien, siguiendo la lógica en sentido Norte-Sur y al mismo tiempo creando un método de concordancia en la grilla en el sentido Oriente-Poniente.

2-. Suturar la zona donde se plantean las futuras residencias de estudiantes con la posible densificación en el área de enfrente mediante la extensión de las vías que se identifican en esta última. Finalmente así se podrá alimentar y permitir el acceso directo a los programas planteados. Con ello también se busca generar paños de una escala abordable a partir del habitante.

3-. Reconociendo la relación Oriente-Poniente y haciéndola efectiva mediante las acciones urbanas, se enfatiza esta condición planteando los edificios propuestos en torno a este nuevo eje.

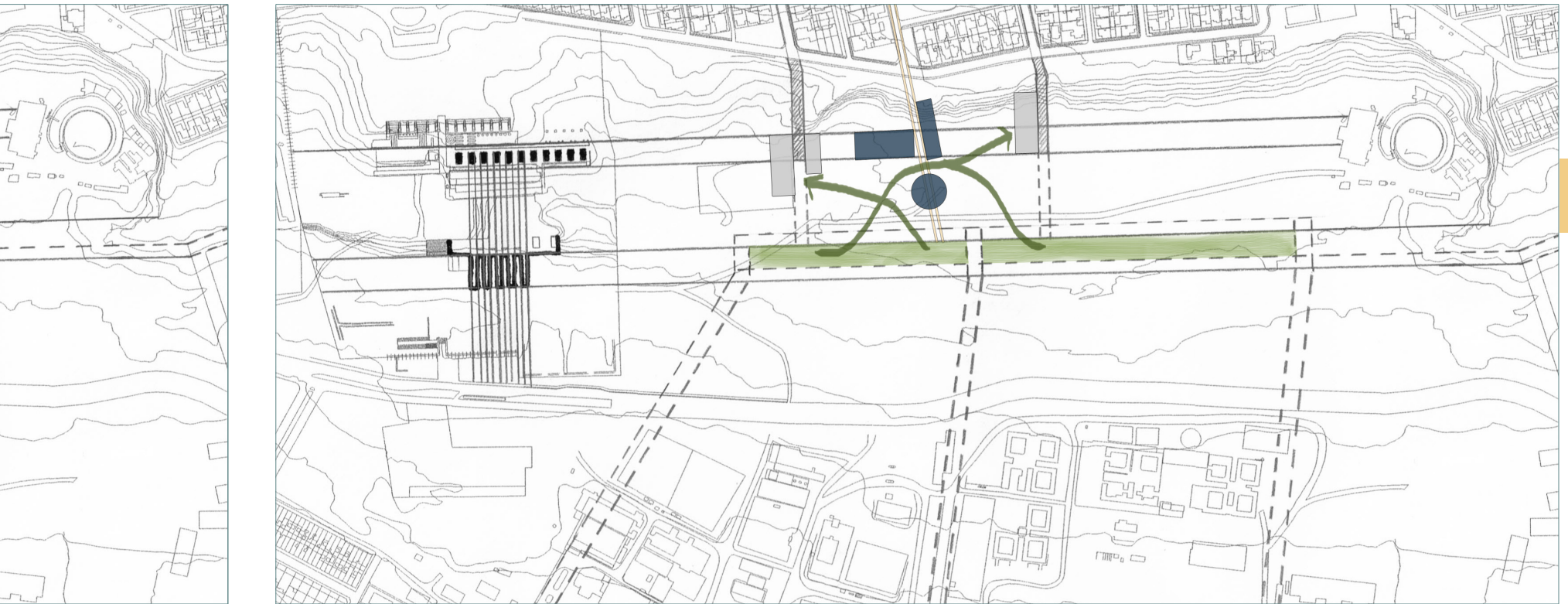
4-. Si bien los nuevos hitos se asocian a la trama potente que plantean los elementos existentes, se pretende caracterizar la edificación proyectada con un componente propio y reconocible del programa que albergan, en el caso del edificio a desarrollar, la figura característica y preponderante será el planetario.



Esquema 19: La presencia de la trama de las ruinas vinculada al museo comienza a proyectarse en el paño.

Extensión de las vías principales para subdividir y permitir la accesibilidad.

Fuente: Elaboración Propia.



Esquema 20: Los distintos edificios propuestos crean una composición propia, que propone integrarse mediante el ingreso a los espacios intermedios del parque central.
Fuente: Elaboración Propia.

El edificio a desarrollar en profundidad pretende ser la primera iniciativa que se concreta en el Plan Maestro, entendiendo que luego el eje científico-educativo dará cabida a otros centros con fines investigativos y de difusión en variados campos de la ciencia.

Finalmente la idea apunta a crear un espacio que reúna a la comunidad científica en todos sus grados de estudio, y además que sea un lugar reconocido como productor de conocimiento por parte de la sociedad en general.

La iniciativa que concreta el proyecto del planetario en Antofagasta lleva a determinar este elemento como la base del proyecto en cuanto a captar financiamiento asociado a la difusión de temas astronómicos. El desarrollo científico del proyecto se constituye como el complemento inicial, es el lugar donde finalmente se genera el conocimiento que luego se da a conocer.

En relación a esto se establece que de cierta manera la investigación y la difusión son programas adjuntos que pueden retroalimentarse el uno del otro encontrando la forma adecuada que logre vincularlos.

a) DEFINICIÓN DEL PROGRAMA.

En primera instancia el programa se plantea de manera diferenciada y caracterizada desde el punto de vista espacial y del diseño arquitectónico.

Por una parte el programa de investigación requiere instancias más privadas, que generen un ambiente propicio para trabajar, y también que mantenga ciertas condiciones de tranquilidad. Por el otro lado, la difusión implica características totalmente opuestas, apuntando a captar a la comunidad y por ende abriéndose al público.

La investigación propiamente tal, se plantea en base a dos áreas, por una parte se crea un área para el desarrollo de tecnología, sistemas y equipos complementarios para los observatorios. Actualmente, y como ya se mencionaba en la presentación de los grupos técnicos universitarios especializados, la comunidad que está desarrollando este tipo de tecnologías se ubica en otras regiones del país, por tanto ésta será un área desarrollada para albergar a un porcentaje de ésta comunidad de manera estacional, permitiendo así un intercambio con la población permanente del centro.

La segunda área contempla el estudio de temáticas asociadas a la Física y la Astronomía, considerando las líneas de estudio que desarrollan la Universidad Católica del Norte, con el Instituto de Astronomía de la misma, y la Universidad de Antofagasta. Finalmente esta será el área que contempla la población permanente del centro, con un total aproximado de 20 personas.

Finalmente el centro también considera un porcentaje asociado a una población específica asociada al apoyo y visitas de investigadores e instituciones foráneas.

Así entonces para la investigación se contempla: una recepción, oficinas privadas, área de oficinas para el trabajo en conjunto, sala de reuniones, una pequeña biblioteca, laboratorios asociados a las dos grandes áreas de investigación, y un área de servicios con bodegas, cocina, comedor y baños.

Por otra parte el programa de difusión se definió en base a referentes alrededor del mundo que tienen museos astronómicos. En general estos son bastante más grandes de lo que se contempla para el centro, pero más que nada se toman como antecedente en cuanto a las áreas que se pueden desarrollar.

El Taipei Astronomical Museum, ubicado en Taiwan China, es el más grande del mundo y contempla un área de 1.8 há. Se distribuye en 3 plantas en las cuales existen áreas de exhibiciones, un planetario de 25 m. de diámetro que considera un domo con 30° de inclinación, un cine 3d con capacidad para 208 personas y una galería interactiva que recrea experiencias en el espacio.

El Adler Planetarium and Astronomical Museum, ubicado en Illinois EE.UU, es el más importante de EE.UU. Se distribuye en 2 plantas y cuenta con un planetario con capacidad para 200 personas, un teatro de cine 3d para 247 personas y un tercer teatro. También posee salas de exhibiciones, una



Esquema 21: Áreas del programa.
Fuente: Elaboración Propia.

4.3 PARTIDO GENERAL

Imagen 61.

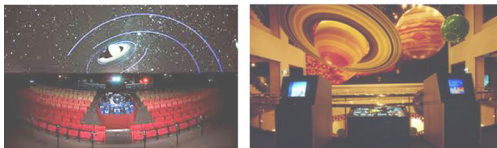


Imagen 62.



Imagen 63.

galería interactiva y un laboratorio de visualización espacial. Éste museo también arrienda sus dependencias para eventos privados.

También se consideró el Planetario de Santiago ubicado en el Campus de la Universidad de Santiago de Chile. Éste tiene una superficie construida de 4.350 m² y cuenta con las siguientes áreas: Sala Albert Einstein, es el planetario y la sala de proyecciones principal con capacidad para 298 personas sentadas, Sala Isaac Newton, constituida como un auditorio con capacidad para 60 personas, la Sala Nicolás Copérnico, destinada a la realización de talleres prácticos de astronomía con capacidad para 40 personas, y finalmente un pasillo circular para exposiciones gráficas e interactivas.

En relación a los referentes se define como programa en el área de difusión del centro propuesto: una recepción, cafetería, baños, una galería de exposiciones que contempla muestras de las dos áreas de investigación del centro, un auditorio para charlas y conferencias, una sala de proyecciones 3d y finalmente el planetario de 9 m. de radio, con capacidad para 100-150 personas aproximadamente.

Imagen 61: Taipei Astronomical Museum.
Fuente: www.google.cl/imghp

Imagen 62: Adler Planetarium and Astronomical Museum.
Fuente: www.google.cl/imghp

Imagen 63: Planetario de Santiago.
Fuente: www.lasegunda.com

Cuadro Superficie m ²		
Cantidad	Programa Investigación	m ²
1	Recepción	28
20	Oficinas Privadas	220
4	Oficinas de Trabajo en Conjunto	150
1	Sala de Reuniones	50
1	Biblioteca	100
1	Laboratorio 1 (Desarrollo computacional, manejo de observatorios de la UCN y la UA).	65
1	Laboratorio 2 (Desarrollo instrumental astronómico y meteorológico).	80
1	Área de Demostraciones	110
1	Bodega	35
1	Cocina	30
1	Comedor	88
2	Baños	30
2	Patios de Luz	60
1	Área de Servicios	30
TOTAL		1076

Cuadro Superficie m ²		
Cantidad	Programa Difusión	m ²
1	Recepción	40
2	Oficinas Administración	22
1	Baño Administración	3
1	Planetario	250
1	Auditorio	300
1	Sala de Proyecciones 3D	100
1	Sala de servicios de proyección	10
1	Sala de servicios planetario	30
2	Foyer	50
1	Cafeteria	70
1	Cocina Cafeteria	35
4	Baños	60
1	Boletería	20
1	Sala de Talleres	50
2	Patios de Luz	100
1	Galería de Exposiciones	180
TOTAL		1320

Tabla 6: Dimensionamiento del Programa de Investigación*.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7: Dimensionamiento del Programa de Difusión*.
Fuente: Elaboración Propia.

*Superficies estimativas de áreas útiles (sin contar pasillos, estacionamientos y áreas verdes exteriores).

4.3 PARTIDO GENERAL

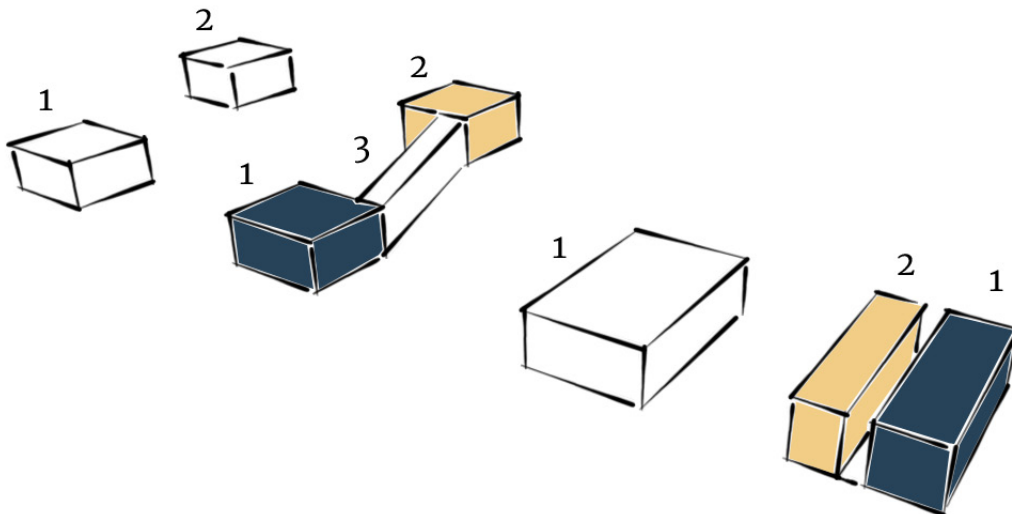
b) CRITERIOS ESPACIALES.

En un principio se plantean ambos programas asociados a la condición natural del relieve que plantea dos terrazas con un cambio de nivel. La conexión entre ambos se establece mediante un eje de transición, al cual se asocian situaciones de ambos programas que permitan la interacción de sus usuarios.

El manejo del edificio en base a las dos terrazas se descarta en el minuto en que se cambia la localización específica del edificio. Se considera que la característica aterrazada del lugar se hace más evidente a una escala mayor, por tanto se decide trabajar el paño general en base a esta condición, y no el desarrollo en sí del edificio.

En este caso el edificio se planteaba espacialmente en base a dos volúmenes ubicados diferenciadamente en cada una de las terrazas y articulados por el eje de transición que se menciona anteriormente. De cierta manera este eje se percibía como un tercer elemento externo que simplemente los conectaba funcionalmente pero no integraba las dos situaciones.

Se decide entonces partir de la base de un volumen único en el que se genera un espacio intermedio como articulador de ambos programas, planteando la caracterización del programa de difusión mediante la figura preponderante del planetario.



Esquema 22: Opciones que integran espacialmente ambos programas.
Fuente: Elaboración Propia.

c) PROPUESTA CONCEPTUAL.

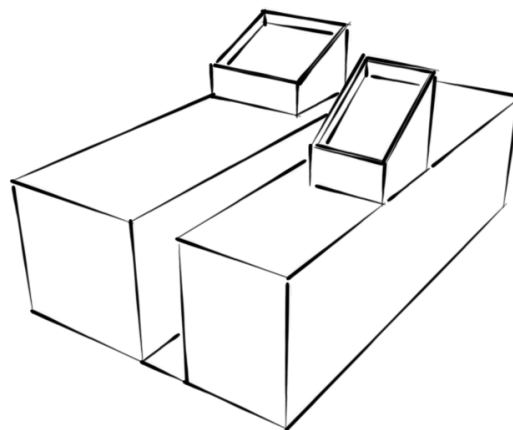
Siguiendo con los conceptos que se plantean para el desarrollo del Plan Maestro, y considerando que con ello se concretan las relaciones entre el edificio y el jardín, queda pendiente el tercer elemento de esta secuencia que lo constituye el paisaje. En este caso dicho paisaje hace referencia a la observación y contemplación del cielo, por tanto la idea en este caso apunta a que el edificio se abre hacia ciertos puntos importantes que se pueden observar en el cielo de Antofagasta.

A grandes rasgos lo que vemos a simple vista en el cielo son las estrellas que están más cerca, que pertenecen a nuestra galaxia y que se han agrupado por el hombre en constelaciones; y los planetas. Esta composición varía constantemente producto del movimiento de rotación y traslación de la tierra y también por el hecho de que algunos elementos, tales como los planetas se mueven por si solos.

Durante el día, sólo podemos ver al Sol, la Luna y ocasionalmente a Venus, debido a que la refracción de la luz azul del Sol en la atmósfera la hace opaca, ocultándonos a los objetos más débiles. Por la noche la atmósfera es transparente debido a que el Sol queda bajo el horizonte y no la ilumina, permitiendo que podamos ver más objetos.

Por otra parte lo que vemos en el cielo también está condicionado por la estación del año que nos encontremos, el hemisferio y la latitud. Desde el hemisferio Sur de la tierra podemos ver además dos galaxias cercanas que están más allá de la Vía Láctea,

Esquema 24.



Esquema 25.

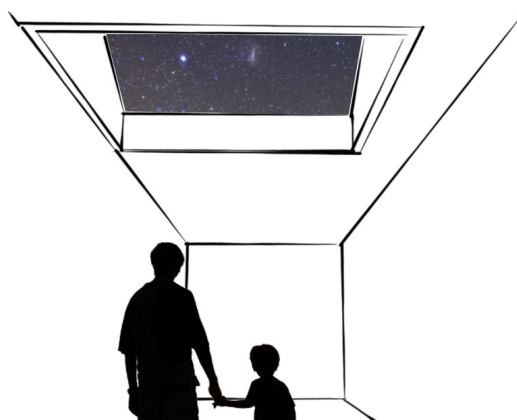
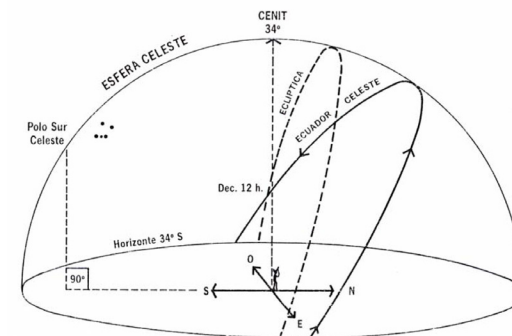


Imagen 64.



Esquema 23: Vista esquemática de las “ventanas hacia el cielo”.
Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 24: Vista interior del paisaje enmarcado.
Fuente: Elaboración Propia.

Imagen 64: Esfera Celeste y elementos astronómicos.
Fuente: www.circuloastronomico.cl

4.3 PARTIDO GENERAL



Imagen 65: Vista del centro de la galaxia en el Norte de Chile.
Fuente: www.eso.org

éstas son la Gran Nube y Pequeña Nube de Magallanes.

Nuestra posición en la Vía Láctea, alejada del núcleo, hace que la veamos como una franja luminosa que domina el paisaje del cielo nocturno, constituyéndose como un elemento característico de la composición.

Los planetas se mueven siempre en una línea denominada eclíptica, por tanto los veremos “aparecer y desaparecer” en ese sector del cielo.

En definitiva la idea en relación a este concepto es crear las “ventanas hacia el cielo” que permitan contemplarlo, y finalmente orientar la disposición del edificio y de estas formas para enmarcar el paisaje, en base a los objetos importantes del mismo.

d) CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD.

La primera consideración en cuanto a lograr eficiencia energética en el edificio propuesto se basa en los principios de la arquitectura semienterrada, ésta medida pretende hacer frente a las condiciones del clima desértico costero que posee la ciudad de Antofagasta para lograr así un confort térmico adecuado en los espacios interiores.

Al plantear el edificio semienterrado, los espacios se resguardan del calor del día y el frío de la noche, generando inercia térmica, y permitiendo también un adecuado control del viento. La iluminación natural de los espacios es un factor importante, y la condición semienterrada permite llevarla a cabo de manera apropiada y controlada.

Sumado a esta condición, se plantea también tomar en cuenta criterios pasivos asociados a la arquitectura del desierto como por ejemplo: la masa como aislante térmico, los elementos exteriores para el control de la radiación e incidencia sobre los muros, los sistemas de ventilación y protección solar, entre otros.

Finalmente para lograr la habitabilidad de los espacios intermedios se busca tanto la eficiencia energética del edificio como también dar la importancia espacial a estos como articuladores del programa.

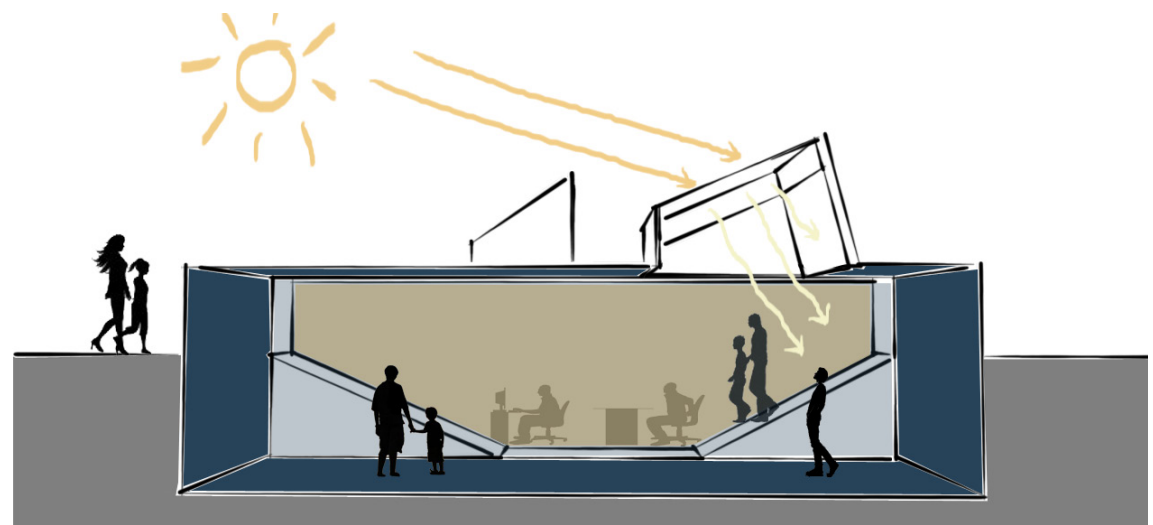
“Las cualidades formales del espacio desértico, están determinadas por las formas de utilizar el espacio interior-exterior y por el modo de

realizar el acondicionamiento lumínico del interior-exterior. Una arquitectura delicada de filtros, de sombras y penumbras, de espacios semi abiertos o semi cubiertos, una arquitectura en que los actos cotidianos se desenvuelvan bajo la sombra, en convivencia con el orden de la exterioridad”³⁶.

La propuesta conceptual plantea “ventanas hacia el cielo”, las que durante el día recibirán altos índices de radiación solar. Para controlar el calor y permitir al mismo tiempo que ingrese la luz, se plantean filtros en éstas superficies y aleros que permitan tener cierto control lumínico.

Esquema 25: Edificio Semienterrado, relaciones espaciales y asoleamiento.
Fuente: Elaboración Propia.

³⁶ Guerra, José. *“Habitar el Desierto: Transición energética y transformación del proyecto habitacional colectivo en la ecología del Desierto de Atacama, Chile”*. Tesis Doctoral. Barcelona. 2003.



4.3 PARTIDO GENERAL

e) CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN.

Imagen 66.



Imagen 66: Cine imax, Barcelona.
Fuente: www.construnario.com

Imagen 67.

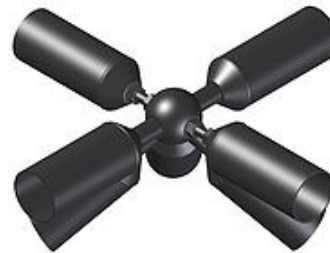


Imagen 68.

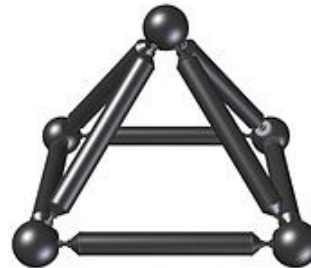


Imagen 67: Barras de malla espacial confluyendo en nudo.
Fuente: es.wikipedia.org

Imagen 68: Semiocdaedro en malla espacial con nudo.
Fuente: es.wikipedia.org

Siguiendo con los propósitos de la sustentabilidad, la elección de la materialidad se torna un factor muy importante. La propuesta constructiva plantea la utilización de hormigón armado como base estructural, considerando que este material es de alta resistencia y además tiene gran inercia térmica.

Por otra parte este material permite generar la condición semienterrada que se pretende para el proyecto.

Para la construcción del planetario se considera una estructura base de acero, que permita generar la forma esférica de este elemento. Específicamente se puede utilizar una malla espacial de acero, la cual en este caso se plantea en dos capas con un módulo triangular como base, formado por de tubos de acero que se conectan entre sí mediante nudos.

Considerando el clima costero, se debe poner especial atención en el revestimiento de esta estructura para evitar la corrosión del acero. La rigidez y resistencia de la malla da cabida a la utilización de variados revestimientos. Éste se definirá según las especificaciones que debe cumplir el planetario.

FINANCIAMIENTO



f) MODELO DE GESTIÓN.

Este es un aspecto fundamental en el diseño formal del edificio a desarrollar, partiendo de la premisa de que “la forma sigue a la gestión”. La materialización de un proyecto deberá considerar el proceso operacional completo, partiendo desde su construcción y abarcando luego su funcionamiento y mantención.

El financiamiento inicial del proyecto se plantea como una iniciativa público privada, que considera tanto aportes estatales, como de empresas del rubro de la minería mediante la ley de donaciones culturales y también de asociaciones internacionales mediante los acuerdos de cooperación que estas desarrollan con el país.

Luego se consideran como entidades encargadas del funcionamiento del centro las principales Universidades de la región, mediante el manejo de los flujos otorgados a las mismas de acuerdo a sus aportes estatales, el apoyo de las entidades privadas gestoras de la iniciativa y también el valor de las entradas al público en general para las funciones y acceso al centro.

Esquema 26: Modelo de Gestión para la materialización y operación del CIDAC. Fuente: Elaboración Propia.





REFERENCIAS 5



5 REFERENCIAS

LIBROS

Álvarez, Darío. “El jardín en la arquitectura del siglo XX: naturaleza artificial en la cultura moderna.” Reverte. 2007.

González, María Teresa. “Atacama”. Colección Santander-Museo de Arte Precolombino, 2012.

Guerra, José. “Habitar el Desierto: Transición energética y transformación del proyecto habitacional colectivo en la ecología del Desierto de Atacama, Chile”. Tesis Doctoral. Barcelona. 2003.

Ianiszewski, Jorge. “Guía a los cielos Australes: Astronomía básica para el Hemisferio Sur”. Mitra y Cuarto Propio. Santiago. 2010.

DOCUMENTOS

Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Conicyt. *Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena 2005.* (versión pdf online). Santiago, 2005.

Albornoz, Mario. *Situación de la Ciencia y la Tecnología en las Américas.* (versión pdf online). Buenos Aires, 2002.

Asesoría Urbana, Secretaría Comunal de Planificación. Modificación Plan Regulador Comunal de Antofagasta Angamos. Antofagasta. 2010.

Conicyt. *Astronomy Program: Astronomy, Technology, Industry. Roadmap for the fostering of Technology Development and Innovation in the Field of Astronomy in Chile.* (versión pdf online). 2012.

Gobierno de Chile, Conicyt y Programa Regional Conicyt. *Diagnóstico de las capacidades y oportunidades de desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en las 15 regiones de Chile: Una visión general.* (versión pdf online). Santiago, 2010.

Ilustre Municipalidad de Antofagasta. Memoria Explicativa Plano Regulador Comuna de Antofagasta. Antofagasta. 2001.

Piñón, Francisco. *Ciencia y Tecnología en América Latina: una posibilidad para el desarrollo.* (versión pdf online). 2005.

Sectra, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Planes Maestros de Transporte Urbano de Ciudades de Chile. Diciembre de 2009.

5.2 LINKOGRAFÍA

DOCUMENTALES

Blum, Sylvie. Castillo, Carmen. “El astrónomo y el indígena”. Le Monde Diplomatique. Chile. 2002.

Guzmán, Patricio. “La Nostalgia de la luz”. Blinker Filmproduktion, WDR , Cronomedia , Atacama Productions. Chile. 2010.

PÁGINAS WEB*.

ASTRONÓMICAS.

www.abell.as.arizona.edu/
www.austrinus.com
www.circuloastronomico.cl
www.starlight2007.net
www.telescopios.org
www.planetariochile.cl
www.eso.org

GENERALES.

www.en.wikipedia.org
www.plataformaurbana.cl
www.creoantofagasta.cl

GOBIERNO.

www.conicyt.cl
www.explora.cl
www.municipalidaddeantofagasta.cl
www.sectra.gob.cl

PRENSA.

www.elmercurio.cl
www.latercera.com
www.mercurioantofagasta.cl
www.elnotero.cl

*Sólo algunas de las páginas visitadas.

