

ESTUDIO

CAPACIDADES Y OPORTUNIDADES PARA LA

INDUSTRIA Y ACADEMIA EN LAS ACTIVIDADES

RELACIONADAS O DERIVADAS DE LA

ASTRONOMÍA Y LOS GRANDES OBSERVATORIOS

ASTRONÓMICOS EN CHILE

INFORME N°3

PRODUCTO 5: Recomendaciones en base al diagnóstico desarrollado

Addere Ltda.

CONTENIDO

1	EVALUACIÓN DE MERCADO	1
1.1	Presentación	1
1.2	Cuantificación económica del impacto	4
1.3	OPORTUNIDADES DERIVADAS DEL USO DUAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE FRONTERA EN ASTROINGENIERÍA	5
1.3.1	Ejemplos de casos en la experiencia internacional	6
1.3.2	Limitaciones para la estimación del impacto económico de las aplicaciones duales.....	10
1.3.3	Hipótesis de cuantificación del impacto en Chile de las tecnologías de uso dual.....	13
1.3.3.1	Variables para la estimación	14
1.3.3.2	Impacto en un escenario intermedio.....	18
1.3.3.3	Impacto en un escenario bajo.....	21
1.3.3.4	Impacto en un escenario alto	22
1.4	ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA CADENA DE SUMINISTRO NACIONAL	22
1.4.1	Volumen del mercado en términos de facturación bruta.	22
1.4.2	Impacto en la cadena productiva.	24
1.4.3	Activos intangibles para las empresas a partir de su participación en proyectos y servicios para los grandes observatorios.....	25
1.4.4	Resumen: hipótesis de tamaño del mercado	27
2	CREACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE APOYO PARA EL DESARROLLO DE LA ASTRONOMÍA EN CHILE.	28
3	POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD.....	34
3.1	Estrategia de Fomento a Negocios Tecnológicos basados en uso dual de astroingeniería	34
3.2	Recomendaciones	37

4	INFORMACIÓN DE SOPORTE	39
4.1	30 Best Small Electronics Companies.....	39
4.2	Probables aplicaciones de Tecnologías estratégicas.....	40
4.3	Ejemplos de entidades y programas de fomento en la Unión Europea	41
4.3.1	Reino Unido.....	41
4.3.2	Francia	41
4.3.3	ESA (<i>European Space Agency</i>)	42
4.3.4	LOSTESC (Leveraging on Space Technologies to Enhance SMEs' Competitiveness)	44
4.3.5	Technology Transfer at ESO	45
5	ANEXO: TURISMO ASTRONÓMICO EN CHILE.	46
5.1	Centros de astronomía en Chile.....	47
5.1.1	Observatorios científicos.....	48
5.1.1.1	Centros astronómicos científicos sin actividades de difusión.....	48
5.1.1.2	Centros astronómicos científicos con actividades de difusión.	48
5.1.1.3	Centros astronómicos científicos con actividades de educación.	48
5.1.2	Observatorios Turísticos	49
5.1.3	Puntos de observación	51
5.2	Actividades y costos de los Observatorios Turísticos en Chile.	52
5.2.1	Costo de observaciones astronómicas turísticas.....	53
5.2.2	Tarifa promedio de Tours astronómicos.	54
5.2.3	Precio promedio de cursos básicos de astronomía.	56
5.3	Atracción de Turistas Europeos.....	57
5.4	Ingresos por turismo	57
5.5	Iniciativas público – privadas para potenciar el turismo astronómico	59

PRESENTACIÓN

Este tercer informe del “Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile” tiene como objetivo presentar las “Recomendaciones en base al diagnóstico desarrollado”:

- i. Que guíen la creación de políticas públicas de apoyo para el desarrollo de la astronomía en Chile, maximizando el impacto en todas las áreas e industrias relacionadas
- ii. Que ayuden a fortalecer el desarrollo de las áreas de oportunidad identificadas.
- iii. Evaluación de mercado. ¿Hay oportunidades para la industria, la academia y la investigación en Chile a partir de los grandes observatorios astronómicos?

Para una mayor claridad del texto, se presenta en primer lugar la evaluación de mercado, ya que de las oportunidades detectadas se derivan las recomendaciones de políticas.

Se ha incluido asimismo una sección adicional, “información de soporte” cuya función es entregar elementos que pueden resultar de utilidad para una mayor claridad del análisis y de las recomendaciones.

El análisis del impacto de la astronomía en el turismo, dado que se trata de un campo con dinámica propia, se presenta separado en anexo.

1 EVALUACIÓN DE MERCADO

1.1 Presentación

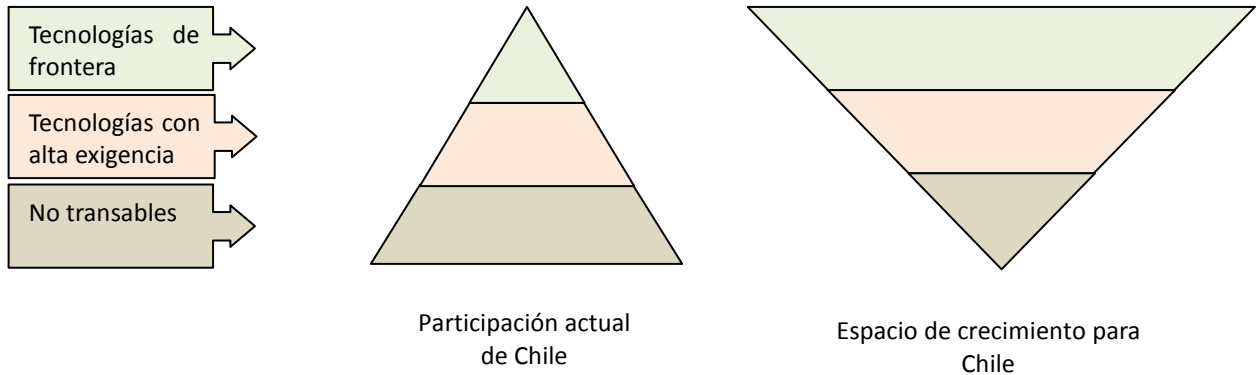
De acuerdo al análisis presentado en informes anteriores, los requerimientos de los observatorios son posibles de agrupar en tres grandes categorías, según el nivel de diferenciación respecto de las demandas de otros sectores productivos como es el caso de la gran minería del cobre en el norte de Chile. En primer lugar, se distinguen las “tecnologías de frontera”, “well beyond the state-of-art”, altamente específicas para astronomía y altamente diferenciadas respecto de otras tecnologías, como los detectores, gratings, receptores de radioastronomía, espejos. En segundo lugar, se distinguen las “tecnologías con alta exigencia” que son tecnologías ya probadas en varios sectores productivos, pero que para su uso en astronomía deben responder a exigencias de calidad y de funcionalidad especiales. Esta categoría abarca desde ensamblar fibras ópticas en alturas de miles de metros sobre el nivel del mar, circuitos electrónicos de muy bajo ruido, hasta el cambio de un actuador de un espejo. Por último, se encuentra la categoría de “no transables”¹ y de commodities, que no presentan ninguna diferenciación con aquellos bienes y servicios que son demandados por otras áreas productivas, como por ejemplo la minería. A esta categoría pertenecen por ejemplo, agua potable, carreteras, servicios de mantención y alimentación. También, para el análisis, se consideran en este nivel bienes importados que se adquieren “off the shelf” como computadores de escritorio, teléfonos de oficina.

Cada una de estas tres categorías, presenta un potencial de creciente para los próximos años.

Se estima que el mayor potencial de crecimiento está en el nivel más alto, el de tecnologías de frontera.

¹ No transables son los “bienes y servicios que sólo se pueden consumir dentro de la economía en que se producen y no se importan ni exportan” INE, Revista Estadística & Economía N° 6.

POTENCIAL DE CRECIMIENTO DE LAS OPORTUNIDADES DE MERCADO



Por su naturaleza, los bienes y servicios no transables demandados por los observatorios son en un 100% provistos por empresas chilenas o por filiales chilenas de empresas extranjeras, en proyectos y servicios tales como construcción de obras civiles, alimentación, transporte.

Por esta característica, el espacio de crecimiento para esta demanda tiene un potencial de crecimiento acotado, que es función de los nuevos proyectos anunciados o ya en construcción, lo que de todas maneras podrías implicar en el mediano plazo al menos duplicar el monto de la demanda actual, especialmente durante la etapa de operación de los observatorios.

Respecto del nivel intermedio, que se refiere a los proyectos que integran y configuran tecnologías consolidadas pero que tienen exigencias particulares desde la astronomía, actualmente la participación de empresas chilenas puede ser considerada insuficiente, si bien existen casos de participación cuyos resultados son demostrativos de los grandes beneficios que se pueden lograr no solamente en términos de facturación sino también en términos de experiencia e imagen. El estudio ha identificado un potencial de crecimiento de alto interés en la medida en que proyectos y servicios que hoy se llevan a cabo en los países miembros de los consorcios astronómicos, puedan ser asignados a empresas chilenas.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

OPORTUNIDADES PARA LA INDUSTRIA, LA ACADEMIA Y LA INVESTIGACIÓN EN CHILE A PARTIR DE LOS GRANDES OBSERVATORIOS ASTRONÓMICOS

1. Existe un espacio de oportunidades para que empresas chilenas y grupos académicos participen en la construcción, en la operación y en el upgrade de los observatorios internacionales instalados o por instalarse en Chile, como proveedores de mediana tecnología.
2. Más allá de ello, en Chile se está presentado una oportunidad única de desarrollar nuevos negocios tecnológicos internacionales, a partir de la presencia de los observatorios astronómicos establecidos, en proyecto o en construcción.
3. La ventaja proviene de la presencia local de un cliente de clase mundial que no solamente es usuario de alta tecnología, sino también productor, articulador y promotor de ésta.
4. Bajo las condiciones adecuadas, es factible el desarrollo de emprendimientos locales de alta tecnología para mercados mundiales, que tengan su punto de partida en la astroingeniería pero que extiendan su aplicación otras áreas tales como salud, minería, comunicaciones.
5. Bajo las condiciones adecuadas, es factible que una importante fracción de los proyectos de mediana tecnología que hoy son realizados por empresas extranjeras para los centros astronómicos instalados en Chile, sean realizados por empresas locales.
6. Este desplazamiento de la oferta, de acuerdo a la experiencia de empresarios locales, tiene sus mayores beneficios en que las empresas locales asumen una metodología de trabajo de clase mundial que les otorga una carta de presentación que permite la expansión hacia mercados globales.
7. Bajo las condiciones adecuadas, el esfuerzo de las políticas públicas chilenas de fomento al emprendimiento e innovación puede llegar a tener altos multiplicadores debido a la factibilidad de apalancamiento de recursos tanto privados como de agencias extranjeras, a la alta eficiencia esperable en la transferencia tecnológica y a los mecanismos para la internacionalización de empresas locales de base tecnológica.
8. Estas oportunidades necesitan ser construidas, y es factible lograrlo en una colaboración público-privada chilena e internacional.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

Como resultado del presente estudio, se destaca que aquello que resulta enormemente interesante en términos de oportunidades está en el nivel de tecnologías de frontera, en donde el espacio de crecimiento en términos de retorno económico es de al menos un orden de magnitud superior al nivel intermedio.

1.2 Cuantificación económica del impacto

El análisis y la estimación cuantitativa de los impactos de la astronomía y de la investigación científica en general son de gran complejidad, tanto por la alta incertidumbre que tienen los resultados proyectados y sus aplicaciones, como por la asimetría de información entre los involucrados en estos análisis.

De una manera sintética, es posible distinguir dos orientaciones metodológicas para cuantificar el impacto.

- La primera de ellas se basa en un modelo de la estructura de la cadena de suministros. De acuerdo a la manera en que se encadenan los insumos y los productos en la economía, se realiza la estimación del impacto de las actividades de I+D (recursos humanos, instalaciones, infraestructura, equipamiento, suministros) en el crecimiento que es inducido en otras actividades productivas. Esta metodología tiene su expresión más sistemática en la construcción de las matrices insumo - producto basadas en las cuentas nacionales de un país o de una gran región.
- La segunda orientación se basa en el concepto de “tecnologías de uso dual” (dual use technology), concepto que ha sido desarrollado primeramente desde el mundo del desarrollo tecnológico aplicado a la defensa y que luego fue ampliado a otros campos del desarrollo de tecnologías de frontera. Esta metodología se funda en que el desarrollo de tecnología de punta en un sector específico pero enormemente exigente en cuanto a calidad y prestaciones, entrega como resultado nuevas tecnologías que pueden ser utilizadas en nuevas aplicaciones en amplios sectores productivos tales como la medicina, la industria, las comunicaciones. En esta perspectiva, el análisis busca determinar la relación entre los recursos invertidos en la investigación versus el volumen de negocios que se generan posteriormente mediante spin-off de clase mundial o mediante

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

transferencias de tecnologías hacia el tejido industrial establecido.

En las dos secciones siguientes, el análisis empleará estas dos metodologías complementarias.

1.3 OPORTUNIDADES DERIVADAS DEL USO DUAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE FRONTERA EN ASTROINGENIERÍA

En esta sección se discute el impacto probable que tendría el desarrollar en Chile la astroingeniería, incluyendo la astroinformática.

La hipótesis es que el impacto cuantitativamente más importante resultaría de la aplicación de tecnologías de la astroingeniería en áreas distintas de la astronomía, mediante la creación de spin-off tecnológicos.

En primer lugar, se describen casos de spin-off de la astroingeniería en el mundo, experiencia que se podría replicar en Chile bajo las condiciones adecuadas.

En segundo lugar, se resumen las dificultades - mundialmente reconocidas - que se presentan para llevar a cabo una estimación ex ante de los beneficios económicos de los programas de fomento al desarrollo de la tecnología.

En tercer lugar, a modo de ilustración, se presentan tres escenarios de cuantificación de los impactos económicos.

FACTIBILIDAD DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE FRONTERA

1. La astronomía y en especial la astroingeniería, involucran el desarrollo de tecnologías de frontera que posteriormente resultan en aplicaciones para otros sectores tales como la medicina, las comunicaciones, la industria
2. Los países que han desarrollado tecnologías de frontera en astronomía y astroingeniería han creado innovaciones y emprendimientos que han penetrado mercados mundiales. Se trata de nuevos negocios de alto valor agregado, intensivos en conocimiento.
3. En la hipótesis de desarrollo de negocios a partir de las líneas de astroingeniería que ya están presentes en Chile, se estima que los recursos invertidos por el Estado chileno podrían generar retornos en términos de exportaciones y de apalancamiento de financiamiento extranjero, en una relación de 50 a 70 veces.

1.3.1 Ejemplos de casos en la experiencia internacional

Existe un significativo número de casos de empresas cuyo origen está en desarrollos de tecnologías para la astronomía y que luego han sido aplicadas a otros sectores productivos.

La lista presentada a continuación presenta algunos de los casos más representativos. En la medida en que la información está disponible, se entrega una indicación de la facturación o del valor de la empresa.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

A. Altium Limited (antes Protel)

Empresa australiana. Nace de la electrónica desarrollada para la astronomía de rayos X. Desarrolló en 1991 la primera herramienta para diseño de circuitos electrónicos basada en Windows. Altium emplea cerca de 270 personas y genera ingresos por cerca de 47 millones de dólares australianos (2003).

B. Radiata

Empresa australiana creada para comercializar sistemas de LAN (Local Area Network) inalámbricos. Fue adquirida por Cisco Systems por 600 millones de dólares. Los inventores de la tecnología provienen de la radio astronomía. El sistema LAN que comercializaron se basa en el desarrollo de un chip para "Fast Fourier Transform" en el CSIRO, que fue desarrollado para procesar los componentes de frecuencia de señales de radio-astronomía

C. Electro Optics Systems (EOS)

Empresa australiana especializada en el diseño y producción de tecnologías laser, aplicadas a los mercados aeroespacial y defensa. Además fabrica telescopios de tamaño mediano y está desarrollando óptica adaptativa.

D. Auspace

Empresa australiana especializada en instrumentos electro-ópticos, comunicaciones por satélite y sistemas espaciales. Es un spin-off del Mt. Stromlo Observatory (1983).

Hoy proporciona instrumentos a las instalaciones terrestres y espaciales. Ha provisto el hardware para dos satélites europeos de percepción remota. Integró el satélite FedSat en sus instalaciones de Canberra.

"Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile"

E. Imagine Eyes

Empresa francesa. Utiliza la tecnología de óptica adaptativa desarrollada para astronomía. Esta tecnología es aplicada en dispositivos oftalmológicos para adquirir imágenes de la retina a un nivel celular, para diagnósticos de refracción y para investigación oftalmológica en general. Fue fundada en 2003 por especialistas en fotónica y oftalmología. Sus ventas se sitúan en 2 millones de dólares y sus tasas de crecimiento anual son del orden del 35%.

F. Matrox

Empresa canadiense, creada por dos estudiantes de la École Polytechnique en 1979, para producir tarjetas electrónicas para almacenar imágenes numéricas en el Observatorio Mont Mégantic (OMM). Hoy día exportan alrededor de 200 Millones de dólares anuales.

G. Micralyne Inc

Empresa canadiense, anteriormente Alberta Microelectronic Corporation, nace del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad de Alberta. Comenzó con el desarrollo de módulos prototipos de antena - receptor usando la tecnología SIS (superconducting-insulator-superconducting) para astronomía.

Hoy, Micralyne desarrolla y fabrica actuadores, sensores, y estructuras mecánicas 3D. Provee servicios de fabricación de MEMS (micro-electromechanical systems) que incluyen dispositivos ópticos MEMS, micro fluidos y sensores MEMS. Tiene como mercados las telecomunicaciones, energía, automóvil, aeroespacial y defensa. Tuvo ingresos por 30.6 millones de dólares canadienses el 2009, un aumento de 35% respecto del año anterior

H. Blackford Analysis

Empresa británica, nace de la astrofísica² y hoy desarrolla y comercializa algoritmos avanzados para el análisis en tiempo real de datos. Sus productos se aplican en imágenes médicas, aplicaciones de defensa, industrias del petróleo.

I. Softimage

Empresa canadiense, creada por dos investigadores del Observatorio Mont Mégantic que desarrollaron un sistema para visualizar imágenes astronómicas. La empresa se posicionó mundialmente en la producción de contenidos visuales profesionales, con herramientas para crear animación 3-D y 2-D.

J. Stellar Optics Research International Corporation

Empresa canadiense, spinoff de la York University, comercializa productos y servicios en los mercados de óptica y fotónica.

K. Zeeko

Empresa británica, spin-out del University College London. Se especializa en máquinas pulidoras de precisión y metrología para dispositivos de hasta 2.5 mts. Emplea 43 personas. Sus ingresos en el 2009 fueron de £3.0 Millones y de £4.0 Millones el 2010.

² “Blackford Analysis’ competitive edge is the result of it commercialising its extensive expertise in astrophysics.” “Professor Alan Heavens of Edinburgh University set out to determine the age of stars in distant galaxies and devised a mathematical algorithm that compresses huge datasets while keeping all the information needed to solve a problem, a much faster way of making calculations than traditional techniques. “It was pure scientific inquiry” he says, “We wanted to find a better way to solve a particular problem. It was only when we had invented a technique that was fast and accurate that I realised there could be a number of commercial applications outside astronomy or cosmology, and which could have some societal benefit.” Professor Heavens realised that the technology could be used to speed up analyses of 3D brain imaging by MRI scanners.” Innovation and Research Strategy for Growth, Presented to Parliament by the Secretary of State for Business, Innovation and Skills, by Command of Her Majesty, December 2011

1.3.2 Limitaciones para la estimación del impacto económico de las aplicaciones duales

Para el caso de Chile, en que las aplicaciones duales de tecnologías desarrolladas para astronomía son todavía solamente una posibilidad, la manera de realizar un acercamiento cuantitativo al impacto esperado consiste en aplicar y adaptar los análisis que ya han sido realizados en países en donde estos negocios exhiben casos de éxito

Sin embargo, en los países que tienen desarrollo en astronomía y en astroingeniería, las evaluaciones cuantitativas del impacto de dicha actividad son escasas y no son periódicas.

En el Reino Unido, Andy Fabian, past president de la Royal Astronomical Society, declara el fracaso de un intento por medir el impacto de la investigación³.

Por su parte, un estudio del SPRU⁴ sintetiza las dificultades para medir los impactos económicos de la ciencia:

“The consensus in the economics literature is that measuring the economic impacts of science and innovation is highly problematic, due to the following issues:

- The time taken from an increase in R&D spend to an increase in welfare can be variable and lengthy.
- The *global nature of science and innovation* makes it particularly difficult to

³ Andy Fabian, **The impact of astronomy**, Royal Astronomical Society

Can we measure impact? The RAS has tried to consider economic impact seriously and we combined with the Institute of Physics to see if we could measure it. We wanted to connect a decision to put a pound into astronomy research with the pounds that later appear elsewhere as a result. We planned 12 case studies, starting with a pilot study of three, and commissioned a company, Oxford Economics, to carry it out. They attempted to trace three important technologies back to the underpinning scientific knowledge. As a result of the pilot study we have concluded that we can't do it. More than that, we don't think it is do-able; Oxford Economics doesn't think it is do-able, either. So we're not continuing with the study.

⁴Science and Innovation Investment Framework 2004-14, Economic Impacts of Investment in Research & Innovation, July 2007, URN 07/1146

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

attribute domestic economic impacts to domestic science and innovation investment and policies.

- The *research base having direct as well as indirect effects on economic impact* also complicates the attribution of impacts to inputs of the research base.

For the reasons outlined above, it is highly difficult to attribute **overall economic impacts** (*aggregate effects on economic growth and improvements to welfare*) to the effects of a particular policy or investment.”

En la literatura, el esfuerzo más reciente y focalizado para la estimación del impacto de las astronomía, es el estudio realizado en Canadá “Estimation of the Economic Impacts of Canadian Astronomy, Prepared for The National Research Council, by The ARA Group (A Division of KPMG Consulting LP)”. Este estudio considera diversos tipos de impacto entre los que incluyen la capacitación de los recursos humanos.

En base a dicho estudio, la Canadian Astronomical Society declara que la inversión en I+D en astronomía puede tener multiplicadores de retornos para la industria de 10 veces lo invertido por el gobierno:

“Economic Potential of the Long Range Plan: is the “spinoff” stimulus to a wide range of high-technology businesses, generated as the new concepts in each project find their way into many other technological avenues across Canada. The leverage factors in this area are considerably harder to predict and to document. They depend more sensitively on the entrepreneurship of the high technology community within Canada in a more general sense, as well as on the ability of NRC/HIA to find and make the right connections for applications in industry.

But the examples discussed above suggest to us (again, conservatively) that 10-to-1 ratios in the creation of wealth are not unrealistic⁵”

⁵ Canadian Astronomical Society, Unveiling the Cosmos: A Vision for Canadian Astronomy 2010-2020, Report of the Long Range Plan 2010 Panel

Por su parte, la ESO cita un estudio acerca de los beneficios secundarios para las empresas proveedoras del CERN el año 2003, en proyectos intensivos en tecnología:

- 38 % de las empresas que respondieron desarrollaron nuevos productos como resultado directo del contrato original.
- 13 % comenzaron nuevos equipos de I+D.
- 14 % crearon una nueva unidad de negocios.
- 17 % abrieron un nuevo mercado.
- 42% incrementaron su presencia internacional.
- 44 % indicaron un aprendizaje tecnológico.
- 36 % indicaron un aprendizaje de mercado.

En síntesis, si bien el impacto económico de la investigación y desarrollo en astronomía es muy complejo de medir ex post y más aún complejo de estimar ex ante, en la medida en que el análisis sea restringido a casos de negocios derivados de la astronomía ignorando los impactos económicos de largo plazo, los impactos en capacidades de investigación y desarrollo, los impactos en capital humano, es posible una estimación indicativa si bien los márgenes de incertidumbre son por naturaleza muy elevados.

Por consiguiente, en el presente estudio, la estimación del impacto se limita al área de la astroingeniería, cuya cercanía al mercado es mayor que para la astronomía pura y para los fines de la cuantificación toma en cuenta solamente los probables spin-off directos.

No se contabilizan por tanto los beneficios en términos de aumento del capital de conocimiento en el país, los impactos sociales en Chile ni aquellas aplicaciones tecnológicas derivadas de la astronomía cuyos efectos se producen en el largo plazo.

1.3.3 Hipótesis de cuantificación del impacto en Chile de las tecnologías de uso dual

La aplicación del análisis al caso chileno se apoya en las hipótesis de tres escenarios en que, a partir de las principales líneas identificadas en Chile, se crean y desarrollan empresas de base tecnológica proyectadas a los mercados mundiales.

La cuantificación presentada a continuación se basa en un escenario hipotético que no tiene carácter predictivo.

El espíritu es ilustrar los beneficios que se podrían lograr en Chile si se replicaran experiencias de éxito logradas en otros países como Canadá o Australia.

Las cifras se construyen con hipótesis basadas en esas experiencias, pero el margen de incertidumbre es tal que la realización práctica seguramente tendría resultados distintos.

Las hipótesis de líneas de trabajo, de número de empresas y de facturación, si bien están basadas en experiencias exitosas externas, tienen como principal utilidad ayudar a la construcción de políticas, de objetivos y de indicadores de éxito de las políticas.

1.3.3.1 Variables para la estimación

La estimación cuantitativa del impacto en Chile requiere suposiciones acerca del valor de al menos cuatro variables:

I. Número de empresas exitosas

Para esta estimación el único dato actual es el número de líneas de I+D de astroingeniería que se desarrollan en Chile y que son consideradas en el contexto mundial como prioritarias.

La tabla presentada más abajo, “Potencialidades de uso dual de astroingeniería e infraestructura en Chile” indica 11 líneas que cumplen con los requisitos de ser de interés mundial y de estar siendo desarrolladas o comenzando a ser desarrolladas en Chile.

Se estima que en Chile al menos cuatro o cinco líneas (por ejemplo óptica adaptativa, antenas y receptores en hiperfrecuencias, procesamiento paralelo y grandes bases de datos, electrónica) están en un nivel de avance tal que puede dar lugar con alta probabilidad a spinoff que impacten en otras áreas productivas.

A partir de esta base, se estima que del orden de 12 pequeñas empresas intensivas en conocimiento podrían desarrollarse y consolidarse en los próximos años.

En un escenario pesimista, se estima que solamente dos empresas serían exitosas y en un escenario optimista se estima la creación de una empresa de muy alto crecimiento y de alta facturación.

II. Distribución de probabilidad de la facturación anual de cada empresa

Para esta variable solamente se cuenta con la información de casos de éxito de otros países.

Existen casos de empresas como Radiata en Australia, vendida a Cisco en 600 millones de dólares o el caso de Matrox en Francia cuyas exportaciones anuales alcanzan los 200 millones de dólares.

En un nivel inferior de facturación se encuentran los ejemplos de la Canadiense Micralyne, con unos 30 millones de dólares canadienses anuales y la australiana Altium con ventas anuales de 47 millones de dólares australianos

Por último, se registra información de empresas como la francesa Imagine Eyes cuyas ventas están en el orden de los 2 millones de dólares anuales.

La probabilidad de lograr una empresa que facture 200 millones de dólares anuales se considera solamente en el escenario más optimista.

Para el escenario intermedio, se ha construido la hipótesis para Chile que de doce empresas, 8 facturen inicialmente del orden de los 2 millones de dólares anuales con una tasa de crecimiento del 6%, 3 empresas facturen inicialmente 2 millones de dólares anuales con una tasa de crecimiento del 30%, y una empresa facture a partir del sexto año 55 millones de dólares anuales.

En el escenario pesimista, se estima que solamente dos empresas resultan exitosas con facturaciones bajas y una tasa de crecimiento del 6%.

No se consideran los factores de crecimiento de cada empresa individual, ni se incluyen tasas de descuento.

III. Porcentaje de la facturación que impacta en la economía de Chile

El cálculo del impacto en el producto interno debe descontar los componentes importados y los gastos de comercialización internacionales.

Al tratarse de empresas intensivas en conocimiento, el valor agregado es primordialmente la propiedad intelectual de los desarrollos. En el caso de sistemas e instrumentos, se estima que el costo de los insumos importados se sitúa entre el 10% para producciones de bajos volúmenes y el 40% para grandes volúmenes⁶.

Dado que cada caso es particular y desconocido a priori, se toma como hipótesis que los insumos importados y los gastos internacionales alcanzan un 40% de la facturación. Esta cifra se basa en el margen bruto de cerca del 50% para las pymes canadienses que fabrican equipos médicos⁷. Se supone para el caso chileno un margen semejante y que, de los costos, un 80% lo constituyen los insumos importados y los gastos internacionales.

Por otra parte, para las empresas que desarrollan software, los insumos importados son marginales por lo que suponer una media de 80% de margen bruto es razonable.

A la facturación, se agrega el apalancamiento de capital de riesgo internacional de unos 3 millones de dólares⁸ para empresas de bajo crecimiento, 8 millones de dólares para empresas de mediano crecimiento y 20 millones de dólares⁹ para empresas de alto crecimiento.

⁶ El margen de 40% está basado en estimaciones de costo vs precio de venta del iPhone.

⁷ “The gross margin for the Medical Equipment and Supplies Manufacturing industry group was 55.2% in 2008” Canadian Industry Statistics (CIS), **SME Benchmarking**, Medical Equipment and Supplies Manufacturing (NAICS 3391).

⁸ Monto típico de la inversión en una empresa por parte de fondos de capital de riesgo.

⁹ Monto típico de un capital “mezzanine” o de una IPO de bajo monto.

**POTENCIALIDADES DE USO DUAL
DE ASTROINGENIERÍA E INFRAESTRUCTURA EN CHILE**

Línea de investigación	Posibles aplicaciones en otras áreas
Detectores ópticos	Medicina, seguridad, industria, minería
Óptica Adaptativa	Oftalmología, percepción remota, imágenes médicas.
Sistemas de Control	Industria, minería, medicina robótica
Antenas y receptores - hiperfrecuencias	Comunicaciones, detección, sensores industriales
Criogenia	Computación de alto rendimiento, comunicaciones
Diseño de dispositivos de alta frecuencia	Computación, sistemas digitales, telecomunicaciones, procesamiento de señales
Técnicas para manejo de grandes bases de datos	Datos médicos, datos industriales, grandes volúmenes de datos generados por la proliferación de sensores MEMS
Técnicas de procesamiento de imágenes	Ingeniería, medicina, recursos naturales.
Tecnologías de procesamiento paralelo.	Manejo de datos, procesamiento de señales, cálculo meteorológicos, sísmicos.
Desarrollo de Infraestructura	Posibles aplicaciones en otras áreas
Almacenamiento de datos,	Todo tipo de data center de alta seguridad.
Transmisión de datos	Conectividad de centros urbanos, zonas aisladas que se integran a las redes con impacto marginal sobre éstas.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

IV. Monto del subsidio del Estado Chileno que tiene relación causal con el impacto producido

Se ha supuesto en el escenario intermedio que el Estado aporta subsidios por un total de 10 millones de dólares en el escenario intermedio, lo que corresponde a un monto del orden de lo que Corfo aporta para la atracción de centros de excelencia internacionales.

En el escenario bajo, se supone el mismo monto mientras que en el escenario más optimista se supone un aporte del Estado de 20 millones de dólares.

1.3.3.2 Impacto en un escenario intermedio

Estimación del número de empresas

En un escenario intermedio, en que los recursos invertidos por el Estado chileno sean del orden de los 10 millones de dólares, se estima probable la creación de unas 12 empresas exitosas.

Estimación de la facturación

La estimación de facturación para el escenario chileno se basa en las experiencias extranjeras de emprendimientos tecnológicos “duros”. No se considera como un referente las empresas “punto com” ya que su dinámica es muy diferente del caso de la astroingeniería.

Las hipótesis empleadas para el cálculo se resumen en la siguiente tabla:

Tipo de empresa	Número de empresas exitosas	Facturación inicial (Millones de dólares)	Tasa de crecimiento anual
Empresas de bajo crecimiento	8	2	6%
Empresas de mediano crecimiento	3	2	30%
Empresas de alto crecimiento	1	4	45% (con tope de 55 MM USD)

Se ha considerado también, para cuantificar el apalancamiento de financiamiento, que típicamente los aportes de capital de riesgo para emprendimientos tecnológicos se sitúan en el orden de los 3 millones de dólares para empresas de bajo crecimiento, 8 millones de dólares para empresas de mediano crecimiento y 20 millones de dólares para empresas de alto crecimiento.

Caso	Número de empresas exitosas	Facturación total en 10 años (Millones de dólares)	Apalancamiento de capital de riesgo internacional por empresa (Millones de dólares)	Apalancamiento de capital de riesgo internacional total (Millones de dólares)
Empresas de bajo crecimiento	8	211	3	24
Empresas de mediano crecimiento	3	256	8	24
Empresas de alto crecimiento	1	330	29	20
TOTAL	12	797		68

Estimación del retorno del subsidio

El efecto producido por el fomento del Gobierno se estima en términos de la actividad económica generada.

No se consideran los gastos de marketing, ni de escalamiento, ni costos de operación, en la hipótesis de que estos gastos o inversiones son aportados por privados. El efecto del subsidio es por tanto, gatillar un proceso que de otra manera no ocurriría e incluye la facturación y el apalancamiento de recursos durante el ciclo de vida de la empresa.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

Cálculo del Retorno del subsidio estatal:

$$\text{Retorno} = \frac{\text{E(fact)} + \text{E(capital)}}{\text{Subsidio}}$$

En dónde:

E(fact) = Facturación esperada en 10 años menos insumos importados y gastos internacionales.

E(capital) = apalancamiento de capitales de riesgo internacionales (se consideran ingresos para el país).

Subsidio = subsidio del gobierno en el periodo considerado.

Asumiendo para E(fact) un valor de 797 millones de dólares en 10 años con un margen bruto de 80%, para E(capital) un valor de 68 millones de dólares y para el subsidio un valor de 10 millones de dólares, el retorno estimado tendría un multiplicador de un valor cercano a 70. Este valor supone que una parte de los recursos pecuniarios y no pecuniarios necesarios para la internacionalización son apalancados en el extranjero y que el subsidio de Chile tiene su efecto de gatillo sobre el proceso completo.

Si para el mismo logro, el subsidio fuera de 15 millones de dólares, el retorno se situaría cercano a un factor de 50.

1.3.3.3 Impacto en un escenario bajo

Si solamente se crearan dos empresas exitosas, con una facturación inicial de 2 millones de dólares y una tasa de crecimiento de 6% anual, manteniendo las otras variables en los mismos valores que en el caso intermedio, el retorno esperado para el Estado se situaría en 4,8 dólares por cada dólar de subsidio.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

1.3.3.4 Impacto en un escenario alto

Si se crearan 12 empresas exitosas, una de las cuales alcanzara una facturación de 200 millones de dólares anuales desde el sexto año, manteniendo las otras variables en los mismos valores que en el caso intermedio, el retorno esperado para el Estado se situaría en más de 140 dólares por cada dólar de subsidio.

1.4 ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA CADENA DE SUMINISTRO NACIONAL

Una segunda categoría de impacto proviene de la demanda y oferta inducidas en la cadena de suministros nacional.

Los requerimientos de los observatorios en términos de bienes, servicios y tecnología han sido ya descritos en secciones anteriores, por lo que se suponen conocidos.

En este capítulo, la pregunta es acerca de la cuantificación de los beneficios esperados en la cadena productiva.

Este análisis ofrece tres niveles de estimación:

- a) La facturación bruta de las empresas nacionales que prestan servicios o que participan en la construcción de los grandes observatorios en Chile.
- b) El efecto multiplicador en la cadena productiva
- c) Los activos intangibles que las empresas pueden obtener de su participación en proyectos y servicios para los grandes observatorios.

1.4.1 Volumen del mercado en términos de facturación bruta.

El presupuesto de operación de los grandes observatorios en Chile tiene como componente principal la planilla de empleados, chilenos y extranjeros.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

Las labores de mantención, reparación y upgrade de los instrumentos científicos y de los espejos o antenas son asumidas hoy casi en un 100% por personal interno de los observatorios.

Los subcontratos a empresas chilenas son en la actualidad primordialmente para labores lejanas al “core” de los observatorios. Estos subcontratos abarcan desde ingeniería civil hasta jardinería.

Se estima que aproximadamente entre un 20% y un 30% del gasto operacional anual se ocupa en este tipo de subcontratos.

Existe un espacio para que empresas chilenas aumenten esta participación, en dos sentidos:

- a) Desplazamiento de labores que hoy realizan en forma remota empresas extranjeras, hacia empresas chilenas de ingeniería.
- b) Externalización de labores de mantención y de reparación más cercanas al “core” de los observatorios.

De acuerdo a la información actual, este espacio podría ser del orden de un 10% del gasto de operación anual.

Según las proyecciones entregadas en un informe anterior¹⁰, de los cerca de 200 millones de dólares anuales de los gastos de operación anual proyectados, la facturación de empresas chilenas de servicios no diferenciados podría alcanzar los 50 millones de dólares anuales y los servicios de ingeniería de nivel intermedio podrían llegar a los 20 millones de dólares anuales.

¹⁰ Estudio Capacidades y Oportunidades para la Industria y Academia en las Actividades Relacionadas o Derivadas de la Astronomía y los Grandes Observatorios Astronómicos en Chile, INFORME N° 1, De los observatorios instalados y por instalarse en Chile.

1.4.2 Impacto en la cadena productiva.

La demanda de bienes y servicios de los observatorios tiene un impacto más allá de la facturación bruta de las empresas que prestan directamente los servicios o que entregan sus productos.

Sin embargo, la estimación de este nivel de impacto no es posible cuantificar de manera precisa.

En efecto, la manera más aceptada de cuantificar este impacto es mediante las matrices de insumo / producto o matrices de Leontief, cuya elaboración se realiza en base a las cuentas nacionales del Banco Central.

En el Banco Central de Chile, el concepto de “matriz insumo producto” ha sido reemplazado por “Compilación de Referencia”, manteniendo la base teórica. En dicha compilación, el sector de la astronomía no aparece desagregado.

No obstante, en los encadenamientos hacia atrás (backward linkages) es posible en una primera aproximación asimilar el impacto de este encadenamiento al que tiene la minería en la misma región geográfica, en consideración a que en el nivel de menos diferenciación la astronomía demanda los mismos servicios (y generalmente a las mismas empresas) que la minería. Asimismo, el nivel de salarios es igual o superior en promedio a los que se encuentra en la minería.

Un estudio de Cieplan sitúa los valores de los multiplicadores de empleo de la minería privada en 4.1 y en 6.71; este último valor considera las transacciones entre sectores y el efecto del incremento en el pago de salarios. “Esto implica que cuando se contrata un trabajador en el sector minero moderno se contrata en el resto de la economía 3,1 trabajadores adicionales”¹¹. Los multiplicadores de producto del sector minero se sitúan en valores del orden de 1,5.

¹¹ Patricio Aroca, Ph.D, Matriz Insumo Producto y Encadenamientos Productivos: Impacto de la minería en la Segunda Región. Cieplan.

En atención a que el gasto de operación de los observatorios se compone en un 70% ó 80% de gasto en salarios y considerando que este salario no se gasta entero en la región, se puede estimar que el multiplicador “hacia atrás” del gasto de los observatorios es del orden de 3, siempre en la hipótesis de una semejanza de comportamiento de la astronomía con la minería en términos de impacto en la cadena productiva.

En lo que respecta a los encadenamientos hacia adelante (forward linkages), dado que la astronomía en Chile no produce ni bienes ni servicios que sean insumos para otros sectores, se ha identificado como el encadenamiento clave el incremento del turismo en la región y en el país, que se produce gracias a la presencia de los grandes observatorios.

La estimación del beneficio del turismo, por su carácter, tiene autonomía propia respecto del análisis de este informe. Por esta razón se ha decidido incluirlo como un elemento aparte y se entrega en anexo.

1.4.3 Activos intangibles para las empresas a partir de su participación en proyectos y servicios para los grandes observatorios.

Por último, es importante evaluar el impacto de que actividades hoy desarrolladas por personal interno de los observatorios sea traspasada a empresas chilenas externas.

Se podría argumentar que desde el punto de vista de la facturación se verificaría solamente un efecto de desplazamiento, ya que los observatorios contratarían los servicios a empresas externas en la medida en que ello no incremente sus gastos operacionales. Por tanto, el flujo de divisas hacia Chile se mantendría igual o incluso disminuiría levemente ya que el aumento de la facturación de empresas externas sería acompañado con una reducción en los montos de salarios del personal interno de los observatorios. En este razonamiento, no habría adicionalidad desde el punto de vista del país.

Sin embargo, en este escenario, para los empresarios chilenos existen beneficios no tangibles que se concretan por dos caminos complementarios:

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

- a) Las empresas locales asumen una metodología de trabajo de clase mundial, siendo los contratos frecuentemente firmados según las normas y legislaciones de Estados Unidos o Europa. Un correcto desempeño los habilita como “proveedores confiables” de los observatorios en Chile y en el mundo.
- b) Realizar trabajos de en tecnologías de nivel intermedio (tecnologías consolidadas pero que tienen exigencias particulares desde la astronomía) es una carta de presentación a clientes de otras áreas productivas en el mundo, que facilita la obtención de nuevos contratos en nuevos mercados.

Estos beneficios intangibles se verificarían en empresas chilenas de base tecnológica. Para una empresa de transporte o de gasfitería, no es claro que trabajar para un observatorio aumente su prestigio más de lo que puede hacerlo trabajar para una gran empresa de la minería del cobre.

La cuantificación de estos beneficios no es posible a priori. Sin embargo, la experiencia internacional¹² indica un factor entre 2 y 10 adicional por el efecto de los nuevos contratos que las empresas obtendrían como consecuencia directa de tener en su cartera de clientes a los observatorios internacionales.

A modo de ejemplo, la empresa canadiense AGRA-Coast; realiza ventas de 175 millones de dólares basada en las oportunidades creadas por la astronomía. Esta empresa se convirtió en líder mundial en la construcción de enclosures de telescopios y ha incursionado en áreas alejadas de la astronomía como son los parques de diversiones.

También en Canadá, la empresa DSMA Atcon Ltd., en los años 60 invirtió 25.000 dólares en el diseño de un telescopio óptico de 4 metros. Esto le permitió ganar licitaciones para proyectos en Italia, Alemania y Australia. El factor de apalancamiento (leverage) de su inversión inicial en astronomía ha sido estimado por la empresa en 40 a 1.

¹² “Estimation of the Economic Impacts of Canadian Astronomy”, Prepared for The National Research Council, by The ARA Group (A Division of KPMG Consulting LP)

1.4.4 Resumen: hipótesis de tamaño del mercado

Nivel	Facturación actual	Facturación potencial en astronomía	Facturación potencial en otros mercados (minería, medicina, comunicaciones)	Multiplicador de impacto
Tecnologías de frontera	Algunos miles de dólares	Por determinar caso a caso	En un escenario intermedio, 700 millones de dólares	50 a 70 veces el aporte inicial del gobierno
Tecnología intermedia	5 - 6 millones de dólares	20 millones de dólares anuales	40 – 200 millones de dólares anuales	2 a 10 veces la facturación en astronomía, de acuerdo experiencias internacionales
Contratos de bienes y servicios no diferenciados	12 a 15 millones de dólares	50 millones de dólares anuales	Estos negocios no se originan en la astronomía	3 veces la facturación en astronomía (*).

(*) En la hipótesis de que el impacto en la cadena productiva es igual al impacto de la minería privada

2 CREACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE APOYO PARA EL DESARROLLO DE LA ASTRONOMÍA EN CHILE.

Las propuestas de políticas han sido divididas en dos partes.

Esta primera parte, “políticas públicas de apoyo para el desarrollo de la astronomía en Chile”, contiene las recomendaciones de carácter más general.

La segunda parte, “políticas para el desarrollo de las áreas de oportunidad”, toma algunas de las recomendaciones más generales entregadas en esta parte y se enfoca en las líneas de astroingeniería y astroinformática.

OBJETIVO 1: Fomentar la creación y desarrollo de negocios de base tecnológica a partir las oportunidades y externalidades que se generan en Chile por la presencia de observatorios internacionales.

Fundamentación:

La presencia de los observatorios internacionales en Chile ofrece oportunidades únicas para el desarrollo de ciencia y tecnología en Chile.

Estos observatorios pertenecen a la categoría de “big science”¹³ para la cual las tecnologías de frontera y los desafíos multidisciplinarios son su esencia.

¹³ “The crucial feature that distinguishes Big Science from Little Science is the concentration of resources on a few major research facilities, with new equipment generally demanding significant R and D at the frontiers of technology”. Ben R Martin and John Irvine, SPIN-OFF FROM BASIC SCIENCE: THE CASE OF RADIOASTRONOMY Phbs Techno1 , Vol I ? . 1981 Printed in Great Britain

Como se ha fundamentado anteriormente en este estudio, esta presencia contiene un potencial de gran valor que va más allá del tiempo de observación que se entrega a los astrónomos nacionales.

Su presencia puede ser un catalizador la creación de nuevas empresas de base tecnológica que exploten el uso dual de las tecnologías de la astroingeniería y astroinformática. Asimismo, es factible aumentar la participación de empresas ya existentes en los proyectos de tecnologías intermedias y desarrollar oportunidades de negocio desde esa base.

Recomendaciones:

- REC_1. Superar las asimetrías de información que hoy existen entre los proyectos astronómicos por una parte y las empresas y grupos académicos locales por otra parte, mediante la creación de una oficina de enlace en Chile, con funciones similares a las que tienen las oficinas de enlace europeas entre los países y la ESO.
- REC_2. Crear programas focalizados de fomento al desarrollo de ciencia aplicada en astroingeniería y astroinformática que privilegien proyectos de mediano plazo, que desarrollen tecnologías de frontera con probabilidad de uso dual, de preferencia apalancando recursos internacionales.
- REC_3. Fomentar la creación de entidades con capacidades de investigación aplicada y de gestión de proyectos complejos, como se detalla en la sección siguiente.
- REC_4. Generar competencias específicas a nivel nacional utilizando la fusión de temáticas entre ingeniería y ciencia astronómica, que sea abordado como un programa integrado que permita formar alianzas entre observatorios e instituciones de educación superior. Crear en conjunto programas de magister o de pasantías de estudiantes y profesores en los centros de investigación astronómica, de astroingeniería y astroinformática.
- REC_5. Negociar con los observatorios para facilitar y propiciar un espacio en torno a ellos en el cual sea posible la instalación de centros de investigación u observatorios más pequeños y de una industria tecnológica local, de tal forma que se puedan aprovechar de mejor forma los servicios ya instalados de energía, telecomunicaciones e infraestructura general, entre otros.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

- REC_6. Evaluar las materias que forman parte de negociación entre el Gobierno chileno y los observatorios que desean instalarse en Chile. Discutir si la solicitud de 10% de tiempo de observación para astrónomos nacionales, que sin duda ha permitido posicionar la astronomía chilena a nivel mundial, puede ser complementada con solicitud de transferencia de tecnología y/o acceso a programas norteamericanos y europeos para empresas y organizaciones chilenas de base tecnológica.
- REC_7. Evaluar la creación de un paquete de herramientas de apoyo para las empresas de base tecnológica o de ingeniería que quieran convertirse en proveedores de los observatorios. Estos paquetes podrían incluir capacitación, certificación, apoyo en la gestión de proyectos complejos, facilidad de boletas de garantía, seguros para minimizar el riesgo.
- REC_8. Promover una mayor integración entre los centros de I+D, buscando una articulación tanto en lo que se refiere a la infraestructura de laboratorio, compartiéndolos, como a la disponibilidad y variedad de personal calificado.

OBJETIVO 2: Desarrollar y posicionar una imagen internacional de Chile como actor en la astronomía mundial.

Fundamentación:

Una imagen país positiva en términos de capacidades tecnológicas tiene un beneficio que impacta en todos los sectores exportadores, al transmitir una imagen de calidad y de “un país que hace las cosas bien”. Es factible una estrategia, que se coordina con los esfuerzos científicos y tecnológicos, que posicione la imagen de Chile desde un “país con cielos limpios” a un “país que desarrolla ciencia y tecnología de nivel mundial”.

Una imagen de esta naturaleza también resulta un incentivo interno para la innovación y el aumento de la calidad de los productos y servicios nacionales.

Recomendaciones:

- REC_9. Realizar un trabajo de difusión internacional, en un esfuerzo coordinado público – privado, acerca de los logros de la academia y de la industria chilenas en los trabajos con y para los observatorios. Difundir con ejemplos de casos de éxito la

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

imagen de que existen en Chile capacidades para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, de primer nivel.

REC_10. Aumentar la participación de Chile en las asociaciones astronómicas internacionales y en congresos internacionales de tecnologías asociadas o derivadas de la astronomía.

REC_11. Establecer acuerdos internacionales a nivel de gobiernos para la cooperación en materias de ciencia y tecnología relacionadas con la astronomía y la astroingeniería.

OBJETIVO 3: Difundir la astronomía en todo Chile y crear una cultura astronómica nacional.

Fundamentación:

La astronomía es hoy en día una fuente de gran interés para el público en general por su objetivo de responder a preguntas fundamentales sobre el universo y nuestro lugar en él.

Esto es una oportunidad para que una parte importante del país pueda motivarse por la ciencia y la tecnología.

El objetivo es crear una identificación de los ciudadanos con el desarrollo de esta ciencia en Chile, ya que contamos con cielos privilegiados en el norte del país para las observaciones astronómicas. En este sentido, las actividades de difusión son fundamentales para transmitir el valor del desarrollo de la Astronomía para Chile y mostrar resultados concretos del progreso científico nacional. De este modo existe una gran oportunidad al difundir el desarrollo de la astronomía, y que la comunidad se apropie de este tema y de las oportunidades asociadas, sintiéndose identificadas y transformando esta ciencia como Patrimonio Nacional, que Chile sea reconocido a nivel mundial, así como hoy ocurre con la industria minera y la industria vitivinícola, por la infraestructura e investigación en Astronomía.

En particular, a nivel de enseñanza básica y enseñanza media, una difusión de la astronomía y sus tecnologías asociadas puede resultar en una gran motivación de alumnos y profesores por las matemáticas, física, química e incluso biología.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

El acceso a Internet y la posibilidad de crear observatorios virtuales para el nivel de enseñanza media, pueden estimular y reforzar la enseñanza de ciencias para todo Chile.

Recomendaciones:

- REC_12. Crear políticas públicas que apunten a permitir una mayor información a la comunidad acerca de las actividades astronómicas realizadas en el país.
- REC_13. Fomentar que las personas puedan acceder fácilmente a documentación pública en el ámbito de la astronomía, como por ejemplo, observaciones que se encuentren publicadas y que puedan ser utilizadas por un docente para dictar una clase.
- REC_14. Crear un observatorio virtual de nivel enseñanza media, con datos reales de los observatorios, al que puedan acceder todos los estudiantes de Chile. Este observatorio debería contar con profesores en línea para que, desde los centros urbanos, puedan apoyar y guiar a los estudiantes. Esta iniciativa puede ser complementada con la creación de redes de interés nacionales e internacionales, en las que incluso desde escuelas rurales los estudiantes puedan participar en discusiones por videoconferencia.
- REC_15. Utilizar la astronomía como un medio de motivación para que los alumnos y profesores de toda escuela o colegio de Chile despierten interés por matemáticas, física, química y otras materias. Desarrollar herramientas de educación a distancia para que los alumnos motivados puedan profundizar y desarrollar habilidades guiados por profesores especialistas.
- REC_16. Crear una “escuela de invierno” o “escuela de verano” de astronomía, posiblemente en la modalidad itinerante, que organice eventos diferenciados para estudiantes, padres, tercera edad, con profesores reconocidos. Estos eventos pueden estar abiertos a personas de todo Chile y también a extranjeros.
- REC_17. Promover iniciativas de turismo astronómico.

OBJETIVO 4: Consolidar una infraestructura de comunicaciones, almacenamiento y tratamiento de datos basada en la astronomía.

Fundamentación:

La gran cantidad de datos generada por los observatorios, que en el futuro crecerá de manera exponencial, necesita una nueva infraestructura para transmitir, almacenar y procesar los datos generados.

Esto abre la oportunidad para que en Chile se desarrolle la conectividad entre los centros de investigación, universidades e instituciones astronómicas y fomentar la colaboración entre ellos creando sinergias para el desarrollo de la Astronomía.

También es posible pensar en alinear las necesidades de conectividad universal con la necesidad específica de redes de alta velocidad para uso de los observatorios.

Recomendaciones:

- REC_18. Articular con los observatorios que su diseño de red contemple la interconexión con entidades nacionales.
- REC_19. Articular con los observatorios que su diseño de red contemple tramos comunes para dar conectividad a comunidades rurales cercanas a los observatorios, otorgándoles subvenciones o facilidades estatales.
- REC_20. Fomentar la creación de Data Centers nacionales que sean sustentables con servicios a la astronomía y que puedan extender sus servicios a otras áreas productivas y a otros países.

3 POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD

3.1 Estrategia de Fomento a Negocios Tecnológicos basados en uso dual de astroingeniería

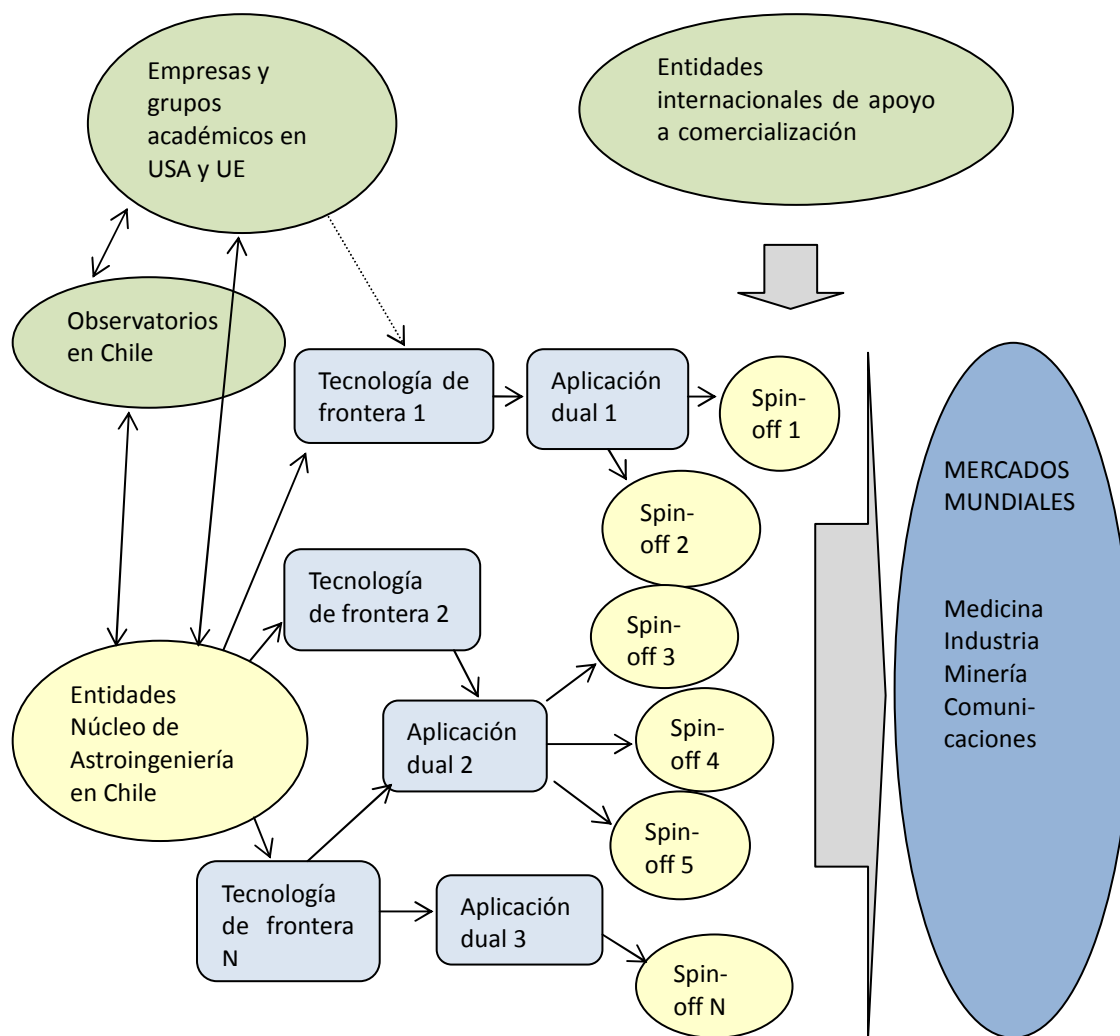
Para la creación de negocios en base a tecnologías de astroingeniería, se requiere resolver los siguientes elementos críticos:

1. Acceso a la información directa acerca de los requerimientos futuros de uno o varios observatorios, para la identificación de los sistemas o dispositivos que necesitan de tecnologías de frontera.
2. Una capacidad instalada residente en una entidad “núcleo”, por ejemplo un Consorcio Tecnológico o un Centro de Excelencia, que garantiza una alta probabilidad de obtener el resultado
3. Una “cartera de trabajos” (track record) de productos o proyectos en el área de la astronomía, que permite una relación de confianza con el observatorio o con sus proveedores directos.
4. Una vez desarrollada la tecnología, un entorno de innovación que fomenta la expansión hacia mercados mundiales, aplicando la tecnología en soluciones para otros sectores productivos.
5. Una fuerte integración entre redes académicas e industriales.
6. Un entorno de apoyo a la construcción de prototipos, al patentamiento, al levantamiento de capital y al marketing internacional.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

La factibilidad de reproducir en Chile experiencias exitosas implica por tanto una estrategia compuesta por al menos los siguientes elementos:

1. Desarrollo y/o fortalecimiento de una o varias "entidades núcleo" en el mundo de empresas chilenas de base tecnológica y en el mundo académico.
2. Fomento al desarrollo de soluciones de tecnologías de frontera, en colaboración con los centros astronómicos instalados en Chile así como con grupos y centros de astroingeniería ubicados en los países miembros de los consorcios astronómicos instalados en Chile.
3. Estímulo a la apropiación y al uso dual de las tecnologías desarrolladas para astronomía.
4. Convenios a nivel gubernamental para facilitar el acceso de empresas y de emprendimientos chilenos a las herramientas de apoyo a la comercialización internacional.



“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

3.2 Recomendaciones

Nuevas entidades

REC_21. Crear concursos de Consorcios Tecnológicos en Astroingeniería, que contemplen I+D en su core business. Se recomienda que estos consorcios tengan un horizonte de mediano plazo coherente con los plazos necesarios para que las tecnologías de frontera lleguen al mercado. Se recomienda también que estos Consorcios deben tener la capacidad de articular distintos actores empresariales chilenos, impulsar la colaboración entre grupos académicos y establecer alianzas con entidades en Europa y en Estados Unidos.

REC_22. Impulsar una incubadora de astroingeniería, con la participación activa de los observatorios norteamericanos y europeos. Se recomienda que esta incubadora tenga una apertura amplia a todas las Universidades y a todas las empresas de base tecnológica. Uno de sus principales objetivos debería ser entregar el espacio para que nuevos emprendimientos puedan construir una “cartera de trabajos” (track record) de productos o proyectos en el área de la astronomía.

Convenios y acuerdos Internacionales

REC_23. Establecer convenios con los observatorios instalados en Chile para que exista un flujo permanente de profesionales entre los consorcios, incubadoras y observatorios. Estos convenios deberían reducir las asimetrías de información y construir un “capital de confianza” que se traduzca en logros tecnológicos para los profesionales chilenos.

REC_24. Establecer convenios con los observatorios instalados en Chile para que empresas, emprendimientos y grupos académicos chilenos tengan acceso a los instrumentos de fomento que existen en Europa y de Estados Unidos para

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

apoyar la comercialización de tecnologías.¹⁴.

REC_25. Establecer convenios para que empresas y emprendimientos chilenos puedan beneficiarse de la política para las pequeñas y medianas empresas de la ESA (European Space Agency), específicamente la SME Policy Office¹⁵

REC_26. Fomentar desde los más altos niveles la asociatividad entre empresas chilenas y grupos universitarios chilenos con Centros de Astroingeniería tales como el Astronomy Technology Centre (ATC) en Reino Unido, SRON en Holanda, CSIRO en Australia.

Líneas de fomento público en Chile

REC_27. Establecer líneas de apoyo a proyectos de innovación tecnológica que consideren en la evaluación criterios de mediano y largo plazo con incertidumbre de mercado.

REC_28. Establecer una instancia de apoyo, coordinada con socios europeos y norteamericanos, para promover el patentamiento y el uso dual de tecnología desarrollada para astroingeniería.

REC_29. Establecer instancias que permitan a empresas Chilenas la transferencia y uso de alta tecnología desarrollada para Astronomía a otros sectores de la economía nacional, tales como minería y agricultura.

¹⁴ Ver ejemplos de entidades en el punto 4, “Información de Soporte”, 4.3.

¹⁵ The SME Policy Office has put in place a number of measures to reinforce the technical capabilities and sustainability of high technology SMEs in order to facilitate their involvement in ESA activities. Encouraging SME involvement in ESA activities. Technical support to SMEs. Enhanced opportunities for business partnership and networking

4 INFORMACIÓN DE SOPORTE

4.1 30 Best Small Electronics Companies

(Ranked by annual revenue growth 2004-2006) Published June 12, 2007 by Electronic Business (www.edn.com)

Company		Revenue (\$ millions)	Annual Revenue Growth %
		FY 2006	FY 2005
Acme Packet	Telecom network equipment	\$84.1	129.3%
Metretek Technologies	Technologies Energy measurement products	\$120.5	85.0%
VASCO Data Security	Data Security Security software	\$76.1	59.5%
Mellanox Technologies	Interconnect products	\$48.5	54.6%
IPG Photonics	Fiber lasers and amplifiers	\$143.2	53.6%
Numerex	Wireless communication and security	\$52.8	51.5%
Hittite Microwave	Microwave Semiconductors	\$130.3	45.3%
Measurement Specialties	Sensors	\$121.4	42.0%
Vital Images	Medical imaging software	\$70.5	39.7%
Semitool	Semiconductor equipment	\$243.2	32.0%
CalAmp	Microwave amplification & conversion components	\$217.5	30.0%
Quality Systems	Medical software	\$119.3	29.7%
Oplink Communications	Networking components	\$54.9	26.5%

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

4.2 Probables aplicaciones de Tecnologías estratégicas

Extracto de: Unveiling the Cosmos, A Vision for Canadian Astronomy 2010-2020
Report of the Long Range Plan 2010 Panel, Capítulo 8: Economic Impact of the Plan.

Strategic HIA technologies	
Optical Technologies	Possible Applications
Aspheric optical components	Advanced optical systems for a broad range of applications
Optical coatings	Optical systems of all kinds
Visible light and infrared detectors	Extremely sensitive imaging detectors
Adaptive optics	Ophthalmology, remote sensing, any application involving poor seeing conditions
Control systems	Very wide application to all kinds of problems
Space-qualified hardware development	Space programs in the widest sense
Structures and enclosures for large optical telescopes: applications	Large and expanding international astronomy markets
Radio Technologies (e.g., ALMA & SKA)	Possible Applications
Control of flexible structures	Robotics
Low-cost innovative actuator design	Many applications possible
High-performance array antennas	Telecommunications satellite antennas
Tethered robotic vehicle controls	Undersea vehicles, stabilized airborne platforms
Precision photogrammetry and advanced metrology for large structures	Fabrication and precision measurement of extremely large structures and machinery, precision machine control
High-precision GPS-based geomatics	Precision surveying
Cryogenics	Low-cost cryocoolers for mass application in computers and telecommunications. High-performance cryogenics for semiconductor industry and scientific research equipment.
High-temperature superconducting technologies	Telecommunications filters and satellite components
Precision structural design	Other astronomy facilities, antenna design, satellite antennas
Carbon fibre and other advanced materials	Many applications, including ultra-stable structures, satellites
Generation of high power at hundreds of GHz	Telecommunications, research equipment
Semiconductor material processing	Semiconductor industry, high-performance sensors
GHz digital device design	Computing and digital systems at the high speed frontier, signal processing, telecommunications
High-performance digital filters	Telecommunications, signal processing
Data Processing Technologies	Possible Applications
Techniques of large databases of images and other information applications	Libraries, statistical data, all kinds of scientific, medical, environmental, financial and technical data, relational and other database expertise, Internet access to databases, development of archives (especially for remote retrieval), multimedia archives, permanent storage management software, pipeline processing
Image processing techniques	Engineering, medical imaging
Parallel processing technologies	All kinds of computationally intensive data problems, parallel compiler technology

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

4.3 Ejemplos de entidades y programas de fomento en la Unión Europea

4.3.1 Reino Unido

STFC Science and Technology Facilities Council y en particular la Technology Transfer Office.

The role of STFC Innovations is to support STFC by identifying and brokering deals that exploit STFC's intellectual property (IP) through spinouts and licence agreements. We also manage all aspects of STFC's IP rights including registering, maintaining, protecting, building and defending its IP portfolio.

In addition our Technical Sales team provide valuable links with industries through managing access to facilities/skills and expertise and direct sales of products and services.

The Science and Technology Facilities Council is one of Europe's largest multidisciplinary research organisations supporting scientists and engineers world-wide in the physical sciences. The Council operates world-class large scale research facilities, provides strategic advice to the government on their development and manages international research projects in support of a broad cross-section of the UK research community, in addition to directing, coordinating and funding research, education and training.

4.3.2 Francia

DPI (Direction de la politique industrielle) Objetivo: Acelerar y facilitar la transferencia de resultados de los laboratorios del CNRS hacia la sociedad.

FIST, France Innovation Scientifique et Transfert

SPV, Service du Partenariat et de la Valorisation

SATT Société d'Accélération du Transfert de Technologies¹⁶

¹⁶ Investissements d'Avenir, premier appel à projets « Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies (SATT) » Dotée d'un milliard d'euros, l'action « Fonds national de valorisation », a pour objectif d'accroître l'efficacité du dispositif français de valorisation de la recherche publique et d'améliorer significativement ses résultats, que ce soit sous forme de licences, de partenariats industriels, de création d'entreprises ou en facilitant la mobilité des chercheurs. Le

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

4.3.3 ESA (*European Space Agency*)

SME Policy Office

The [SME Policy Office](#) manages and coordinates, ESA-wide, development and application of SME policies, and is the focal point for SMEs and all external actors concerned with any aspect of such policies (institutional actors, National Agencies, Industrial organisations, etc.)

The SME Policy Office has put in place a number of measures to reinforce the technical capabilities and sustainability of high technology SMEs in order to facilitate their involvement in ESA activities.

Encouraging SME involvement in ESA activities

Leveraging the involvement of SMEs is pursued through special types of Announcements of Opportunities (AOs). These include:

[Leading-Edge Technologies for SMEs \(LET-SME\)](#)

These AOs are fully reserved for SMEs. The LET-SME programme is dedicated to encouraging the "spin-in" to space applications of leading-edge technologies conceived and developed by SMEs.

[Procurements governed by C1-C4 clauses](#)

This refers to AOs which incorporate special policy provisions on the types of enterprises expected to tender for the procurement award. The C1-C4 clauses have been put in place to guarantee fair access to ESA's procurements from all categories of company.

Technical support to SMEs

Several measures have been taken to provide technical support to SMEs:

[ESA training and technical assistance](#)

Each year, ESA organises a number of training programmes targeted towards industries operating in, or looking to enter, the space sector. Priority is given to SMEs,

fonds financera les actions de valorisation de la recherche publique et en particulier la maturation. Une part majoritaire de cette action, à hauteur de 900 M€, sera consacrée à la création d'une dizaine de « sociétés d'accélération du transfert de technologies » (SATT) ;

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

and courses cover key aspects of doing business in space-related industrial fields.

[access to ESA facilities and laboratories](#)

A special scheme has been put in place to permit access by SMEs to ESA's testing facilities and laboratories under favourable conditions.

[SineQuaNet](#)

In November 2005, ESA and the European Commission launched SineQuaNet, a mechanism able to organise, structure and deliver access to technical facilities, expert support and training services for SMEs.

Adaptation of ESA rules and tools

To improve the bidding process and simplify contract conditions, two measures have been taken:

[upgrading ESA's online procurement tool, EMITS](#)

The Electronic Mail Invitation to Tender System (EMITS) is used to publish AOs, and to automatically distribute invitations to tender (ITT) to EMITS registrants. Upgrades made from time-to-time to EMITS aim not only to enhance system usability, but also to improve transparency of ESA's procurement process, and to facilitate networking between prospective industrial partners.

[simplification and streamlining of procedures for small contracts](#)

SMEs are prime beneficiaries of these measures, as many of the contracts awarded to SMEs fall into the class of "small contracts" (<250.000 Euros).

Improved opportunities for business partnership and networking

ESA in general, and the SME Policy Office in particular, have implemented several means to improve networking, information flow, and business partnering - all intended to be of particular benefit to SMEs:

[SME Project](#) and [SME company](#) databases,

the [ESA Industry Portal](#), and the [SME Portal](#)

Bi-yearly [Industry Space Days](#)

The mission of the SME Policy Office translates into the following objectives:

encourage SME involvement in ESA's research & development (R&D) programmes

facilitate access by SMEs to technical support from ESA experts and laboratories

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

adapt ESA's rules and tools to the context of doing business with SMEs

provide relevant information and opportunities for business partnership and networking

This "SME Projects" website is managed by the SME Policy Office. Its aims are:

- to present searchable information on projects and companies, aiming to promote the distinctive competence of SMEs which have already executed projects for ESA, and therefore help create new partnership and business opportunities
- to assist SMEs headquartered in ESA's member, cooperating, and associated States, to gain insights and improve knowledge on business opportunities and potential partners in the space sector.

4.3.4 LOSTESC (Leveraging on Space Technologies to Enhance SMEs' Competitiveness)

Lostesc was an indirect action co-funded by the European Commission - under the 5th Framework Programme - and by the European Space Agency - under the SME Initiative and its Transfer of Technology Programme.

Support for Lostesc project and proposal montage was provided by a group of six consulting companies, each able to tap into their national base of SMEs to identify project & partnering opportunities. The group of six, under the leadership of Technofi (France), comprised:

- Mind Consult OEG, Austria
- Yellow Window, Belgium
- Technofi, France
- Innova S.r.l., Italy
- PrintInova, Portugal
- Asesoria Industrial Zabala S.A., Spain.

Lostesc was tailored to promote the technological skills of innovative SMEs with strong activities in developing space and aeronautics applications. The programme aimed to support their capabilities to reach new markets based on their know-how, and to leverage creation of new business opportunities both within and beyond Europe.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

The goals were threefold:

To detect space or aeronautics technologies within innovative SMEs, capable of adaptation to satisfy needs for similar functionality and levels of performance, in other (non-aerospace) applications' sectors.

To build research & technology development (RTD) projects, where aerospace industry SMEs would be RTD providers for customers having activities in new (non-aerospace) sectors of application.

To build and submit these project proposals for evaluation and eventual selection for funding, according to the procedures of the EC's 5th & 6th Framework Programmes.

Descriptions of the RTD projects selected by the Commission can be found under the menu item "Search Lostesc".

4.3.5 Technology Transfer at ESO

The transfer of ESO developed or promoted technologies to industry can take several forms.

1. Novel technologies that have been developed by ESO or pushed beyond customary limits, or novel combinations of technologies that have been developed by ESO and made available for industrial exploitation.
2. Technologies that have been developed or extended in collaboration with industry through ESO development contracts.
3. Technologies that have been developed or extended by industry through the execution of an ESO procurement contract.
4. ESO developments that have been used for other similar projects elsewhere.
5. ESO patents.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

5 ANEXO: TURISMO ASTRONÓMICO EN CHILE.

El turismo astronómico en Chile surge como externalidad de la actividad científica ligada a la astronomía y ha generado una gran atracción de diversos segmentos.

El turismo astronómico no se limita a la visita de observatorios o centros astronómicos. Se ha convertido en un foco para generar más turismo junto a su entorno. Existe una gran cantidad de paquetes turísticos que tienen como foco el turismo astronómico, pero suelen complementarlos con distintas actividades tales como:

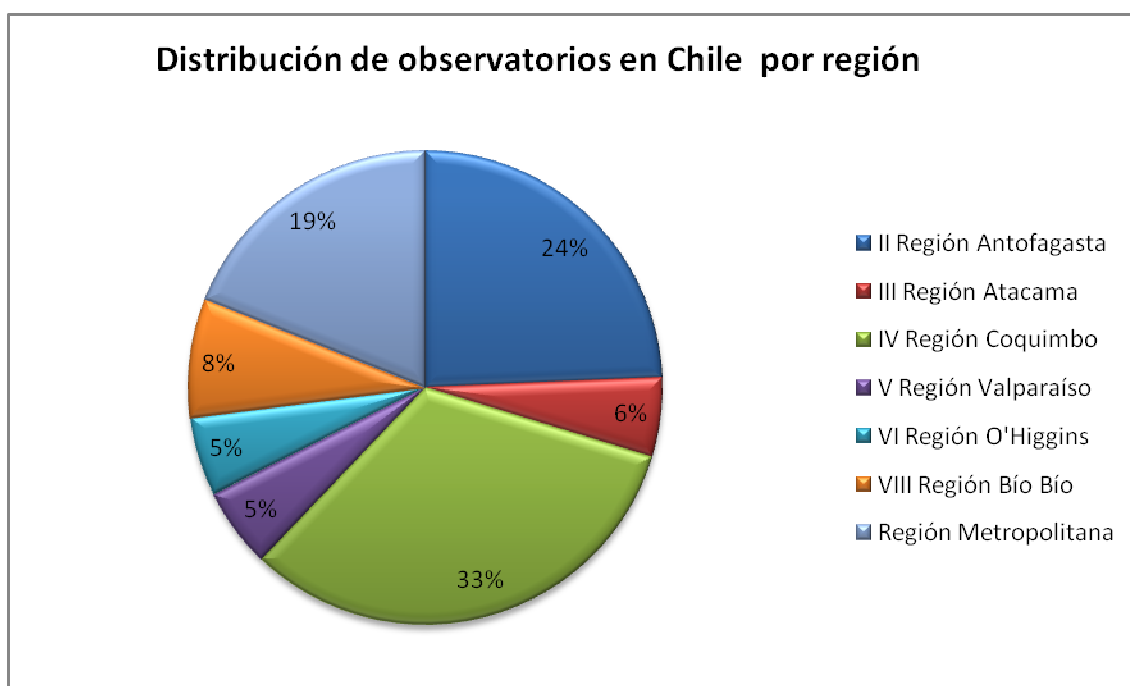
- Cabalgatas.
- Alojamientos.
- Servicios de transporte.
- Degustaciones de vinos o pisco (sobre todo en la región de Coquimbo).
- City tour por viñas u otros paraderos de interés turístico.
- Trekking.
- Ingresos a parque nacionales.
- Ingresos a reservas nacionales
- Arqueología.

Las perspectivas del turismo astronómico son auspiciosas. De acuerdo a Jorge Fernández, encargado del Observatorio Mayu, en el año 2008, 4500 personas visitaron el observatorio significando un aumento del 10% respecto del año 2007. Por otro lado el observatorio de La Silla, señala que por año entre 700 y 1000 astrónomos profesionales, visitan el observatorio científico.

5.1 Centros de astronomía en Chile.

El Norte de Chile se ha convertido en un polo astronómico, dada sus buenas condiciones climáticas, las que permite la generación de observaciones en la mayor parte del año. Junto con ello, existe una baja contaminación lumínica.

Las regiones elegidas principalmente han sido II, III y IV región de Chile. Sin embargo, existen diversos observatorios desde la II a la VIII región.



Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

La IV Región de Coquimbo, aloja al menos un 32% de los observatorios científicos y turísticos. Actualmente esta región se ha posicionado como la región de 'las estrellas', por la gran cantidad de centros astronómicos que posee.

De los 37 centros astronómicos en Chile, se pueden diferenciar entre Centros Astronómicos Científicos, Observatorios de Turismo y Puntos de Observación Amateur.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

5.1.1 Observatorios científicos

5.1.1.1 Centros astronómicos científicos sin actividades de difusión.

El objetivo principal es la ciencia y no abren sus puertas al público.

- ALMA
- VLT
- APEX
- Observatorio Chajnantor.
- Observatorio de la Universidad de Tokyo Atacama (TAO)
- The Cornell Caltech Atacama Telescope (CCAT)
- Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE)
- El Observatorio Cerro Armazones (OCA)
- Observatorio Científico Las Campanas

5.1.1.2 Centros astronómicos científicos con actividades de difusión.

Realizan ciencia, pero además dedican cierto tiempo de manera mensual a la difusión.

- Observatorio Científico Cerro Tololo.
- Observatorio Científico La Silla
- Observatorio Astronómico Melaga.

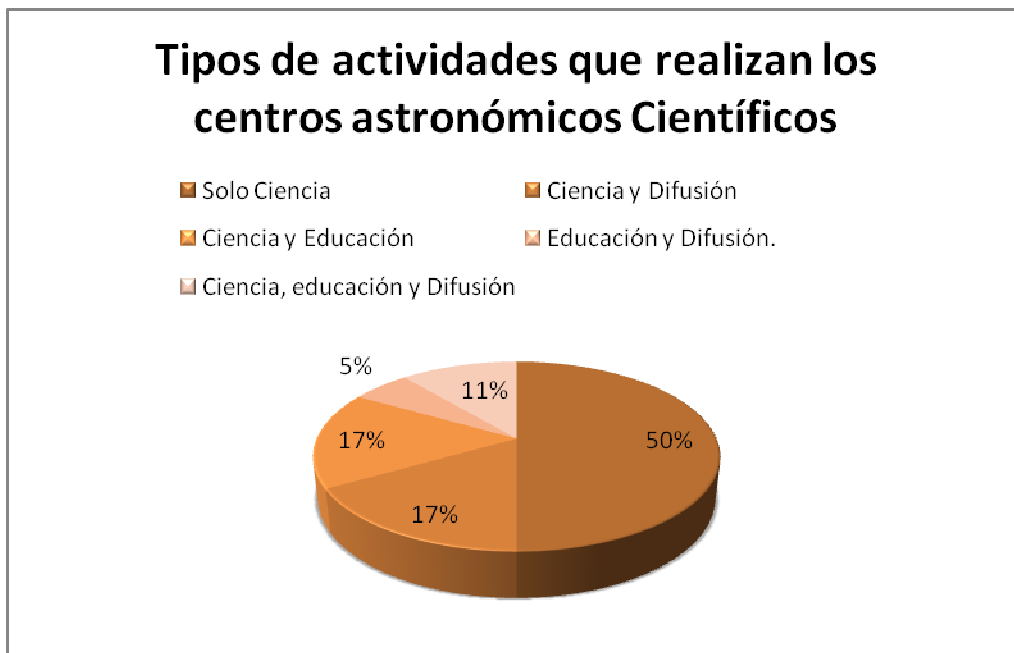
5.1.1.3 Centros astronómicos científicos con actividades de educación.

Realizan ciencia, pero además tienen convenios con universidades por lo cual estudiantes de carreras afines pueden beneficiarse y utilizar sus dependencias.

- Observatorio Científico SOAR
- Observatorio Científico Gemini Sur.
- Observatorio UC

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

- Observatorio Astronómico Nacional, Cerro Calán
- Observatorio UMCE
- Observatorio el Roble.



Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

5.1.2 Observatorios Turísticos

Dentro de esta categoría, se considera observatorio turístico, aquel abierto al turismo y a la difusión de la astronomía.

Los observatorios que sólo se dedican al turismo astronómico, en los cuales dentro de sus servicios se encuentran Tours, observaciones, o diversos packs turísticos, en los cuales además de la visita al observatorios, también dedican tiempo a visitar otros tipos de pasajes turísticos son:

- Observatorio Turístico Inca de Oro (CAIO)
- Observatorio Turístico Cerro Mayu

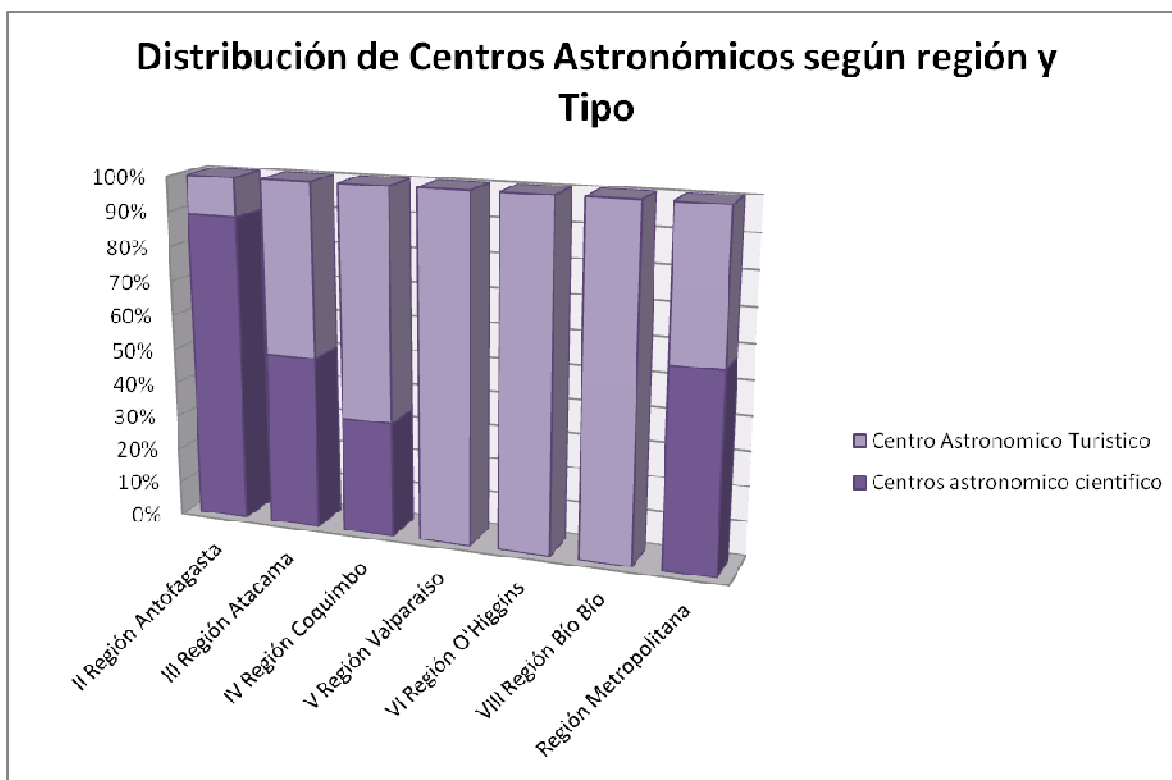
“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

- Observatorio Turístico Mamalluca
- Observatorio Cancana Cochiguaz
- Observatorio Turístico Cruz del Sur
- Observatorio Turístico Collowara
- Observatorio Turístico del Pangué
- Hacienda de las Estrellas (L'Hacienda des Étoiles)
- Observatorio Turístico Mamana(noche) / Observatorio Turístico Inti-Runa (solar)

Observatorios que se dedican al turismo y la difusión de la astronomía, entendiéndose como difusión, cursos o talleres de astronomía básica hacia la comunidad general, ya sean estudiantes de enseñanza básica, media, público en general y aficionados:

- Observatorio Astronómico Pocuro – Valle del Aconcagua
- Observatorio Cerro Pochoco
- Observatorio Astronómico Andino (OAA)
- Observatorio Turístico Roan – Jasé
- Observatorio Turístico Cerro Chamán (Viña Santa Cruz)
- Centro Astronómico Tagua Tagua
- Observatorio Turístico Elke
- Observatorio Astronómico Cielos de Shangril-La
- Observatorio Astronómico Amateur Antares
- SPACE : San Pedro de Atacama Celestial Explorations.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”



Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

5.1.3 Puntos de observación

En estos lugares aficionados a la astronomía pueden realizar sus observaciones. Actualmente existen algunas agencias de viajes que contemplan estos lugares como escalas dentro de un pack turístico.

II Región Antofagasta.

- Hito trópico capricornio
- Chiu Chiu
- Tamaguro

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

- Caspana
- Canar
- Beter
- Machuca-Cuesta el quirquincho
- Aldea de Tulor
- Toconao-Quebrada de Jerez.
- Cráter de Monartaraqui
- Tilo Monto.

IV región Coquimbo.

- Tres cruces
- Camino cerro la silla
- Chañar
- Andacollo
- Romeral alto
- Ovalle e interiores
- Cerro Mamalluca
- Diaguitas
- La campana
- Paihauano
- Quebrada de Pinto
- Monte Grande
- Cochiguaz-Rio Magico
- Pisco Elqui-Horcon.

5.2 Actividades y costos de los Observatorios Turísticos en Chile.

De 19 observatorios turísticos en Chile, alrededor de 9 pertenecen a agentes privados, 6 a la municipalidad del lugar donde se encuentran, uno universitario y tres que no especifican su pertenencia.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”



Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

5.2.1 Costo de observaciones astronómicas turísticas.

De 23 observatorios que reciben visitas a sus dependencias, tanto observatorios turísticos como observatorios científicos que han abierto sus puertas para realizar difusión de la astronomía en Chile, 20 son pagados.

Los costos por observación se presentan en la siguiente tabla.

Costos de observación de observatorios turísticos en Chile.

	Adultos	Estudiantes y niños	Otros estudiantes/ delegaciones/ 3ra edad
Observatorio Turístico Inca de Oro (CAIO)	\$ 2.000	\$ 1.000	
Observatorio Turístico Cerro Mayu	\$ 2.500	\$ 1.000	\$ 1.500
Observatorio Turístico Mamalluca	\$ 3.500	\$ 1.500	\$ 2.500
Observatorio Turístico Cruz del Sur	\$ 2.500	\$ 1.500	
Observatorio Turístico Collawara	\$ 3.500	\$ 2.500	\$ 2.500
Observatorio Turístico Mamana(noche) Observato	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 6.000
Observatorio Cerro Pochoco	\$ 2.500	\$ 1.500	
Observatorio UC	\$ 2.500	\$ 1.000	
Observatorio Turístico Roan – Jasé	\$ 7.000	\$ 5.000	
Observatorio Astronómico Melaga	\$ 10.000	\$ 5.000	
Observatorio Cancana Cochiguaz	\$ 6.000		
Centro Astronómico Tagua Tagua	\$ 5.000	\$ 3.000	
Observatorio Turístico Elke	\$ 1.000	\$ 500	
Observatorio Astronómico Cielos de Shangril-La	\$ 8.000		
	Adultos	Estudiantes y niños	Otros estudiantes/ delegaciones/ 3ra edad
promedio	\$ 4.429	\$ 2.458	\$ 3.125
menor costo	\$ 1.000	\$ 500	\$ 1.500
Mayor costo	\$ 10.000	\$ 6.000	\$ 6.000

Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

El rango de precios una observación astronómica turística según rango etario es:

Adulto: el precio de la observación va desde \$1.000 a \$ 10.000 CLP.

Estudiantes y Niños: el precio de la observación va desde \$ 500 a \$ 6000 CLP.

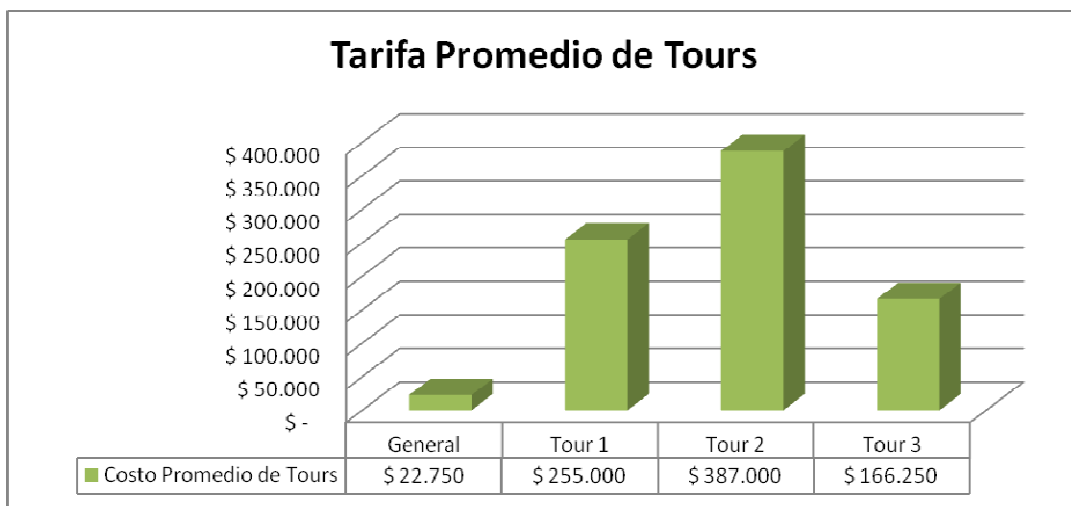
Otros estudiantes, 3era edad, o delegaciones: el precio de la observación va desde \$ 1.500 a \$ 6.000.

Para cada observación existe una cantidad de cupos disponibles promedio de 15 personas, en general la cantidad mínima es de 8 personas por grupo de observación.

5.2.2 Tarifa promedio de Tours astronómicos.

La tarifa promedio de los Tours se calcula en base a 6 observatorios que cuentan con este servicio. Los tours suelen poseer servicios de hospedaje, transporte, guía turístico, entre otros servicios. Cada organización tiene su propio paquete de servicios.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”



Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

Los observatorios que cuentan con servicios de Tours, tiene al menos 3 distintos formatos a los cuales pueden optar los visitantes, junto con ello existe una tarifa general. Las tarifas asociadas a los distintos tours son los siguientes.

General: esta tarifa tiene un valor que va entre los \$ 15.000 a \$ 45.000 CLP.

Tour 1, 2 y 3: Poseen una tarifa que va desde los \$ 52.000 a \$ 630.000 CLP.

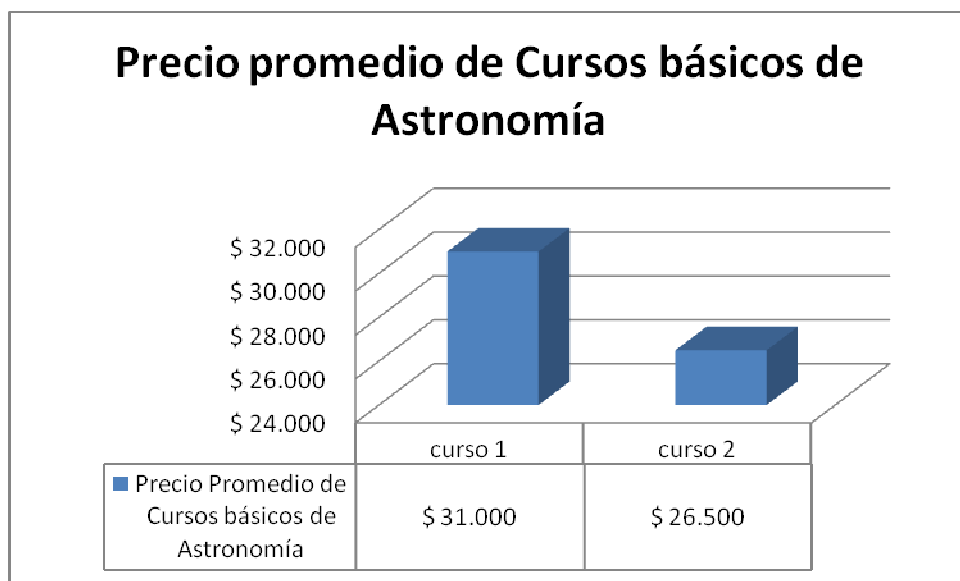
Para cada tour existe una cantidad de cupos disponibles promedio de 15 personas, sin embargo la cantidad mínima para hacer este tipo de tours es mayor a 2 personas.

5.2.3 Precio promedio de cursos básicos de astronomía.

Existen 3 observatorios en Chile que ofrecen cursos de astronomía básica a la comunidad, los cuales son:

- Observatorio Astronómico Nacional, Cerro Calán
- Observatorio Turístico Roan – Jasé
- Observatorio Turístico Elke.

Sus precios promedios se presentan en el siguiente grafico.



Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

5.3 Atracción de Turistas Europeos

El turismo astronómico en Chile está primordialmente dirigido al turista Europeo. Agencias web como AndesWines¹⁷, o Ingservtur¹⁸, han hecho enormes esfuerzos de marketing en Europa desde el año 2008, poniendo énfasis en los atractivos turísticos relacionados con la astronomía en Chile. Según el estudio de marketing realizado por Gabriel Ayala, ingeniero industrial de la Universidad de Chile, el turista europeo viene a países tan lejanos como Chile por un turismo específico y su comportamiento es mucho menos estacional que el de los turistas nacionales.

Esto también es influido por variables, culturales, de residencia, géneros, demografía en general.

Hasta el momento Chile no cuenta con las condiciones óptimas para recibir a este tipo de extranjeros, puesto que regiones astronómicas como Atacama, Antofagasta o Coquimbo, poseen una pobre gama de servicios de hospedajes y transportes.

Localidades cercanas a los observatorios turísticos no cuentan con hoteles de 4 o 5 estrellas.

5.4 Ingresos por turismo

Según el último informe de turismo realizado por INE en el año 2010, la cantidad de extranjeros llegados a Chile fue de 935 Millones.

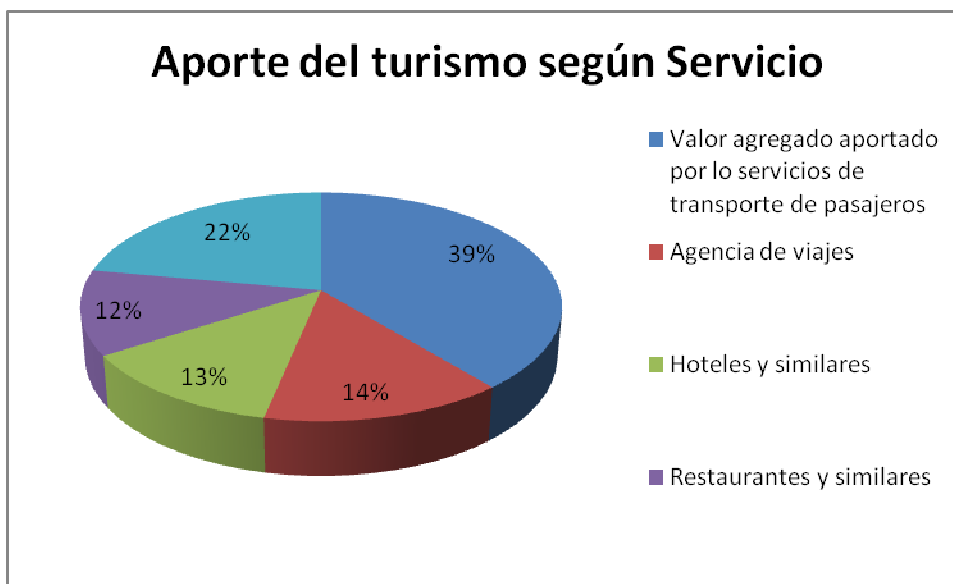
Según el mismo INE¹⁹, las Regiones que abarcan el mayor número de pernoctaciones son Santiago, Valparaíso, y Antofagasta.

¹⁷Primera agencia que relaciona las rutas del vino con el turismo, en países Italia, Portugal, España, Inglaterra y Suramérica. <http://www.andeswines.com>

¹⁸ Agencia de viaje perteneciente de la región de Coquimbo, <http://www.ingservtur.cl/>

¹⁹ Informe anual de turismo año 2010 INE, anexo 4.

Se estima un aporte en divisas para Chile igual a US\$ 2.039,8 millones sólo por visitantes extranjeros. INE en su reporte anual de turismo, informó que el aporte del Turismo a la economía nacional, en el año 2010, fue de un 3,23% del PIB nacional, donde el aporte porcentual según actividad relacionada con el turismo se representa en el siguiente gráfico.



Fuente: elaboración propia a partir de información en Internet

En cuanto al turismo interno, es posible determinar que durante el año 2010 se registró un total de 3.336.612 llegadas de chilenos a establecimientos de alojamiento turístico, de los cuales el 53,0% provenía de la región Metropolitana, seguidas de Bío Bío con un 8,5%, y Antofagasta con un 7,6%.

En cuanto a la cantidad total de pernoctaciones en hoteles, moteles, apart hoteles, residenciales o cabañas, fue de 6.642.634, donde las regiones que alojan la mayor cantidad de turistas chilenos son la Metropolitana, Valparaíso, Antofagasta y Biobío.

Entre visitantes extranjeros y nacionales que recorren Chile existe una gran diferencia sobre el gasto dispuesto para el turismo y sus derivados. El año 2010 el gasto individual promedio diario de extranjeros, fue de US\$ 53,1, equivalentes a unos \$ 26.531 CLP (Dólar al 14/11/11 = 499,66), lo cual es el doble de lo que un turista nacional está dispuesto a

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

gastar en promedio por día: 10.508,5 CLP. Estos datos fueron obtenidos de los reportes “Principales características del turismo extranjero que visita Chile, nivel de gasto promedio individual año 2009-2010”, del Servicio Nacional de Turismo, junto con el Informe Anual del Turismo 2010 desarrollado por INE.

5.5 Iniciativas público – privadas para potenciar el turismo astronómico

- Proyecto Junaeb- Observatorio Cruz del Sur. Astroturismo Cultural: “Acercando la Astronomía a la Comunidad Escolar”.
- Feria VYVA donde Sernatur expuso al turismo astronómico un nuevo atractivo de la región de Coquimbo
- II Congreso de Profesionales de Turismo, poniendo énfasis en el turismo y emprendimiento derivado de la astronomía. Con charlas afines.
- AstroDay y viaje al universo; actividad realizada por Sernatur en conjunto con la Universidad de la Serena y el municipio local, con el objeto de acercar la astronomía a la comunidad chilena.
- Planificación y desarrollo de proyectos en conjunto con la mesa regional del turismo, donde la Corporación de Desarrollo Productivo junto a Sernatur, Sercotec, Fosis, Sence y Pro- Chile y con el respaldo del Seremi de Economía, realizó la cuarta sesión de la mesa de trabajo que permite la integración entre entes públicos y privados para el desarrollo turístico regional. El turismo astronómico fue uno de los temas a discutir.
- Corfo por su parte en el año 2010, invirtió más de 10 mil millones para fomentar la competitividad del sistema productivo de la región de Coquimbo.

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”

Bibliografía.

INE informe anual turismo 2009.
INE informe anual turismo 2010.
Comercio y servicios informe anual 2009.
Turismo interno: comportamiento de turistas según su procedencia.
Observatorios astronómicos.
Flujos de demanda turismo interno 2010, sernatur.
Turismo receptivo en Chile 2010.
Andeswine.com
ingservtur.cl
www.circuloastronomico.cl/observatorios/observatorios.html
www.turismoastronomico.cl/observatorios-astronomicos.html
<http://www.seti.cl/listado-de-observatorios-astronomicos-cientificos-y-turisticos-de-chile/>
http://odp-e.blogspot.com/2009/11/tarifas-y-reservas_22.html
<http://www.observatoriocruzdelsur.cl/tarifas.htm>
<http://astrochili.free.fr/situation.html>
<http://observatorio-chile.blogspot.com/>
http://www.lobarnechea.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=261&Itemid=307
<http://issuu.com/lacalavera/docs/oaa1>
<http://www.seti.cl/listado-de-observatorios-astronomicos-en-chile/>
http://www.das.uchile.cl/cursos_astro.php
<http://www.astro.puc.cl/observatorio/Visitas/>
<http://www.roanjase.cl/observatorio/ofertasypromos.php>
<http://observatorioroanjase.blogspot.com/>
<http://www.jaja.cl/?a=96353>
<http://mesdelcielo.blogspot.com/>
<http://www.seti.cl/listado-de-observatorios-astronomicos-en-chile/>

“Estudio capacidades y oportunidades para la industria y academia en las actividades relacionadas o derivadas de la astronomía y los grandes observatorios astronómicos en Chile”