

El Impacto Económico y Social de la Astrofísica en Canarias

El Impacto Económico y Social de la Astrofísica en Canarias

Agradecimientos

El equipo de investigación desea agradecer la inestimable colaboración prestada por Anselmo Sosa Méndez, Alberto Escobar Rodríguez y Alfredo García Piñero, miembros de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación del IAC tanto en la obtención de la información necesaria como en las sugerencias planteadas sobre diversos aspectos del estudio. Asimismo, agradecemos la ayuda en la recopilación de la información económica facilitada por Margarita Ávila Miranda y Dionisio Pérez de la Rosa del Área de Gestión Económica y Presupuestaria del IAC. Igualmente, agradecemos la valiosa ayuda ofrecida por Jesús Burgos Martín, administrador del IAC.

Por último, deseamos agradecer la colaboración prestada por las siguientes instituciones usuarias de las instalaciones ubicadas en los Observatorios de Canarias: European Space Agency, Centre National de la Recherche Scientifique (Francia), Leibniz-Kiepenheuer Institute for Solar Physics (Alemania), New Jersey Institute of Technology (USA), Instituto de Astrofísica de Canarias (España), Katholieke Universiteit Leuven (Bélgica), Institut Sterrenkunde (Bélgica), Nordic Optical Telescope Scientific Association (Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia), Istituto Nazionale di Astrofisica (Italia), Isaac Newton Group of Telescopes (Reino Unido), University of Stockholm (Suecia), University of Warwick (Reino Unido), University of Florida (USA), Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica y Universidad Nacional Autónoma (México), GRANTECAN (España), Consorcios internacionales MAGIC y LST. Su contribución, respondiendo los cuestionarios solicitados y atendiendo las cuestiones que les fueron requeridas, ha resultado crucial para la realización de este estudio.

Agradecemos el valioso asesoramiento en las cuestiones metodológicas ofrecido asesoramiento en las cuestiones metodológicas ofrecidos por los profesores Pedro Gutiérrez Hernández y Álvaro González Lorente del depar-

tamento de Economía Aplicada y Métodos Cuantitativos de la Universidad de La Laguna. Por último agradecemos el apoyo y las gestiones realizadas por el director de la Cátedra Cajasieta de Economía Social y Cooperativa (CES-CO), Cándido Román Cervantes, que han sido fundamentales para la realización de este estudio.

Equipo de Investigación:

- Juan José Díaz Hernández. Departamento de Economía, Contabilidad y Finanzas, ULL (Investigador principal).
- Eduardo Martínez Budría.

Investigador principal:	Juan José Díaz Hernández Departamento de Economía, Contabilidad y Finanzas Facultad de Economía, Empresa y Turismo. Campus de Guajara s/n. C.P. 38200 San Cristóbal de La Laguna. S/C de Tenerife E-mail: jjodiaz@ull.edu.es Tfno: 922845402
Fotografías:	Fotografías: Pablo Bonet, Daniel López, Pablo López, Gabriel Pérez e IAC.
Imagen de portada:	Telescopio MAGIC y GTC (al fondo) con la Vía Láctea en el ORM.
Depósito Legal:	TF 778-2018

Índice:

Resumen ejecutivo.....	8
1. Introducción.....	12
2. El Sector de la Astrofísica en Canarias.....	14
2.1. El Instituto de Astrofísica de Canarias.....	14
2.2. Las Instituciones Usuarias de los Observatorios de Canarias.....	19
2.3. El sector empresarial proveedor del Sector de la Astrofísica en Canarias.....	20
3. Estructura de gastos y empleo del sector de la Astrofísica en Canarias.....	24
3.1. Estructura de las compras del Sector de la Astrofísica en Canarias.....	24
3.1.1. Estructura de las compras del Instituto de Astrofísica de Canarias.....	25
3.1.2. Estructura de las compras de las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias.....	26
3.1.3. Estructura de las compras del sector empresarial proveedor al Sector de la Astrofísica en Canarias.....	27
3.2. Estructura del empleo y las rentas salariales del Sector de la Astrofísica en Canarias.....	28
4. Impacto económico y social del SAC.....	32
4.1. Efectos directos, indirectos e inducidos generados por el Sector de la Astrofísica en Canarias.....	32
4.2. Impacto económico total del Sector de la Astrofísica en Canarias sobre la producción, el Valor Añadido Bruto, el empleo y las rentas salariales.....	33
5. Impacto económico y social del Sector de la Astrofísica en Canarias.....	36
5.1. Impactos directos, indirectos e inducidos generados por el Instituto de Astrofísica de Canarias, las instituciones usuarias y el sector empresarial.....	36
5.2. Impacto económico total generado por el Instituto de Astrofísica de Canarias, las instituciones usuarias y el sector empresarial.....	36
6. Contribución del Sector de la Astrofísica en Canarias a la Hacienda Pública y a la Tesorería General de la Seguridad Social.....	40
6.1. Contribución del Sector de la Astrofísica en Canarias a la recaudación tributaria.....	40
6.2. Contribución del Sector de la Astrofísica en Canarias a la Tesorería General de la Seguridad Social.....	41
7. Impacto económico y social del Sector de la Astrofísica en Canarias en Tenerife y La Palma.....	42
7.1. Estructura de compras, empleo y rentas salariales en Tenerife y La Palma.....	42
7.2. Impacto económico y valor final de la producción, el valor añadido bruto, el empleo y las rentas salariales en Tenerife y La Palma.....	45
7.3. Contribución a la Hacienda Pública y a la Tesorería General de la Seguridad Social en Tenerife y La Palma.....	46
8. Análisis de la eficiencia del gasto del Sector de la Astrofísica en Canarias.....	48
9. Impacto económico y social a largo plazo de la Astrofísica en Canarias.....	52
9.1. Desarrollo de las Grandes Infraestructuras Científicas proyectadas en Canarias.....	52
9.2. El astroturismo: un nuevo modelo de negocio sostenible.....	59
10. Referencias.....	60
Anexo 1.....	64
Anexo 2.....	70
Anexo 3.....	72
Índice de tabla y figuras.....	76
Acrónimos.....	78

Resumen ejecutivo

El sector de la Astrofísica en Canarias (SAC) está integrado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), las instituciones usuarias (IUs) de los Observatorios de Canarias (OOCC), y un conjunto de empresas públicas y privadas que proveen de los servicios necesarios para el desarrollo de sus tareas investigadoras, docentes y de divulgación científica.

Tras su constitución en 1982 como un consorcio público integrado por la Administración General del Estado, la Administración Pública de la Comunidad Autónoma de Canarias, la Universidad de La Laguna y el Consejo Superior de Investigación Científica, el Instituto de Astrofísica de Canarias ha desempeñado un papel crucial como promotor y coordinador de la actividad científica desarrollada en los OOCC. La excelencia alcanzada con su producción científica ha quedado acreditada con su selección como Centro de Excelencia Severo Ochoa, el mayor reconocimiento institucional a la investigación científica en España. A ello habría que añadir la contribución del IAC a la formación de personal altamente cualificado. Su activa participación en actividades docentes, con un ambicioso programa de doctorado y un máster de Astrofísica, unido a las numerosas colaboraciones y al hecho de que en 2016 se acogiese a más de 225 investigadores de 18 países, ha consolidado al IAC como centro de reconocido prestigio internacional. Las excelentes condiciones naturales para la observación astronómica han atraído a Canarias a más de 75 instituciones públicas y/o privadas de 25 países, que eligieron estos observatorios para establecer sus instalaciones e instrumentos científicos, consolidando a Canarias como una reserva astronómica en el hemisferio norte.

La producción de conocimiento científico y la transferencia tecnológica han requerido de un sector productivo que abastezca al IAC y a las instituciones usuarias de los Observatorios de todos aquellos bienes y servicios necesarios para el correcto desarrollo de sus tareas. En este sentido, al amparo de la actividad promovida por la Astrofísica en Canarias, ha crecido un sector empresarial dedicado a la provisión de todo tipo de suministros (energía, agua, productos químicos e instrumentos mecánicos) y a la prestación de servicios de alojamiento, restauración, transporte y servicios auxiliares en las instalaciones astrofísicas, con especial importancia a los

servicios vinculados a la organización de congresos, cursos y otros eventos culturales promovidos por el SAC.

A pesar del consenso dentro de la comunidad científica sobre la relevancia de la actividad científico-tecnológica desarrollada por el SAC, la contribución de la Astrofísica al desarrollo socio-económico de Canarias no ha sido suficientemente difundida. Los resultados más relevantes de este estudio de impacto económico y social permiten concluir que la Astrofísica genera significativos efectos económicos sobre la producción, el valor añadido bruto, el empleo el pago de rentas salariales y la contribución del SAC a las Administraciones Públicas. A ello habría que añadir los beneficios económicos y sociales que pueden derivarse para Canarias de la instalación en sus observatorios de algunos de los más avanzados telescopios que se proyectan construir en los próximos años, así como el fomento de nuevos modelos de turismo sostenibles como es el caso del astroturismo.

La grave crisis económica sufrida en los últimos años ha acentuado la necesidad de impulsar nuevas estrategias de desarrollo económico para diversificar la estructura productiva canaria, al tiempo que mediante la inversión en investigación y desarrollo se fomenten nuevos modelos de negocio sostenibles y de alto valor añadido. Frente a este reto y en un contexto internacional cada vez más competitivo y en continua transformación, el sector de la Astrofísica en Canarias supone una opción válida a fortalecer dada la notable capacidad de generación de valor añadido, empleo y riqueza de manera respetuosa con el medio ambiente, tal y como queda demostrado en este estudio.

Entre los resultados obtenidos destaca el significativo efecto multiplicador de la actividad astrofísica, es decir, el impulso que sus acciones tiene sobre el conjunto de la economía. Así, a través de la utilización combinada del modelo de relaciones inter-industriales basado en las Tablas input-output y el modelo del multiplicador keynesiano del gasto, se ha estimado el impacto económico sobre la producción, el valor añadido bruto, el empleo y las rentas salariales para el año 2016. Se incluyen en esta valoración de impacto los efectos directos e indirectos derivados de las compras efectuadas por el SAC y los efectos inducidos ocasionados por las rentas salariales abonadas. Así, se concluye que por cada euro gastado en la compra de bienes y servicios necesarios para el de-

arrollo de sus actividades, el SAC contribuyó al Producto Interior Bruto canario por valor de 3,56 euros. Otro resultado obtenido muestra que por cada millón de euros gastado por el SAC se generan en otros sectores un total de 45 empleos anuales a tiempo completo.

La valoración final de la actividad productiva impulsada por el SAC incluye tanto el valor directamente generado dentro del SAC como el impacto económico sobre el resto de la economía anteriormente comentado. Así, se estima que el valor final de la producción de bienes y servicios derivados de la actividad del SAC para el año 2016 ascendió a algo más de 124 millones de euros. Asimismo, la actividad realizada por el SAC dio lugar a la creación de 1.554 empleos anuales a tiempo completo, incluyendo tanto el empleo contratado directamente por el SAC como el generado en el resto del sector productivo canario, a partir de sus compras y del pago de rentas efectuado.

Un aspecto destacable en este estudio de impacto de la Astrofísica en Canarias es la valoración de la contribución que la actividad impulsada por el SAC tuvo en el año 2016, tanto sobre la recaudación impositiva de las administraciones tributarias estatal y autonómica como sobre las cotizaciones sociales pagadas a la Tesorería General de la Seguridad Social. Los resultados muestran que el SAC contribuyó, directa e indirectamente, a la recaudación tributaria de la administración estatal y autonómica por valor de más 8.856.805 euros, de los que algo más de 6.1 millones de euros fueron a las arcas públicas de la Comunidad Autónoma de Canarias. Este resultado pone de manifiesto que por cada euro recibido en concepto de transferencia de esta comunidad autónoma, el SAC contribuye a la misma con 1,34 euros vía el pago de impuestos. Además, el empleo generado por el SAC dio lugar al pago de cotizaciones sociales por valor superior a los 12,6 millones de euros. Por tanto, tanto por la vía de impuestos como de cotizaciones sociales, las administraciones públicas estatal y autonómica recibieron un retorno procedente de la actividad desarrollada por el SAC que asciende a aproximadamente 21,5 millones de euros, lo que significa que por cada euro de transferencia recibida de las administraciones públicas españolas que financian el IAC, el sector de la Astrofísica en Canarias generó un retorno de 1,41 euros.

Este análisis del impacto económico y social de la Astrofísica ha permitido valorar la contribución en las dos islas donde se concentra principalmente esta actividad astronómica. Así se observa que, si bien la actividad productiva del SAC en Tenerife representa el 0,43% del PIB insular y el 0,34% del empleo asalariado, la importancia relativa del SAC en La Palma es significativamente más elevada, representando el 3,3% del PIB insular y el 2,3% del empleo asalariado a tiempo completo en la isla, resultado este que pone de manifiesto su significativa contribución a la economía palmera.

Al margen de estos impactos económicos, deben considerarse otros aspectos igualmente beneficiosos para la economía y sociedad canaria que aunque de difícil valoración monetaria, no son por ellos menos relevantes de cara a su posible aportación al futuro desarrollo económico y social de Canarias. Entre estas otras consideraciones debemos destacar la capacidad del SAC para atraer nuevas e importantes inversiones a Canarias, principalmente por la vía de la construcción y funcionamiento de Grandes Telescopios de interés mundial, así como la de potenciar el desarrollo de colaboraciones con instituciones públicas y/o privadas para promover la transferencia de tecnología a múltiples campos. Esta nueva línea de trabajo se plantea como un embrión de nuevas iniciativas de negocio de alto valor añadido que podrían dinamizar una actividad empresarial generadora de riqueza y nuevas oportunidades de empleo en Canarias.

La población de Canarias está imbuida de la importancia que tienen los Observatorios y sus instalaciones presentes y futuras. La difusión de la Ley del Cielo ha sensibilizado especialmente a los habitantes de La Palma, que no sólo aprecian y valoran el cielo que poseen sino que además asumen la importancia de cuidarlo. Por otra parte, desde la sede central del IAC, en La Laguna, se ha realizado un esfuerzo muy importante para sensibilizar a los residentes y visitantes de la isla de Tenerife, acercándoles la ciencia realizada en ambos observatorios a la vez que se destaca la importancia de cuidar el cielo, minimizando el impacto negativo que en éste se pueda tener.

Desde el punto de vista del enriquecimiento cultural, no hay duda que la Astrofísica es una de las ciencias experimentales que suscita mayor interés en la sociedad. Por ese motivo, se invierte de manera regular en diversas actuaciones de difusión de la ciencia. Entre ellas destacan

la elaboración de material audiovisual sobre las instalaciones astrofísicas y los avances científicos logrados, el desarrollo de sitios webs de promoción de la astronomía, la organización de charlas de divulgación y visitas guiadas a los Observatorios y la organización de exposiciones temáticas. Todas estas actividades de difusión han permitido a la población escolar y, en general, a toda la ciudadanía extraer una inestimable experiencia y familiaridad con la Astrofísica, a seguir y apoyar de manera más cercana los éxitos de las instalaciones que alberga, a crear un sentimiento de orgullo hacia las mismas y a crear, por tanto, un interés general por propiciar y acoger nuevas instalaciones científicas en sus observatorios.

Contribución del SAC (2016)

Efecto multiplicador (en €) de gastos en compra de bienes y servicios	3,56 euros de PIB canario por cada euro gastado
Nº de puestos de trabajo (empleo generado) por cada millón de euros gastado	45 empleos anuales a tiempo completo
Nº de puestos de trabajo totales (empleo directo + generado)	1554 empleos anuales a tiempo completo
Valor final de producción de bienes y servicios	124 mill de euros
Recaudación tributaria estatal y autonómica	8,85 mill de euros

A la derecha, Telescopio Nazionale Galileo con la Vía Láctea en el ORM



1.

Introducción

El conocimiento científico es uno de los pilares básicos en el desarrollo de las sociedades modernas. Las oportunidades que se derivan de las actividades de investigación se traducen en un proceso de desarrollo económico a través de la innovación y la capacitación laboral. No obstante, los beneficios derivados del desarrollo científico y de la transferencia de conocimiento se extienden más allá del ámbito estrictamente económico, posibilitando además significativos avances en el respeto al medio ambiente y en el fomento de la cohesión social.

Frecuentemente, desde diferentes ámbitos se enfatiza la necesidad de reorientar el modelo productivo hacia nuevas actividades generadoras de mayor valor añadido al tiempo que sean social y medioambientalmente sostenibles. En esta línea, el sector productivo ligado al conocimiento y al desarrollo tecnológico adquiere protagonismo como catalizador de ese cambio de la estructura productiva.

En el caso particular de Canarias, el sector dedicado a la investigación Astrofísica está llamado a desempeñar un rol destacado como motor que impulsa desde el ámbito científico-tecnológico esa transformación. Este sector, al que en adelante nos referiremos como el Sector de la Astrofísica en Canarias (SAC), está integrado por un conjunto diverso de agentes que se dedican tanto al desarrollo de la actividad propiamente científica, como a la prestación de una variada oferta de servicios necesarios para el adecuado desarrollo de aquella.

En este estudio se asume que el SAC está compuesto por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), las instituciones usuarias (en adelante, las IUs) de los Ob-

servatorios del Teide en Tenerife (OT) y del Roque de los Muchachos en La Palma (ORM), y un conjunto de empresas públicas y privadas que proveen de los servicios necesarios para el desarrollo de estas actividades relacionadas con la Astrofísica en Canarias.

Desde el ámbito científico y académico es notoria la excelencia alcanzada por este sector liderado por el IAC, tanto en la producción de conocimiento como en la formación de personal altamente cualificado. Sin embargo, todavía no se ha estudiado el papel que el SAC ha desempeñado como motor económico del sistema productivo en Canarias. Además, el SAC genera oportunidades de empleo de alto valor añadido, y, en particular, el IAC se ha convertido en un activo captador de importantes inversiones que contribuyen a desarrollar y modernizar la estructura económica y social en Canarias.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar y cuantificar el efecto económico que el SAC produce sobre la economía canaria, medido este efecto sobre cuatro variables fundamentales: Valor de la Producción, Valor Añadido Bruto (VAB), Rentas Salariales y Empleo, utilizando un modelo de impacto económico. Estos modelos dividen el impacto económico total sobre las cuatro variables mencionadas en tres tipos de efecto: directo, indirecto e inducidos.

Los efectos directos son los generados por las compras que el SAC realiza a las empresas canarias. A su vez, las empresas receptoras de las demandas del SAC realizan compras a otras empresas para satisfacer la demanda inicial, produciéndose un encadenamiento de demandas interindustriales que afectan a diferentes ramas de la economía que constituyen los efectos indirectos. Finalmente, tanto el SAC como todas las empresas afectadas emplean trabajadores a los que pagan rentas salariales que se transforman en demandas de consumo de las familias lo que, a su vez, produce un nuevo impulso a la economía que se denomina efecto inducido.

Los efectos directos e indirectos se van a obtener a través de la metodología Input-Output, mientras que los efectos inducidos se van a calcular mediante el modelo del multiplicador keynesiano.

Si bien los estudios de impacto económico limitan su atención al análisis de los efectos sobre la producción de bienes y servicios, el VAB, el empleo y las rentas sala-

riaes, este trabajo presenta como novedad la medición de la contribución del SAC a la recaudación impositiva de la hacienda pública y a las cotizaciones realizadas a la Tesorería General de la Seguridad Social.

El trabajo se organiza tal y como se detalla a continuación.

En la **sección 2**, se describe la estructura del SAC, presentando a los diferentes agentes que lo integran. Se detallan las actividades productivas desarrolladas por cada agente así como las relaciones económicas que se establecen entre ellos, cuya valoración es el objetivo principal de este trabajo.

En la **sección 3**, se analizará la estructura de gastos y el empleo del IAC, de las IUs, de los OOCC y de las empresas que ofrecen servicios demandados por el resto del SAC, unas demandas de bienes y servicios al resto del sector productivo que son el desencadenante de los impactos a corto plazo del SAC sobre la economía canaria.

En la **sección 4**, se presentará brevemente la metodología empleada en este estudio de impacto económico y social que combina el modelo construido a partir de las tablas input-output de Canarias del año 2005 proporcionadas por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) y el modelo del multiplicador keynesiano del gasto. Además, en esta sección 4 se evalúa el impacto económico y social a corto plazo del SAC sobre la producción, el Valor Añadido Bruto (VAB), el empleo y las rentas salariales, además de analizar la eficiencia del sector astrofísico como generador de actividad económica en Canarias.

En la **sección 5** se calcula el impacto económico total de manera desagregada para cada uno de los integrantes del SAC. Así, se medirá el impacto económico y los valores finales de la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales para el IAC, las IUs y el sector empresarial.

En la **sección 6** se estimarán los efectos sobre la recaudación impositiva obtenida por la hacienda pública a través del pago del impuesto sobre la renta de las personas físicas (IRPF), del impuesto general indirecto canario (IGIC), de otros impuestos sobre la producción y de los impuestos locales que se derivan de la actividad económica del SAC. De igual forma, se medirá la contribución a la Tesorería General de la Seguridad Social

realizadas a partir de las cotizaciones abonadas tanto por cuenta de la empresa como del trabajador cuyas actividades productivas están relacionadas con el SAC.

La actividad productiva promovida por el sector astrofísico se localiza mayoritariamente en las islas de Tenerife y La Palma, coincidiendo con la ubicación de los observatorios y de las instalaciones del IAC. En la **sección 7** se mostrará una aproximación a la distribución territorial de los efectos calculados separando el impacto económico en cada una de estas dos islas.

En la **sección 8** se analiza la eficiencia del gasto realizado por el SAC como generador de actividad económica en Canarias. Para ello, se calculan los multiplicadores del gasto sobre el valor final de la producción, el VAB, el empleo, las rentas salariales y las contribuciones a la recaudación impositiva y a las cotizaciones sociales.

La **sección 9** presenta un análisis cualitativo de los impactos económicos y sociales a largo plazo de la actividad desarrollada por el SAC, centrando la atención en los nuevos proyectos en marcha relativo a la construcción en los Observatorios de Canarias de grandes instalaciones científicas y al análisis de nuevas oportunidades de negocios a desarrollar tales como el astroturismo.

Finalmente, en el **Anexo 1** se informa sobre los OOCC, y en el **Anexo 2** se detallan las ramas de actividad que reciben las demandas de bienes y servicios realizadas por el SAC. Por último, en el Anexo 3 se expone de forma detallada la metodología empleada.

2.

El Sector de la Astrofísica en Canarias (SAC)

El SAC engloba a un conjunto de instituciones y empresas tanto públicas como privadas de diferentes nacionalidades que operan en el territorio canario, principalmente en las islas de Tenerife y La Palma. Para facilitar la comprensión de la estructura del SAC se han agrupado dichos agentes en tres categorías: el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), las Instituciones Usuarias (IUs) de los Observatorios de Canarias y un entramado de empresas que ofrecen una amplia variedad de bienes y servicios para que los agentes antes mencionados desempeñen sus tareas científico-tecnológicas. A continuación se describen a los principales agentes que integran el SAC, las funciones que desarrollan y las relaciones económicas existentes entre ellos.

2.1.

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

El IAC es un consorcio público integrado por la Administración del Estado a través del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, la Comunidad Autónoma de Canarias, la Universidad de La Laguna (ULL) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Bajo esta fórmula jurídica que confiere al IAC personalidad jurídica propia, se coordinan las actuaciones de las instituciones públicas y de los centros de investigación. El IAC se

convierte así en la institución pública protagonista en la implementación de los Acuerdos Internacionales firmados por España en materia de Astrofísica y en uno de los promotores clave del desarrollo de esta disciplina en nuestro país.

Las principales funciones del IAC son la investigación científica, el desarrollo de instrumentación científica y la transferencia tecnológica, la actividad docente, y la divulgación científica. La consideración del IAC como centro de investigación científica de reconocido prestigio internacional está fuera de toda duda tal y como lo acredita su selección como Centro de Excelencia Severo Ochoa, el mayor reconocimiento institucional a la investigación científica en España.

A modo de resumen se muestran en la Tabla 1 algunos logros relevantes alcanzados por el IAC en relación a su producción científica:

Tabla 1: Producción científica del IAC en el año 2016

Producción científica	Número
Artículos científicos publicados en revistas internacionales con árbitro	529
Artículos científicos publicados en revistas internacionales sin árbitro, comunicaciones cortas y artículos en revistas nacionales	35
Libros y capítulos de libros	5
Tesis doctorales	9
Comunicaciones presentadas en congresos internacionales	241
Comunicaciones presentadas en congresos nacionales	83

Fuente: Memoria IAC 2016

Además de esta labor de investigación, el personal del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna adscrito al IAC realiza las actividades docentes y de formación de trabajadores a través de su participación en el programa de doctorado y máster de Astrofísica. El número de matriculados en el curso 2015-2016



Sede Central IAC (San Cristóbal de La Laguna, Tenerife)

fue, respectivamente, de 71 y 44. Asimismo, esta participación del IAC en actividades de enseñanza superior incluye la docencia en el Grado de Física de la ULL, cuyo número de matriculados durante el curso 2015-2016 fue de 401 alumnos; se impartieron 9 asignaturas.

Estrechamente relacionado con esta doble función como centro de investigación y formación, el IAC promueve y organiza una extensa oferta de seminarios científicos, charlas informativas y coloquios con científicos de prestigio internacional con la finalidad de fomentar el intercambio de conocimiento y el contacto con científicos de relevancia mundial. La Tabla 2 recoge este tipo de actividades formativas durante el curso 2015-2016.

Tabla 2. Actividad formativa del IAC en el curso 2015-2016

Actividad formativa	Número
Cursos de Doctorado y Máster de Astrofísica	23
Cursos de Grado Universitario	12
Asignaturas de grado impartidas en ULL	9
Seminarios científicos, charlas informativas y coloquios internacionales	59
Alumnos matriculados en el programa de doctorado	71
Alumnos matriculados en el Máster de Astrofísica	44
Alumnos matriculados en el Grado de Física en asignaturas impartidas por el IAC en la ULL	401

Fuente: Memoria IAC 2016

Dentro de esta función docente, el IAC se ha convertido en un activo centro receptor de estudiantes que han re-

cibido algún tipo de beca para la realización de estudios y/o de iniciación a la actividad investigadora en el ámbito de la Astrofísica. En este sentido, el IAC ha realizado una convocatoria de carácter internacional dirigida a estudiantes de Máster y de los últimos cursos de grado con el fin de integrarse en grupos de investigación del IAC. Además, a través del Programa de Astrofísicos Residentes, se han concedido varios contratos predoctorales a estudiantes para la realización de la tesis doctoral.

Por otro lado, dentro del Programa Internacional de Becas de Doctorado La Caixa- Severo Ochoa 2016, se concedieron varios contratos para la realización de la tesis doctoral en el IAC. Por último, el IAC ha sido el destino de estudiantes que han obtenido financiación por el Programa de becas de Formación para el Personal Investigador (FPI) del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad para la realización de sus estudios de doctorado. En la Tabla 3 se muestran las becas para la realización de estudios de posgrado en el IAC durante el año 2016.

Tabla 3. Becas para la realización de estudios de posgrado en el IAC

Becas	Número
Becas de iniciación a la investigación	6
Becas del Programa de Astrofísicos Residentes	5
Becas del Programa Internacional de Becas de Doctorado La Caixa - Severo Ochoa 2016	2
Becas FPI del Ministerio de Economía y Competitividad	7

Fuente: Memoria IAC 2016

Directamente relacionada con la actividad científica en el ámbito de la Astrofísica, el IAC participó activamente en la organización y celebración en Canarias de diferentes congresos, cursos de formación y otros eventos de naturaleza científica. Estas actividades son consideradas en este estudio de impacto económico como un servicio más producido por el SAC. Para su prestación se demandan recursos al resto del sector productivo canario, además de ser una actividad que igualmente paga rentas y estimula así al conjunto de la economía regional.

La Tabla 4 muestra los congresos, en su mayoría internacionales, los cursos impartidos, destacando la Escuela de Invierno, que ya va por su vigésimo octava edición, a la que asistieron alumnos de 11 países, convirtiéndose en un referente a nivel mundial en la oferta formativa en el campo de la Astrofísica, y otros eventos asociados a la actividad Astrofísica desarrollados en Canarias durante el 2016.

Un indicador más del reconocimiento internacional del IAC en el ámbito de la Astrofísica es el significativo número de investigadores que se trasladan temporalmente a sus instalaciones en las Islas Canarias para realizar una estancia de investigación financiados por agentes diferentes al IAC y a las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias. Estas visitas constituyen otra fuente de actividad económica en Canarias en la medida en que dichos investigadores consumen una amplia variedad de servicios producidos en las Islas, especialmente relacionados con el alojamiento, la restauración, el transporte y el comercio minorista. Durante el año 2016, el número de investigadores en estancias de colaboración en el IAC ascendió a 68, siendo la estancia media de 22 días.

El IAC, además de su original vocación investigadora y docente, viene apostando decididamente en los últimos años por contribuir a la transferencia tecnológica a través de la cooperación con el tejido empresarial, de la mano de su Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación. Con este objetivo, el IAC promueve la colaboración público-privada que permita aprovechar el conocimiento adquirido en su dilatada y contrastada experiencia tecnológica en el campo de la óptica, la electrónica, el desarrollo de aplicaciones de software y la mecánica de precisión, para el desarrollo de instrumentación científica de vanguardia, asociada a los telescopios de los Observatorios de Canarias, así como de otros observatorios internacionales y de misiones espaciales.

En este sentido, el IAC está trabajando en el desarrollo de un espacio de cooperación tecnológica, denominado IACTEC, ubicado en el Polo Científico y Tecnológico de San Cristóbal de La Laguna (Tenerife) y que permitirá aprovechar su liderazgo en el desarrollo de instrumentación avanzada para la Astrofísica. Las líneas de actividad en las que el IACTEC ha decidido concentrar sus esfuerzos son las que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 4. Congresos, cursos y eventos celebrados con la participación del IAC 2016

Congresos, cursos y eventos científicos	Fechas de celebración	Lugar
Multi-Object Spectroscopy in the Next Decade: Big Questions, Large Surveys and Wide Fields	2-6 de marzo	La Palma
Congreso internacional "Big Data from Space BIDS' 2016"	15-17 de marzo	Tenerife
VIII Día de Nuestra Ciencia	24 de mayo	Tenerife
LST General Meeting	25-29 de julio	La Palma
Partially Ionised Plasmas in Astrophysics (PIPA)	29 de agosto - 2 de septiembre	Tenerife
Reunión de la Red Española de Estudios sobre la Contaminación Lumínica	19-21 de octubre	La Palma
IV Meeting of AGN Research in Spain	27-28 de octubre	Tenerife
XXVIII Canary Islands Winter School of Astrophysics	7-16 de noviembre	Tenerife

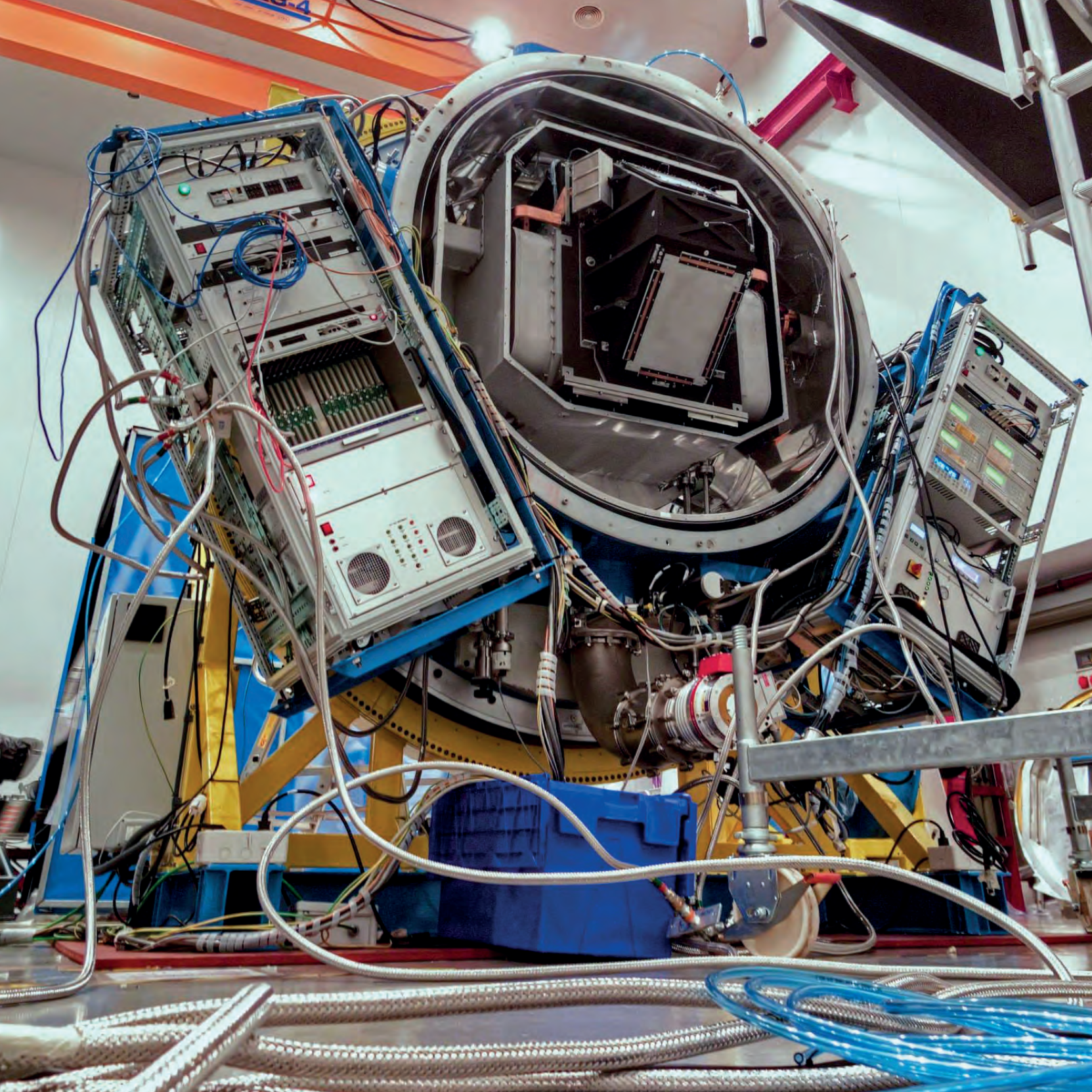
Fuente: OTRI-IAC



Tabla 5. Líneas de actuación en IACTEC

Programa	Descripción de las líneas de actuación
Programa de micro-satélites/nano-satélites	Fabricación de carga útil para micro y nano satélites con aplicaciones en el ámbito de las comunicaciones, la seguridad y la gestión y protección del medio ambiente. En particular, se desarrollará tecnología relacionado con el diseño de cámaras de alta resolución prestando especial atención a la selección de nuevos materiales ligeros.
Programa de tecnología médica	Diseño de software de uso médico y desarrollo de tecnología de captura y tratamiento de imágenes para el diagnóstico y prevención de enfermedades mediante terapias no invasivas. Actualmente está en marcha, con el apoyo financiero de la Unión Europea, un proyecto de desarrollo de un sistema clínico para la monitorización del pie diabético.
Programa de grandes telescopios	Colaboración en la construcción de las principales instalaciones astronómicas que están proyectadas en los Observatorios de Canarias durante la próxima década como la Red de Telescopios Cherenkov (CTA), el Telescopio Solar Europeo (EST), el Telescopio Liverpool 2 y la posible instalación del Telescopio de Treinta Metros (TMT). La contribución del IACTEC se concentrará en la aportación de capital humano en ingeniería para la supervisión de las fases de construcción, incluyendo aspectos como fabricación de estructuras mecánicas, sistemas térmicos y de control de estas instalaciones, y desarrollo de la instrumentación necesaria para la observación astronómica, entre otros.

Fuente: OTRI-IAC



Junto a las actividades de investigación y docencia, el IAC ha desempeñado un papel activo en el fomento de la divulgación científica. Esta función es ejecutada a través de su Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) que persigue la promoción nacional e internacional de los Observatorios de Canarias, la cobertura de eventos astronómicos y la organización de exposiciones, ferias y charlas.

Otro de los instrumentos de divulgación de la cultura científica desarrollados por el IAC son la publicación de una nueva revista (IAC *Paralajes*) y la realización de una serie audiovisual (IAC *Investiga*) que pretenden transmitir al gran público diferentes aspectos de la actividad. A todo ello hay que añadir que la UC3 ha desarrollado un amplio catálogo de programas de formación de comunicadores, periodistas especializados y profesorado de enseñanzas medias, así como su colaboración con el Museo de la Ciencia y el Cosmos y con otras instituciones y proyectos de divulgación de la cultura científica que ayuden a estimular el interés por la ciencia y las vocaciones por esta orientación profesional. Esta Unidad del IAC responde al compromiso de la institución por apoyar la transferencia de conocimiento a la ciudadanía en general, convirtiéndose en un instrumento más en la dinamización de la oferta cultural, a la vez que contribuye a estimular la concienciación de la sociedad canaria en la relevancia del desarrollo científico tecnológico.

Finalmente, pero no por ello menos importante, es necesario destacar que el IAC a través de su Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC) desarrolla una serie de actuaciones encaminadas a la protección del principal recurso del sector astrofísico canario, esto es, la calidad de su cielo. Al amparo de la Ley 31/1998 de 31 de octubre sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del IAC y el Real Decreto 243/1992 que la regula. La OTPC se responsabiliza del control de la contaminación lumínica, radioeléctrica y atmosférica del cielo en Canarias. En este sentido, en el año 2016 la OTPC realizó 193 inspecciones, formuló 48 denuncias e incrementó la emisión de informes técnicos en un 62% alcanzando la cifra de 142.

A la izquierda, instrumento EMIR para GTC

2.2.

Las Instituciones Usuaras de los Observatorios de Canarias (IUs)

Las instalaciones e infraestructuras dedicadas a la investigación astronómica en los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos son gestionadas y utilizadas por unas 75 instituciones públicas y privadas de 25 países.

Tal y como se detalla exhaustivamente en el Anexo 1, las infraestructuras empleadas en las actividades relacionadas con la observación astronómica incluyen 40 telescopios ópticos e infrarrojos de diferentes diámetros, tanto para observación nocturna como diurna, 2 telescopios Cherenkov (MAGIC I y MAGIC II) actualmente operativos, y cuya exploración científica será ampliamente reforzada por una nueva red de telescopios dedicados al estudio de la radiación gamma que tiene proyectado albergar en el Observatorio del Roque de los Muchachos a 19 de los 100 telescopios que constituirán dicha red (CTA). Por su parte, el Observatorio del Teide acoge también un ambicioso experimento de microondas (QUIJOTE) y diversos instrumentos empleados en el Laboratorio Solar. A todo ello, debemos añadir los instrumentos de monitorización automática, dedicados estos últimos a la protección de la calidad de los cielos canarios.

La vocación de colaboración científica está en los fundamentos originarios del IAC y la amplia y variada presencia de instituciones internacionales en los Observatorios de Canarias es una prueba irrefutable de ello. Estas instituciones internacionales usuarias de los Observatorios son propietarias de la mayoría de las instalaciones telescópicas ubicadas en ellos. Siguiendo las directrices establecidas en los convenios internacionales firmados para formalizar dicha colaboración científica, se creó un Comité Científico Internacional (CCI) que coordina las actuaciones de las diferentes instituciones usuarias y que entre sus principales funciones tiene la asignación del 20% del tiempo de observación que estas instituciones internacionales deben ceder como contraprestación por la cesión de territorio donde se localizan.

Desde el punto de vista económico de la actividad desarrollada por estas instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias, es importante tener en cuenta que el IAC

coordina y gestiona la prestación de una serie de servicios generales además de participar como socio científico-tecnológico en la explotación de algunas de las instalaciones telescópicas. En algunos casos, el IAC actúa como intermediario entre las instituciones usuarias internacionales y las empresas suministradoras de servicios para el desarrollo de la actividad científica aprovechando su conocimiento del entorno canario. Sin embargo, en otros casos, son directamente las instituciones usuarias quienes gestionan y organizan de manera autónoma la explotación de las infraestructuras de observación. La financiación de las actividades desarrolladas corresponde a las instituciones públicas y/o privadas que son titulares de las mismas por lo que, a efectos económicos, la actividad científica desarrollada en estos observatorios puede ser considerada como una inversión extranjera que contribuye directamente al desarrollo de la economía canaria.

2.3.

El sector empresarial proveedor del SAC

Las actividades relacionadas con la investigación científico-tecnológica, la docencia, la divulgación y la protección del cielo desarrolladas en Canarias inciden sobre la actividad económica a través de dos posibles vías. En primer lugar, como demandante de recursos productivos para la producción de dichos servicios y, en segundo lugar, como oferente de un recurso productivo adicional que pueden aprovechar otras empresas para el desarrollo de nuevas oportunidades de negocio.

En relación al primero de los casos, una parte del tejido empresarial canario encuentra en estas actividades relacionadas con la Astrofísica un demandante más cuyas compras de bienes y servicios estimulan su propia actividad productiva. Cabe destacar como principales receptores de esas demandas de recursos productivos relacionadas con la Astrofísica a las empresas suministradoras de energía, agua y combustible, al sector del alojamiento, la restauración, el transporte y las comunicaciones, así como al comercio minorista y/o mayorista, el sector de la construcción y al sector de servicios auxiliares (limpieza, seguridad, mantenimiento, etc.).

Por otro lado, el sector empresarial canario también se ha beneficiado del desarrollo de nuevas líneas de ne-

gocios al amparo de la actividad astrofísica. En este sentido, la actividad directamente relacionada con la observación astronómica y la consiguiente investigación científico-tecnológica ha convertido a Canarias en un destino atractivo donde organizar la celebración de congresos, cursos, reuniones científicas y otros eventos relacionados. Esta oportunidad de negocio nacida directamente de la actividad astrofísica se ha ido consolidando paulatinamente, además de haber contribuido a la mejora de la imagen exterior de Canarias al potenciar un nuevo nicho en el negocio turístico vinculado con la actividad científico-cultural.

La calidad del cielo canario y las infraestructuras telescópicas localizadas en los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos se han convertido en un reclamo turístico adicional, que ha estimulado el desarrollo de algunas iniciativas empresariales que se enmarcan dentro de lo que de forma genérica se conoce como astroturismo, que engloba, entre otros, las visitas guiadas a los Observatorios. Si bien este tipo de servicios turísticos vinculados a la Astrofísica están aún por desarrollarse, constituyen una interesante oportunidad de negocio.

Además del IAC y de las instituciones usuarias de los Observatorios como agentes centrados en la actividad científico-tecnológica, docente y de divulgación cultural, en este estudio de impacto económico se analizará la contribución del sector empresarial en la prestación de un variado conjunto de servicios complementarios directamente vinculados a la actividad astrofísica y que agruparemos en dos categorías.

Por un lado, el subsector dedicado a la organización de congresos, cursos, otros eventos afines, además de a las visitas a las instalaciones astronómicas realizadas por investigadores externos, turistas, estudiantes y asistentes a las jornadas de puertas abiertas que tuvieron lugar durante el año 2016. Por otro lado, el subsector de los servicios de alojamiento y restauración ofrecidos en las residencias localizadas en los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos.

En relación al subsector productivo dedicado a los servicios de alojamiento y restauración en las residencias ubicadas en los Observatorios de Canarias, debe destacarse que la provisión de estos servicios se realiza de manera coordinada por el propio IAC que centra su

participación en la gestión del alojamiento. En 2016 el número de pernoctaciones ascendió a 2.325 y 10.616 en las residencias del Observatorio del Teide y del Observatorio del Roque de los Muchachos, respectivamente.

También participa en esta actividad una empresa privada subcontratada en régimen de concesión administrativa que se encarga de los servicios de recepción, limpieza y restauración en las instalaciones de las residencias.

En el año 2016, las empresas subcontratadas fueron el Grupo *EULEN* en el Observatorio del Teide y el Grupo *Clece* en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Tabla 6. Congresos, cursos, estancias de investigación y visitas a los OCCC

	IAC	IUs
Días de estancia por congresos, cursos y otros eventos	4.447	985
Número de asistentes a congresos, cursos y otros eventos	1.056	115
Estancia media en congresos, cursos y otros eventos (días)	4,2	8,6
Gasto total abonado por el organizador (Euros)	428.154	112.700
Gasto total abonado por los asistentes en Canarias (Euros)	260.505	57.701,3
Días de estancias de investigadores externos al SAC	3.442	1.154
Número de investigadores externos visitantes en Canarias	225	134
Gasto por motivo de las estancias de investigación (Euros)	413.040	137.474
Estancia media de investigación (días)	15,3	8,6

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, hay que considerar el subsector productivo relacionado con la organización y la provisión de los servicios a los asistentes a congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas a los Observatorios. La tabla 6 muestra los valores medios de estos conceptos para el año 2016.

Dentro de este subsector, se ha incluido la prestación de servicios a los visitantes a los Observatorios de Canarias por motivos turísticos y/o de divulgación científica y que son prestados por dos empresas privadas. En ambos casos, además de estas visitas guiadas, estas empresas participan en organización de las visitas de escolares y en la celebración de las jornadas de puertas abiertas. Los valores de 2016 se muestran en la tabla 7.

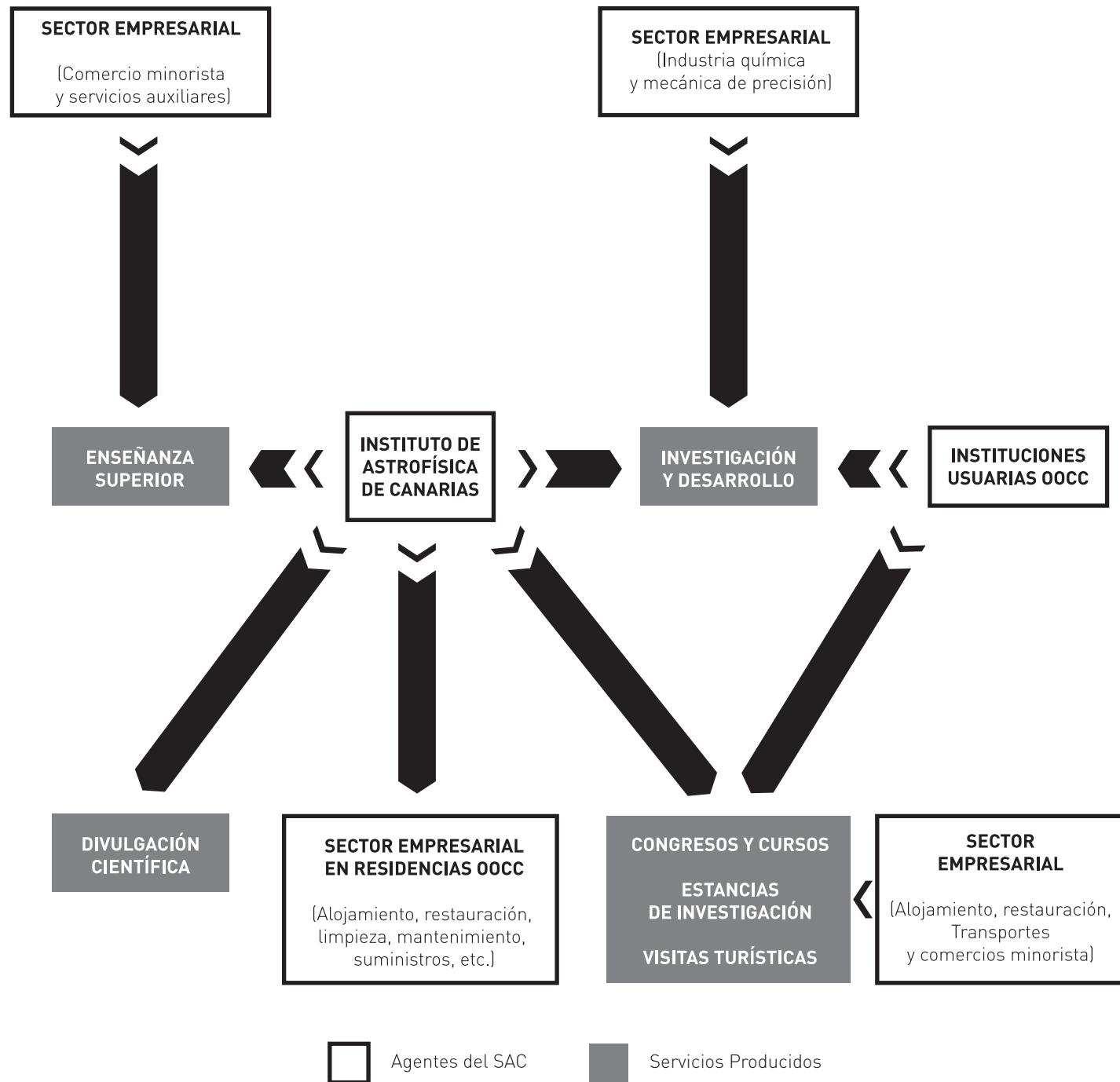
Tabla 7. Visitas de turistas, escolares y jornadas de puertas abiertas en los OCCC

	Visitas turísticas	Centros Enseñanza	Jornadas Puertas Abiertas
Observatorio del Teide	8.721	4.747	1.963
Observatorio del Roque de los Muchachos	6.414	1.012	278
Total	15.135	5.759	2.241

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el diagrama que sintetiza los principales agentes y los servicios producidos por el sector astrofísico en Canarias.

Diagrama 1. Estructura del Sector de la Astrofísica en Canarias



Fuente: Elaboración propia



A la derecha Telescopio SONG con la Vía Láctea en el Observatorio del Teide.

3.

Estructura de gastos y empleo del sector de la Astrofísica en Canarias

El enfoque adoptado en este estudio es el correspondiente a los modelos de impacto económico. Estos modelos consideran que una actividad económica genera un impulso inicial que arrastra al conjunto de la estructura productiva. Este efecto de arrastre se produce a través del gasto realizado en la compra de bienes y servicios necesarios para el desarrollo de sus actividades.

En el caso del SAC, las compras realizadas para aprovisionarse de recursos productivos provocan los denominados efectos directos. Estas compras iniciales, desencadenan, a su vez, actividad económica en los sectores productivos que se encargan de satisfacer las demandas iniciadas por el SAC dando lugar a los denominados efectos indirectos. Por lo tanto, los efectos indirectos son el resultado de la suma de todos los incrementos de la demanda derivados de este proceso iterativo.

Junto a los efectos directos e indirectos, existe un tercer impacto denominado impacto inducido que viene causado por las demandas que las rentas salariales pagadas en todo el proceso provocan en la economía. Así, el SAC a través de las rentas salariales pagadas directamente a sus empleados provoca un incremento del consumo que, a su vez, genera nuevas rentas salariales en otros sectores productivos, desencadenándose así una serie de efectos de arrastre que multiplican los efectos directos e indirectos.

Esta sección se subdivide en dos apartados. En el primero, se analiza la estructura de las compras realizadas por los agentes integrantes del SAC para la realización de sus actividades, utilizando para ello la información económico-financiera obtenida a partir de los estados contables del IAC, las encuestas de elaboración propia realizada a los usuarios de los Observatorios y la información complementaria proporcionada por la Unidad de Administración de Servicios Generales del IAC, en particular, los departamentos de Gestión Económica y Presupuestaria, de Recursos Humanos y la Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de investigación. En el segundo apartado, se estudia la composición de la plantilla empleada y las rentas salariales pagadas por el SAC.

3.1.

Estructura de las compras del SAC

La información sobre los gastos en bienes y servicios necesarios para el desarrollo de las actividades del SAC fue recopilada a través de una actualización de la encuesta elaborada por la Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación del IAC en 2013. A diferencia de aquella encuesta que tan solo se dirigió a las instituciones usuarias de los Observatorios, este estudio de impacto económico ha ampliado y adaptado dicha encuesta para incorporar al IAC y al sector empresarial relacionado con la Astrofísica en Canarias. El anexo 2 muestra las ramas de actividad a las que se han dirigido esas compras realizadas por el SAC.

A partir de la información recopilada, se contabilizan los gastos en compras de bienes y servicios realizadas por el IAC, las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias y las empresas dedicadas, por un lado, a la organización y servicios a los asistentes a congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas turísticas y, por otro, a la prestación de servicios de alojamiento y restauración en las residencias de ORM y OT. El gasto total en compras de bienes y servicios realizado por el conjunto del SAC en el año 2016, que genera el impacto económico en Canarias, ascendió a 11.731.450,50 euros. La tabla 8 muestra su distribución entre los agentes que integran el sector.

Tabla 8. Gastos en compras de bienes y servicios del SAC en 2016

	Total de gastos en compras (euros)	(%)
IAC	6.050.629,12	51,6
IUs	3.441.678,12	29,3
Congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas	1.435.395,73	12,2
Residencias OOC	803.747,53	6,9
Total	11.731.450,50	100,00

Fuente: Elaboración propia

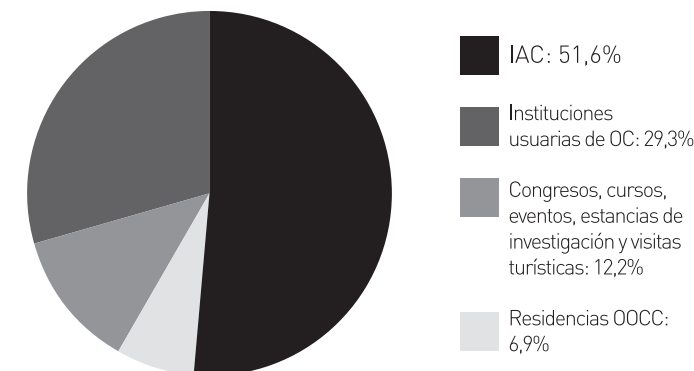
En relación a la distribución de este gasto entre los agentes del SAC, y como se observa en la figura 1, el gasto en compras de bienes y servicios realizado por el IAC para la producción de los servicios relacionados con la investigación científica y tecnológica, la enseñanza y la divulgación cultural representa el 51,6% del total de estas compras¹. Por otro lado, el gasto en compras abonado por las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias a través de fondos financieros proveniente del exterior representa el 29,3 % del gasto total del SAC².

Es destacable la importancia que ha adquirido la celebración de congresos, cursos, eventos y la actividad económica impulsada por el gasto realizado por sus asistentes, por los investigadores externos durante sus

¹ Si a este gasto le añadimos la cuantía de las compras realizadas y financiadas por el IAC en relación a: i) la organización de congresos, cursos, eventos que ascendieron en 2016 a 428.154 euros, ii) la realización en sus instalaciones de estancias de investigación que supuso en gasto abonado por el IAC de 96.919,05 euros y iii) las compras de bienes y servicios para ofrecer los servicios de alojamiento en las residencias de los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos que en el año 2016 ascendieron a 662.405,63 euros, la cuantía total de compras financiadas por el IAC ascendería a 7.238.107,80 euros, lo que supone el 61,7% del total de compras realizadas por el SAC.

² Si a esta cuantía se suman los gastos realizados por las IU tanto en la organización de congresos y cursos (112.700 euros en 2016) como para la prestación de los servicios demandados por los investigadores externos durante sus estancias en estas IU que ascendieron a 137.474,32 euros, el gasto total financiado por estas instituciones asciende a 3.691.852,44 euros, lo que representa el 31,5% del gasto total del SAC en compras de bienes y servicios.

Figura 1. Compras de bienes y servicios según el agente del SAC



estancias de trabajo en el IAC y las IUs y por los turistas que visitan los Observatorios de Canarias. Toda esta actividad genera un aumento de las compras al tejido empresarial canario que en el año 2016 ascendió a 1.435.395,73 euros siendo el 12,2% del total de compras, de los que 1.383.374,92 euros fueron financiados por el IAC y las IUs y el resto corresponde al sector empresarial privado afectado a estas actividades.

Finalmente, cabe apuntar que las dos empresas privadas que, en régimen de subcontratación, prestan los servicios de recepción, limpieza y restauración en las residencias instaladas en los Observatorios de Canarias realizaron unas compras de bienes y servicios al resto del tejido empresarial canario por valor de 141.341,90 euros

3.1.1.

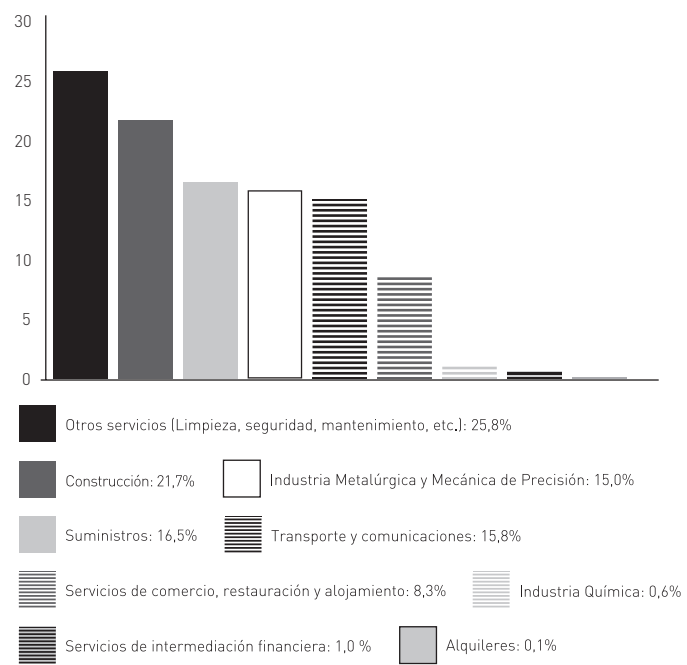
Estructura de las compras del IAC

A continuación, se detalla la distribución de las compras de bienes y servicios realizados por el IAC para el desarrollo de las funciones relacionadas con la actividad científico-tecnológica, docente y de divulgación cultural. Nótese que además de esas actividades, el IAC participa en la provisión de los servicios de alojamiento en las dos residencias ORM y OT. En estos casos, el IAC gestiona y presta el servicio de alojamiento junto a dos empresas privadas (Grupo EULEN y Grupo Clece) que han sido subcontratadas para ofrecer los servicios de recepción, restauración y limpieza.

Los gastos asociados a las compras realizadas por el IAC para ofrecer los servicios prestados en estas residencias serán considerados en el presente estudio como una actividad económica complementaria, de naturaleza distinta a las actividades principales del Instituto y, por lo tanto, se analizará de manera separada al resto de servicios producidos por el IAC. Tampoco se incluyen en este punto, las compras realizadas para la celebración de congresos, cursos y otros eventos que serán objeto de estudios como otra actividad complementaria, igualmente prestada con la colaboración del tejido empresarial canario, y que será analizada aparte.

La cuantía total del gasto en compras realizadas por el IAC para la prestación de los servicios de investigación y desarrollo tecnológico, enseñanza y divulgación cultural en el año 2016 ascendió a 6.050.629,12 euros. Tal y como se muestra en la figura 2, la demanda de servicios externos auxiliares que incluyen la limpieza, seguridad y mantenimiento de los ascensores, sistemas de climatización y de lucha contra incendios constituyen un 25.8% del gasto total, implicando de esta manera a una amplia variedad de empresas que tienen en el IAC a un importante cliente.

Figura 2. Distribución de las compras del IAC



Es importante destacar que las demandas realizadas por el IAC se reparten entre un número significativo de ramas de actividad de la estructura productiva canaria, contribuyendo así al impulso de sectores claves para el crecimiento económico de las Islas como son el sector de los servicios de suministro de electricidad, agua y gasoil, el transporte, el comercio, la restauración, el alojamiento y la construcción.

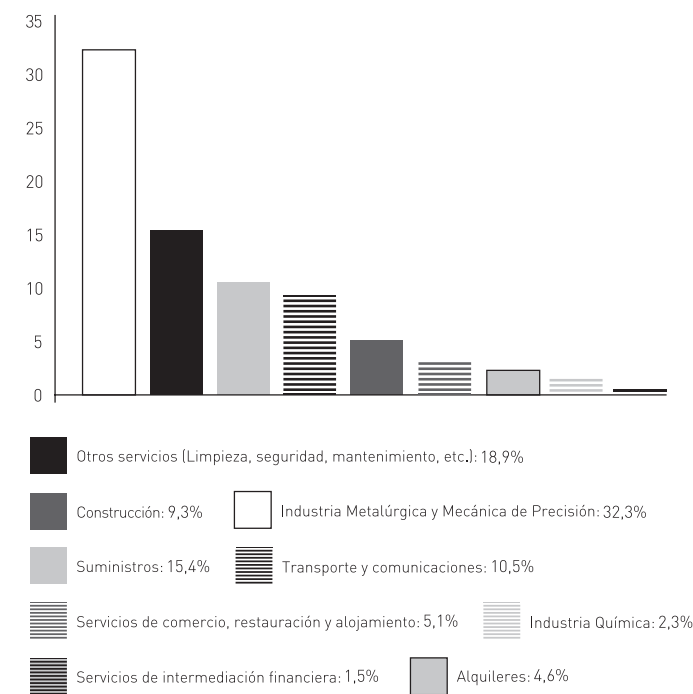
3.1.2. Estructura de las compras de las instituciones usuarias de los OCCC

En relación a la contribución de las instituciones usuarias de OCCC, es importante destacar su rol como demandante que, con financiación propia de origen externo, contribuye a fomentar la actividad productiva en Canarias. En este sentido, las IUs son un relevante cliente para una parte del tejido empresarial canario, tal y como se desprende de unas compras por valor de 3.441.678,12 euros en el año 2016, sin incluir los gastos abonados por la organización de congresos, cursos y otros eventos promovidos por dichas instituciones, gastos éstos últimos que se incluirán más adelante en un apartado aparte. La figura 3 muestra la distribución de los gastos en compras de bienes y servicios realizados por las IUs de los OCCC en el año 2016.

Como se observa en la figura 3, el reparto del gasto realizado por las IU evidencia su clara vocación científica, siendo la observación astronómica el centro de su actividad. En este sentido, las partidas de gastos más relevantes están directamente relacionadas con las compras a la industria metalúrgica y mecánica de precisión. Tal y como ha sido informado directamente por los administradores de estas instituciones, estas adquisiciones, cada vez más frecuentemente y siempre de manera prioritaria, se realizan a empresas canarias.

Por otro lado, además de las compras imprescindibles para el funcionamiento de las infraestructuras astronómicas, debe destacarse la particularidad de que la presencia permanente en Canarias de personal extranjero que presta sus servicios a estas instituciones usuarias explica un gasto en alquileres relativamente superior al realizado por el IAC.

Figura 3. Distribución de las compras de las Instituciones Usuaras de los OC

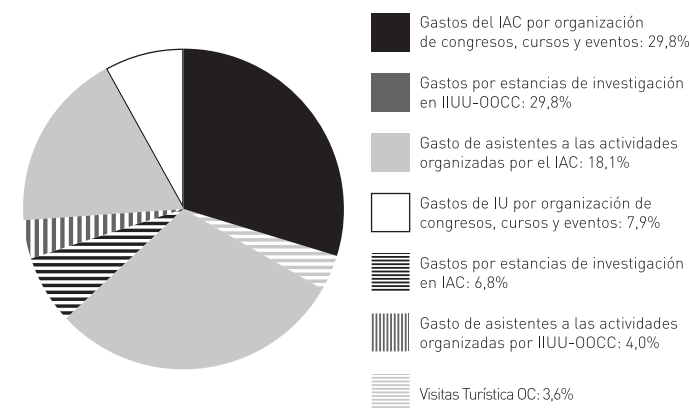


3.1.3. Estructura de las compras del sector empresarial proveedor del SAC

Tal y como se expuso anteriormente, la participación del sector empresarial canario en la producción de servicios directamente relacionados con la Astrofísica se concentra principalmente en dos subsectores productivos. En primer lugar, aquellas empresas relacionadas con la celebración de congresos, cursos y la provisión de servicios a los investigadores y visitantes de las instalaciones astrofísicas, y en segundo lugar, la actividad de alojamiento y servicios de restauración ofrecidas a los investigadores que desarrollan su actividad astronómica en los Observatorios de Canarias.

a) El subsector relacionado con los congresos, cursos, estancias de investigación y visitas

Figura 4. Distribución de las compras para congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas turísticas



El volumen de compras recibidas por este subsector empresarial ascendió a 1.435.395,73 euros, como consecuencia directa del prestigio científico internacional del IAC y de las IU de los OCCC. Las infraestructuras científicas y el capital humano del sector astrofísico son la razón que explica que Canarias fuera seleccionada como lugar de celebración de estas actividades.

Como se muestra en la figura 4, el gasto relacionado con la organización por parte del IAC y de las IU de los congresos, cursos y eventos representa la partida más importante con un 37,7% del total de compras realizadas por este subsector empresarial. Además de estos gastos organizativos, son significativas las compras de bienes y servicios (alojamiento, restauración, transporte, ocio, etc.) que realizan los asistentes a dichos actos durante su estancia en Canarias representando un 22,1% del gasto total³.

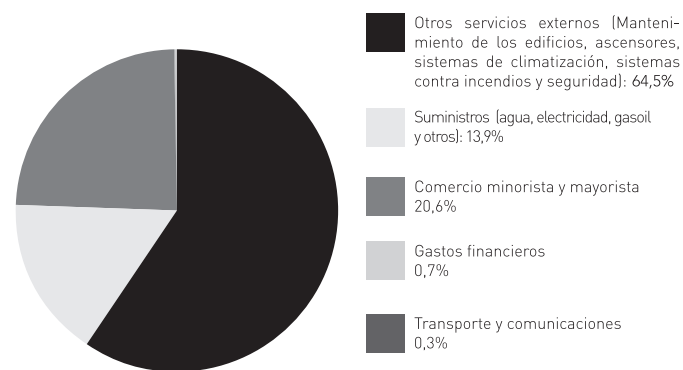
Otra de las actividades que forman parte de la naturaleza del IAC y de las IUs como centros de investigación son las estancias que realizan en sus instalaciones investigadores internacionales financiados por instituciones ajenas al SAC, unas visitas que generan el 36,6% del gasto de este subsector.

³ El gasto en Canarias realizado por los asistentes a los congresos, cursos, eventos y durante las estancias de investigación se ha estimado considerando la información sobre el gasto medio en Canarias por turista cuyo motivo declarado del viaje es la participación en congresos, ferias y seminarios. Según el Instituto Canario de Estadística (ISTAC), el gasto medio para este turista por día en 2016 ascendió a 58,58 euros.

b) El subsector relacionado con la actividad de las residencias en los OOC

La observación astronómica requiere de unas instalaciones ubicadas en los OOC para que el personal implicado en estas tareas pueda recibir los servicios de alojamiento y restauración. Por ello, en cada uno de los Observatorios existe una residencia que ofrece estos servicios auxiliares para la actividad científica. El IAC es el responsable de la gestión de los servicios necesario para el alojamiento costeados con cargo a su presupuesto los gastos de suministros (agua, energía y gasoil), los aprovisionamientos necesarios y los servicios externos de mantenimiento de los ascensores, sistemas de climatización, sistemas contra incendios y los servicios de seguridad. Además, en cada una de las residencias opera una empresa privada en régimen de concesión administrativa que se encarga de los servicios de recepción, limpieza y servicio de restauración ofrecido en las instalaciones de las residencias. El gasto total en la compra de los servicios necesarios para el funcionamiento de las dos residencias ascendió a 803.747,5 euros, mostrando su distribución en la figura 5.

Figura 5. Distribución de las compras de las Residencias en los OC



3.2.

Estructura del empleo y las rentas salariales del SAC

Además de los gastos asociados a las compras de todo tipo de servicios y aprovisionamientos necesarios para el desarrollo de sus actividades, el SAC impulsa al conjunto del sistema productivo canario a través del pago de rentas salariales a sus empleados. De esta manera, el SAC financia una expansión de la demanda de consumo que induce un impacto adicional a los efectos iniciales generados por sus compras. En este subapartado se analiza, en primer lugar, el empleo directo generado por el IAC, las IUs y las empresas canarias que prestan los servicios en los dos subsectores productivos antes mencionados.

El personal contratado a tiempo completo o equivalente por el sector de la Astrofísica en Canarias durante el año 2016 ascendió a 565, lo que generó un pago total de renta salarial bruta de 23.107.148,42 euros, cifra en la que se incluye: los sueldos y salarios netos abonados, las retenciones correspondientes al pago del impuesto sobre la renta de las personas físicas, las cotizaciones a la seguridad social por cuenta del trabajador y el pago de otros gastos relacionados donde se incluyen las cuotas de contingencias comunes, de desempleo y de formación. La Tabla 9 muestra el desglose del número de empleados y las rentas salariales en función de la institución o sector productivo contratante.

El IAC emplea el 63,2% de los trabajadores contratados inicialmente por el SAC. Dado que tanto la Universidad de La Laguna como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) son entes que integran el consorcio público IAC, la cifra de empleo de 357 incluye tanto al personal docente e investigador como al administrativo del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna y a los investigadores a tiempo completo del CSIC que desempeñan su actividad en el IAC.

Tabla 9. Empleo y renta salarial bruta del SAC

Agente	Nº de empleos a tiempo completo o equivalente	Renta salarial bruta (€)
IAC	357,0	14.488.032,46
IUs	159,1	7.554.523,42
Residencias OOC	24,0	524.952,48
Congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas	24,7	539.640,05
Total	564,8	23.107.148,42

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar la calidad del empleo generado por el IAC tal y como se pone de manifiesto si atendemos a que el 49% de su plantilla es personal fijo y que la renta salarial bruta media asciende a 40.582,72 euros, esto es, un 40% superior al valor medio del dato publicado por el INE en la última encuesta anual de estructura salarial para el conjunto de la economía canaria en 2015.

Como se ilustra en la Tabla 10, y atendiendo al tipo de ocupación, existen importantes diferencias en la estructura del personal contratado del IAC y las IUs. La condición del IAC como centro investigador de excelencia explica que el 48,7% de su plantilla se dedica a las tareas relacionadas con la investigación científica, representando el 7,7% del número total de investigadores a tiempo completo en Canarias en el año 2016, tal y como señala la *Estadística de I+D* publicada por el INE⁴. Además, el IAC desempeña dentro del SAC el rol de coordinador de las actuaciones de las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias y, aprovechando su

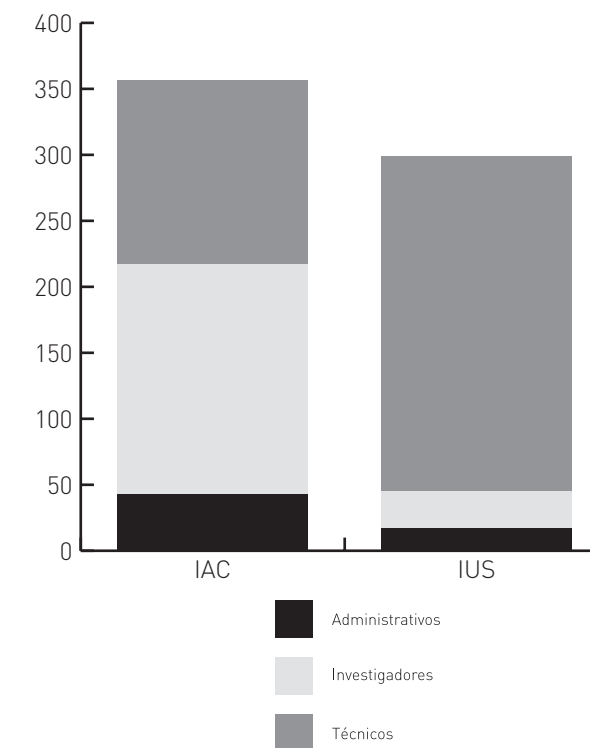
⁴ Considerando además del personal investigador al personal dedicado tanto a las tareas técnicas y de ingeniería como a las tareas administrativas, el personal del IAC representa el 11,1% del total empleado en actividades de I+D en Canarias. Si se añadiese a esta cifra el resto del personal de las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias, que son financiadas no obstante por entidades no nacionales, entonces el SAC habría empleado al 16,1% del total del personal dedicado a las actividades relacionadas con la I+D en Canarias durante el año 2016.

presencia permanente en Canarias y su conocimiento del entorno local, se encarga de la prestación de una serie de servicios generales relacionados con la gestión administrativa. Esto explica que el 12% de la plantilla del IAC se emplea en tareas administrativas. Por último, cabe destacar el número de técnicos empleados en el Área de Instrumentación en las tareas propias de los departamentos de óptica, mecánica, software, electrónica y de proyectos, además de en tareas de mantenimiento y operación de las instalaciones de los ORM y OT.

Tabla 10. Composición de la plantilla del IAC y de las IUs según su ocupación

	Admin.	Investigadores	Técnicos	Total
IAC	43	174	140	357
IUs	16,9	28,2	114	159,1
Total	59,9	202,2	254	516,1

Fuente: Elaboración propia



Respecto al personal de las instituciones usuarias cabe destacar el relativamente reducido número de administrativos debido a que algunas de estas funciones se delegan en el personal del IAC. Además, casi tres cuartas partes de la plantilla se dedica a la utilización de las infraestructuras telescópicas instaladas en los Observatorios.

Finalmente, señalamos que el sector empresarial canario genera inicialmente 48,7 empleados a tiempo completo durante el año 2016, lo que supone una renta salarial bruta media igual a 21.873,02 euros. Este personal se emplea directamente tanto en la provisión de servicios necesarios para la celebración en Canarias de congresos, cursos y eventos relacionados con la Astrofísica como para atender las demandas de bienes y servicios demandados por sus asistentes, por los investigadores que realizan estancias en el IAC y en las IUs y por los turistas que visitan las instalaciones Astrofísicas en Canarias. Este efecto inicial pone de manifiesto un primer impacto de la actividad Astrofísica más allá de ámbito estrictamente científico-tecnológico que lideran el IAC y las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias.

*A la derecha Instrumento OSIRIS en el
Gran Telescopio Canarias*



4.

Impacto económico y social del SAC

En primer lugar, se presentan los efectos directos, indirectos e inducidos generados sobre la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales por el SAC a través del gasto en bienes y servicios realizados y del pago de las rentas salariales a sus empleados que posteriormente se transforman en consumo final. El valor agregado de estos efectos permitirá cuantificar el impacto económico causado por el SAC en el año 2016. En segundo lugar, se muestran los valores finales de los agregados macroeconómicos antes mencionados correspondientes al SAC y que resultan de sumar el impacto económico previamente estimado y los valores iniciales de la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales del SAC.

4.1.

Efectos directos, indirectos e inducidos generados por el SAC

La metodología aplicada en este estudio de impacto económico y social del sector de la Astrofísica en Canarias en el año 2016 combina la utilización del modelo input output y del modelo de multiplicador keynesiano del gasto. En primer lugar, a partir de la Tabla input-output para Canarias del año 2005, se miden los impactos directos e indirectos derivados del gasto realizado por

el SAC sobre la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales. En segundo lugar, y debido a las restricciones que impone la última tabla input-output elaborada para Canarias, se utiliza el modelo de multiplicador keynesiano del gasto para cuantificar los impactos inducidos, esto es, los efectos derivados de las demandas realizadas por las familias que obtienen las rentas salariales abonadas en las empresas consideradas en los efectos directos e indirectos⁵.

Se ha tenido en cuenta que parte del gasto realizado por el SAC puede tener un impacto económico más allá de Canarias debido a que parte de la demanda de bienes y servicios se atiende con importaciones. Para concentrar la atención de este trabajo sobre los efectos económicos que estrictamente se perciben en Canarias, se ha empleado la matriz inversa de Leontief interior, excluyendo así el efecto sobre las importaciones. Además, para el cálculo del multiplicador keynesiano del gasto se ha estimado la propensión media al consumo en bienes y servicios producidos en el interior de Canarias. Por todo ello, podemos considerar que los impactos económicos valorados en este estudio hacen referencia estrictamente a los efectos percibidos en Canarias.

El gasto total en bienes y servicios realizado por el SAC ascendió a 11.731.450,50 euros. Como se presenta en la tabla 11, este gasto total provocó un impacto directo sobre la producción del resto de ramas de actividad de Canarias de 4.217.135,91 euros. Este impacto directo genera efectos indirectos sobre la producción de otros sectores por valor de 2.047.100,25 euros. Finalmente, los efectos inducidos por las rentas salariales pagadas por el SAC tuvieron un impacto sobre la producción igual a 73.951.020,92 euros. Con todo, el impacto económico total generado sobre la producción por el gasto en bienes y servicios realizado por el SAC ascendió a 80.215.257,08 euros.

⁵ Véase el Anexo 2 para un repaso más amplio de la metodología empleada en este estudio de impacto.

Tabla 11. Impacto económico del SAC

	Producción (€)	Valor añadido bruto (€)	Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Impacto directo	4.217.135,91	1.983.858,62	43,7	887.932,99
Impacto indirecto	2.047.100,25	973.415,99	39,9	816.929,69
Impacto inducido	73.951.020,92	39.463.347,83	905,2	19.799.414,59
Impacto económico	80.215.257,08	42.420.622,44	988,8	21.504.277,26

Fuente: Elaboración propia

El valor añadido bruto (VAB) o total de rentas generadas por los gastos en bienes y servicios del SAC ascendió a 42.420.622,44 euros, de los cuales 1.983.858,62 euros son el resultado del impacto directo, 973.415,99 euros de los impactos indirectos y 39.463.347,83 euros son el impacto inducido sobre el VAB.

En términos del número de empleados a tiempo completo o equivalente (E.T.C.), el gasto en bienes y servicios realizado por el SAC permitió crear un total de 989 empleos en el resto de sectores productivos de la economía canaria. De ellos, 44 son resultados de los efectos directos de dichas compras, mientras que el impacto indirecto generó 40 y los efectos inducidos crearon 905 empleos a tiempo completo o equivalente.

Finalmente, el impacto económico de estas compras sobre la renta salarial bruta generada ascendió a 21.504.277,26 euros, de los que 887.932,99 euros son el resultado de los impactos directos, 816.929,69 euros de los indirectos y 19.799.414,59 euros de los inducidos.

4.2.

Impacto económico total del SAC sobre la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales

Una vez se han cuantificado los impactos directos, indirectos e inducidos, a continuación, en la tabla 12 se presentan los resultados del impacto económico total del SAC calculando para ello el valor final de la producción, el VAB y las rentas salariales, así como el empleo a tiempo completo generado a partir de la actividad desarrollada por el SAC.

El valor final de la producción generada por la actividad desarrollada por el conjunto del sector astrofísico en Canarias en el año 2016 ascendió a 124.022.018,67 euros, y resulta de sumar el valor inicial de la producción del IAC, las IUs y el sector empresarial con el impacto económico total sobre la producción generado por el SAC, esto es, 80.215.257,08 euros. El valor inicial de la producción del SAC en 2016 fue de 43.806.761,59 euros, resultado obtenido a partir de la suma de los gastos de gestión ordinaria, de personal, tributos pagados y amortizaciones del inmovilizado de los miembros del SAC⁶.

El valor final del VAB generado por el SAC se ha calculado sumando las rentas salariales que destinan cada miembro del SAC a las economías domésticas como pago por sus servicios de trabajo (23.107.148,42 euros) y el impacto económico total sobre el VAB generado en el resto de las ramas de actividad de la economía canaria, esto es, el resultante del impacto directo, indirecto e inducido⁷ que fue igual a 42.420.622,44 euros. De esta manera, el valor añadido bruto o total de rentas generadas por el SAC en el año 2016 fue de 65.527.770,86 euros⁸.

⁶ Debido a la no disponibilidad de la información contable necesaria, es importante aclarar que en el cálculo del valor inicial de la producción del SAC no se han podido incluir las amortizaciones del inmovilizado dotadas por el sector empresarial. Ello se debe a que no ha sido posible obtener dicha información contable. Esta puntualización nos lleva a considerar esta estimación del valor final total de la producción del SAC como una estimación mínima.

⁷ No se ha podido añadir el excedente bruto de explotación del sector empresarial relacionado debido a la no disponibilidad de esta información con el detalle requerido.

⁸ Nótese que si bien en el caso del IAC y de las instituciones usuarias no se imputa ningún excedente bruto de explotación dada su condición de agentes que operan sin ánimo de lucro, este componente del valor añadido

Tabla 12. Valor final de la producción, VAB, empleo y rentas salariales del SAC

	Producción (€)	Valor añadido bruto (€)	Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Valor inicial del SAC	43.806.761,59	23.107.148,42	565	23.107.148,42
Impacto económico total	80.215.257,08	42.420.622,44	989	21.504.277,26
Valor final	124.022.018,67	65.527.770,86	1.554	44.611.425,68

Fuente: Elaboración propia

El empleo final generado por el SAC en el año 2016 fue de 1.554 empleados a tiempo completo o equivalente y se ha estimado sumando el empleo inicialmente creado por el SAC (565 E.T.C.) y el empleo generado en el resto de sectores productivos (989 E.T.C.) a raíz de los gastos en bienes y servicios realizados de manera directa, indirecta e inducida por los miembros integrantes del SAC.

La renta salarial final abonada a partir de la actividad productiva desarrollada por el SAC ascendió a 44.611.425,68 euros en el año 2016. Este resultado se ha estimado sumando las rentas directamente pagadas por el SAC a sus empleados y las rentas salariales generadas en el resto de sectores productivos por la demanda inicial impulsada por el SAC (21.504.277,26 euros).

bruto no ha podido ser estimado para el caso de las empresas del sector empresarial que ofrece sus servicios a la actividad relacionada con la Astrofísica en Canarias. Esto convierte a la magnitud total de valor añadido bruto en una estimación mínima de dicha macromagnitud.

A la derecha, Gran Telescopio Canarias en el Observatorio del Roque de Los Muchachos



5.

Impacto económico y social del Sector de la Astrofísica en Canarias

Una vez presentado en el apartado anterior el impacto económico y social de la actividad productiva desarrollada por el conjunto del SAC, a continuación, se procede a analizar la contribución por separado del IAC, de las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias y de los dos subsectores integrantes del tejido empresarial relacionado con la actividad astrofísica en Canarias, esto es, por un lado el subsector relacionado con la celebración de congresos, cursos, eventos y la realización de estancias de investigación y visitas turísticas a las instalaciones astronómicas, y por otro, el subsector vinculado a los servicios prestados en las residencias en los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos. En la sección 4.1, se presenta el desglose del impacto económico separando el efecto directo, indirecto e inducido sobre la producción, el VAB, el empleo y la renta salarial para cada uno de los agentes integrantes del SAC. En la sección 4.2, y a partir de ese impacto económico estimado, se calculan los valores finales de dichas magnitudes para cada miembro del SAC, sumando los valores iniciales y el impacto económico.

5.1.

Impactos directos, indirectos e inducidos generados por el IAC, las IUs y el sector empresarial.

Tal y como se observa en el desglose del impacto económico por agente presentado en la Tabla 13, los impactos inducidos representan el principal componente lo que se explica por el importante efecto de arrastre que el consumo familiar financiado a partir de las rentas salariales abonadas por el SAC tiene sobre el conjunto de la actividad productiva canaria.

Centrando la atención en la contribución relativa de cada agente a los valores totales, cabe destacar que el IAC representa el 61,6% de los efectos estimados, mientras que las instituciones usuarias aportan un 31,9% de dichos impactos. Además de la contribución derivada las actividades de naturaleza de índole más estrictamente científico- tecnológica, es importante subrayar que los servicios producidos por el conjunto del sector empresarial como apoyo a la actividad Astrofísica representan un 6,5% de los impactos económicos.

5.2.

Impacto económico total generado por el IAC, las IUs y el sector empresarial

Al igual que se hizo en el apartado 4.2 cuando se analizó el conjunto del SAC, en este subapartado se muestra el impacto económico total de cada miembro del SAC a través de los valores finales de las macromagnitudes consideradas. Estos valores finales calculan como la suma de los valores iniciales de las magnitudes consideradas y el impacto económico comentado en el apartado 5.1.

De esta manera, se calculan los valores finales de: la producción, el valor añadido bruto y las rentas salariales, así como el empleo a tiempo completo generado a partir de la actividad desarrollada por el IAC, las instituciones usuarias de los Observatorios y los dos subsectores empresariales considerados en este estudio.

Los resultados presentados en la Tabla 14 indican los valores totales finales de la producción, el valor añadido,

Tabla 13. Impacto económico de los gastos en bienes y servicios del IAC, de las IUs y del sector empresarial

	IAC	IUs	Congresos, cursos, estancias de investigación y visitas turísticas	Residencias - OOCC	SAC
Producción (€)					
Impacto directo	2.327.871,52	1.162.390,72	453.992,00	272.881,67	4.217.135,91
Impacto indirecto	1.160.077,52	556.320,83	207.582,60	123.119,30	2.047.100,25
Impacto inducido	45.889.263,71	23.851.614,66	2.139.571,78	2.070.570,77	73.951.020,92
Impacto económico	49.377.212,75	25.570.326,21	2.801.146,38	2.466.571,74	80.215.257,08
Valor añadido bruto (€)					
Impacto directo	1.067.796,60	525.879,53	256.160,06	134.022,42	1.983.858,61
Impacto indirecto	540.227,67	251.405,06	123.691,56	58.091,71	973.416,00
Impacto inducido	24.488.424,27	12.728.215,97	1.141.764,70	1.104.942,89	39.463.347,83
Impacto económico	26.096.448,54	13.505.500,57	1.521.616,32	1.297.057,02	42.420.622,45
Empleo (E.T.C.)					
Impacto directo	22,7	11,6	6,4	3	43,7
Impacto indirecto	21,2	10,3	3,2	5,2	39,9
Impacto inducido	561,7	292	26,2	25,3	905,2
Impacto económico	605,6	313,9	35,8	33,6	988,8
Renta salarial (€)					
Impacto directo	464.017,02	231.375,60	132.991,83	59.548,53	887.932,98
Impacto indirecto	444.694,28	216.783,29	45.236,21	110.215,91	816.929,69
Impacto inducido	12.286.247,65	6.385.956,56	572.842,24	554.368,13	19.799.414,58
Impacto económico	13.194.958,95	6.834.115,46	751.070,29	724.132,56	21.504.277,26

Fuente: Elaboración propia

el empleo a tiempo completo y las rentas salariales de manera desglosada para el IAC, las instituciones usuarias de los Observatorios y los dos subsectores empresariales. Estos valores finales son el resultado de agregar el valor inicial y el impacto económico total que se deriva de esa actividad inicialmente impulsada por los agentes que integran el SAC.

Destacar, en primer lugar, que el valor inicial de la producción generada por el IAC ascendió a 24.701.005,02 euros. Añadiendo a esta cuantía el impacto económico

total de su actividad, se estima que el valor final de la producción de bienes y servicios derivados de la actividad promovida por el IAC ascendió a 74.078.217,77 euros, una actividad productiva que originó una renta total o valor añadido bruto igual a 40.584.481 euros.

El empleo a tiempo completo derivado de esta actividad productiva impulsada por las compras y las rentas salariales abonadas por el IAC fue de 963. Esta actividad productiva permitió el pago a las familias de una renta salarial igual a 27.682.991,42 euros.

Tabla 14. Valor final de la producción, VAB, empleo y rentas salariales del IAC, las IUs y el sector empresarial

	IAC	IUs	Congresos, cursos, estancias de investigación y visitas turísticas	Residencias- OOCC	SAC
Producción (€)					
Valor inicial	24.701.005,02	15.338.160,01	2.224.953,91	1.542.642,65	43.806.761,59
Impacto económico	49.377.212,75	25.570.326,21	2.801.146,38	2.466.571,74	80.215.257,08
Valor total	74.078.217,77	40.908.486,22	5.026.100,29	4.009.214,39	124.022.018,67
Valor añadido bruto (€)					
Valor inicial	14.488.032,46	7.554.523,42	539.640,05	524.952,48	23.107.148,41
Impacto económico	26.096.448,54	13.505.500,57	1.521.616,32	1.297.057,02	42.420.622,45
Valor total	40.584.481,00	21.060.023,99	2.061.256,37	1.822.009,50	65.527.770,86
Empleo (E.T.C.)					
Valor inicial	357	159,1	24,7	24	564,8
Impacto económico	605,6	313,9	35,7	33,6	988,8
Valor total	962,6	473	60,4	57,6	1.553,6
Renta salarial (€)					
Valor inicial	14.488.032,50	7.554.523,40	539.640,10	524.952,50	23.107.148,50
Impacto económico	13.194.959,00	6.834.115,50	751.070,29	724.132,60	21.504.277,39
Valor total	27.682.991,42	14.388.638,88	1.290.710,39	1.249.085,04	44.611.425,73

Fuente: Elaboración propia

En relación al conjunto de instituciones usuarias de los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos, debe destacarse que partiendo de una producción inicialmente valorada en 15.338.160,01 euros, se genera un valor final de la producción que asciende a 40.908.486,22 euros. Esta actividad que se desprende de las instituciones usuarias generaron un valor añadido bruto final igual a 21.060.023,99 euros y 473 empleos a tiempo completo, a los que se les abonó una renta salarial por valor de 14.388.638,88 euros.

El sector empresarial relacionado con la celebración de congresos, cursos y eventos vinculados a la Astrofísica en Canarias y a los servicios prestados a los investigadores externos y a los visitantes de los Observatorios de Canarias generó una producción inicial de este subsector que es valorada en 2.224.953,91 euros a los que si sumamos

los impactos derivados de la misma, se obtiene un valor total igual a 5.026.100,29 euros. Esta actividad originó un valor añadido bruto final de 2.061.256,37 euros, y un empleo total que ascendió a 60 trabajadores a tiempo completo durante el año 2016, por el que las familias percibieron una renta salarial de 1.290.710,39 euros.

Finalmente, la producción de servicios prestados en las residencias del Observatorio del Teide y del Observatorio del Roque de los Muchachos se valora en 1.542.642,65 euros, cuantía que junto a los impactos económicos promovidos ha dado lugar a una producción final valorada en 4.009.214 euros. Esta actividad empresarial generó un valor añadido bruto igual a 1.822.009,50 euros junto a 58 empleos a tiempo completo que recibieron una renta salarial igual a 1.249.085,04 euros.

A la derecha, Telescopio GREGOR en el Observatorio del Teide.



6.

Contribución del SAC a la hacienda pública y a la Tesorería General de la Seguridad Social

6.1.

Contribución del SAC a la recaudación tributaria

El conjunto de actividades productivas desarrolladas inicialmente por el SAC y aquellas otras derivadas de su impacto económico sobre el resto de sectores productivos en Canarias dan lugar, además de a los ya mencionados efectos, a un impacto económico sobre la recaudación de impuestos que obtienen la hacienda pública estatal y autonómica y sobre las cotizaciones abonadas a la Tesorería General de la Seguridad Social.

La Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) y la Agencia Tributaria Canaria recaudan impuestos a partir de la actividad económica generada tanto directamente por el SAC como indirectamente por el resto de sectores que perciben su impacto económico. En particular, en este estudio se considera que la contribución del SAC a la recaudación tributaria se realiza a partir del pago de los siguientes impuestos:

1. Impuesto general indirecto canario (IGIC) que grava la adquisición de bienes y servicios que realizan tanto los integrantes del SAC como las familias que deciden consumir parte de la renta salarial percibida a partir de la actividad productiva generada por el SAC⁹.
2. Impuesto de la renta de las personas físicas (IRPF) que grava las rentas salariales generadas a partir de la actividad desarrollada por el SAC¹⁰.
3. Otros impuestos sobre la producción que comprenden todos los impuestos que soportan las empresas como resultado de su participación en la producción, independientemente de la cantidad o el valor de los bienes o servicios producidos o vendidos¹¹.
4. Impuestos locales pagados por el IAC y las instituciones usuarias de los Observatorios a las entidades locales.

La tabla 15 muestra la estimación de la recaudación de impuestos que realizó la AEAT y la Agencia Tributaria Canaria por la actividad inicialmente desempeñada por el SAC y por el resto de agentes que atendieron las correspondientes demandas derivadas de la misma.

Utilizando la información detallada sobre las compras de bienes y servicios obtenida a partir de la encuesta realizada al IAC, a las IUs y a las residencias de los OCCC, y empleando los tipos de gravamen establecidos para el IGIC, se estima que el pago de este impuesto indirecto derivado de las compras realizadas por el

⁹ Aunque las entregas de bienes y las prestaciones de servicios, así como las importaciones de bienes, con destino a la investigación y desarrollo tecnológico en el ámbito de la Astrofísica están gravadas al tipo cero, el resto de compras realizadas por el SAC sí que son gravadas por este impuesto indirecto.

¹⁰ Aunque el IRPF grava no solo la obtención de rentas salariales, sino también de otros tipos de rentas (capital mobiliario, inmobiliario, derivada de ciertas actividades empresariales, del ahorro y de las variaciones patrimoniales), la información disponible en este estudio de impacto económico únicamente permite considerar el pago del IRPF vinculado a la obtención de rentas salariales. Por ello, esta recaudación impositiva debe considerarse como el valor mínimo de la contribución del SAC a la hacienda pública.

¹¹ A partir de la tabla input-output de Canarias del año 2005 se estima que la cuantía de estos otros impuestos sobre la producción representó el 0,72% del producto interior bruto canario. La estimación del pago de esta partida tributaria se realiza a partir de este dato y el valor total de la producción del SAC estimado en el apartado 3.

SAC fue de 598.568,25 euros mientras que las compras realizadas a partir del impacto económico derivado supuso una recaudación adicional de 1.703.483,88 euros. Con todo ello, la recaudación total del IGIC ascendió a 2.302.052,13 euros.

Tabla 15. Recaudación impositiva derivada de la actividad del SAC

Impuestos	Euros
IGIC asociado a las compras iniciales del SAC	598.568,25
IGIC asociado al impacto económico del SAC	1.703.483,88
Recaudación total IGIC	2.302.052,13
IRPF asociado a las rentas salariales abonadas por el SAC	3.700.887,57
IRPF asociado al impacto económico del SAC	1.805.653,31
Recaudación total IRPF	5.506.540,88
Recaudación total de otros impuestos sobre la producción	889.610,99
Impuestos locales	158.601,27
Total Recaudación Tributaria	8.856.805,27

Fuente: Elaboración propia

La tributación de las rentas salariales abonadas directamente por el SAC ascendió a 3.700.887,57 euros, mientras que el impacto económico sobre las rentas salariales permitió a la hacienda pública recaudar 1.805.653,31 euros adicionales. De esta manera, la recaudación total del IRPF generada a partir de la actividad desarrollada por el SAC fue de 5.506.540,88 euros.

Aunque el pago del IRPF y del IGIC son las fuentes de ingresos tributarios más relevantes derivadas del SAC, el resto de impuestos considerados en este estudio permitieron recaudar 889.610,99 euros en concepto de otros impuestos que gravan la producción y 158.601,27 euros

procedentes del pago de impuestos locales. Con todo ello, se obtiene que la actividad derivada del sector astrofísico en Canarias en el año 2016 dio lugar a que la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) y la Agencia Tributaria Canaria recaudaran vía impuestos la cantidad total de 8.856.805,27 euros.

Teniendo en cuenta que la Administración Central del Estado cede a la Administración de la Comunidad Autónoma Canaria la mitad de la recaudación obtenida del IRPF y que la recaudación del IGIC, de los impuestos locales y del resto de impuestos sobre la producción son ingresos tributarios para la Comunidad Autónoma, podemos estimar que Canarias recaudó impuestos derivados de la actividad del sector astrofísico en 2016 por valor de 6.103.534,83 euros.

6.2.

Contribución del SAC a la Tesorería General de la Seguridad Social

Además del pago del impuesto, otra contribución del sector de la Astrofísica a las arcas públicas es el pago de las cotizaciones sociales a la Tesorería General de la Seguridad Social. En este sentido, y como se presenta en la tabla 16, se estima que el SAC abonó 6.545.422,41 euros en concepto de cotizaciones sociales por cuenta de la empresa y del trabajador, o sea, la cantidad correspondiente a sus 564,8 empleados a tiempo completo. A esta cuantía debe añadirse el pago de 6.075.369,43 euros en concepto de cotizaciones abonadas que se estima realizaron por cuenta de las empresas y los trabajadores del resto de sectores productivos, a raíz de la actividad impulsada por el SAC. Con todo ello, la aportación total a la Tesorería General de la Seguridad Social en 2016 ascendió a 12.620.791,84 euros.

Tabla 16. Cotizaciones a la Tesorería General de la Seguridad Social derivada de la actividad del SAC

Cotizaciones a la Seguridad Social	Euros
Cotizaciones abonadas por el SAC	6.545.422,41
Cotizaciones derivadas del impacto económico del SAC	6.075.369,43
Total Cotizaciones Seguridad Social	12.620.791,84

7.

Impacto económico y social del SAC en Tenerife y La Palma

La actividad productiva desarrollada por el SAC y que es analizada como el desencadenante de este estudio de impacto económico se desarrolla fundamentalmente en las islas de Tenerife, donde se encuentran el Observatorio del Teide y la sede central del IAC, y en la isla de La Palma, donde se localiza el Observatorio del Roque de los Muchachos y el Centro de Astrofísica en La Palma (CALP). No obstante, es importante apuntar que el impacto económico se extiende al conjunto de la economía canaria como receptora de las compras de bienes y servicios necesarios para la actividad astrofísica y del consumo familiar inducido.

A continuación se analiza el impacto económico y social del SAC diferenciando en función de la isla donde se desarrolla la actividad productiva. Para ello, y siguiendo un esquema similar al utilizado en el apartado 3 y 4, se procederá a estudiar la estructura de compras en bienes y servicios, el empleo y las rentas salariales abonadas, separando los resultados correspondientes a Tenerife y La Palma. También, se estimará el impacto económico generado por el SAC, y el valor final de la producción, el

valor añadido bruto, el empleo a tiempo completo y las rentas salariales derivadas de la actividad productiva del SAC. Finalmente, se valorará la contribución realizada en cada isla a la hacienda pública y a la Tesorería General de la Seguridad Social.

7.1. Estructura de compras, empleo y rentas salariales en Tenerife y La Palma

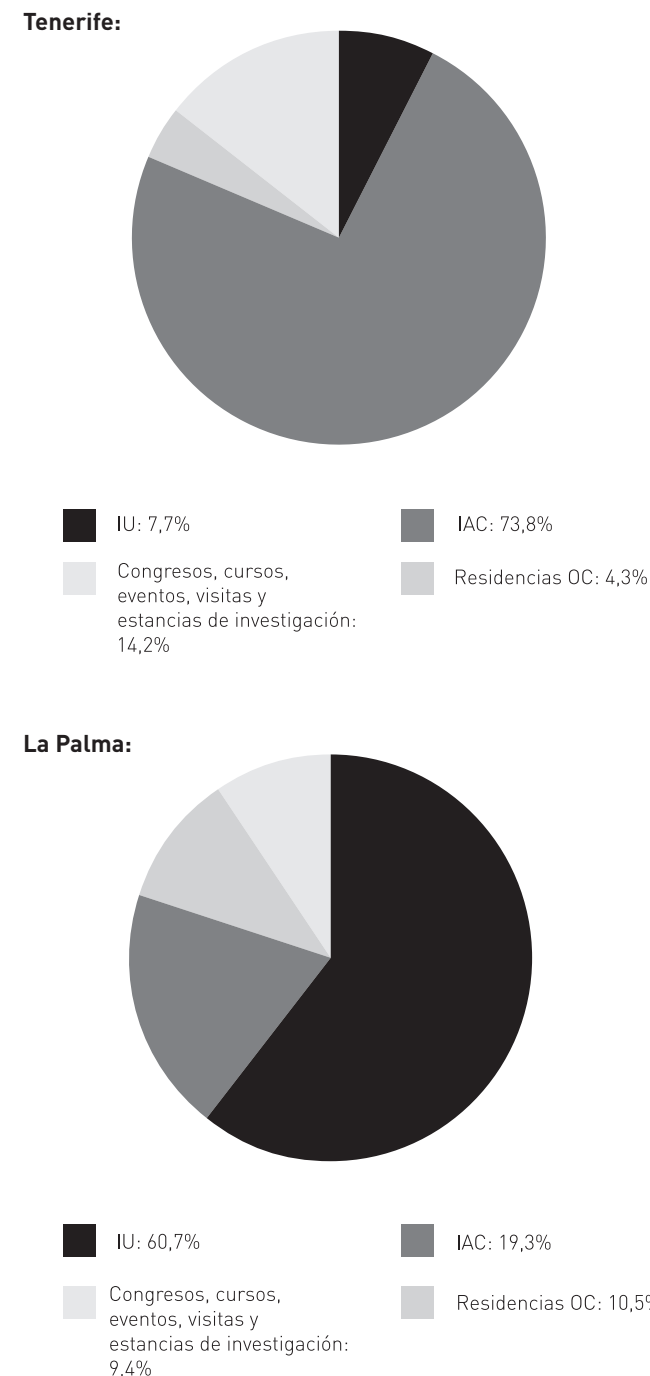
La tabla 17 muestra los gastos en compras de bienes y servicios realizadas por cada miembro del SAC en Tenerife y La Palma, así como su distribución por rama de actividad en cada una de las islas.

Tabla 17. Gastos (€) en compras de bienes y servicios en Tenerife y La Palma

Agente	Tenerife	La Palma	SAC
IAC	5.124.146,82	926.482,30	6.050.629,12
IUs	531.573,69	2.910.104,43	3.441.678,12
Congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas	984.455,19	450.940,83	1.435.396,01
Residencias OOCC	297.072,79	506.674,74	803.747,53
Total	6.937.248,49	4.794.202,28	11.731.450,78

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Distribución de las compras según agente del SAC en Tenerife y La Palma



En el caso de Tenerife, destaca el gasto realizado por el IAC donde se incluyen la información relativa tanto al Observatorio del Teide como a los servicios prestados en la sede central ubicada en San Cristóbal de La Laguna y en la Universidad de La Laguna donde se desarrolla la actividad docente del SAC. Este resultado contrasta con lo observado en La Palma, donde el demandante principal son las instituciones usuarias del Observatorio del Roque de los Muchachos. Este resultado se explica por el hecho de la significativa presencia permanente de estas instituciones en La Palma, en contraposición al Observatorio del Teide, donde una parte de la actividad de observación astronómica (superior a la desarrollada en el Observatorio del Roque de los Muchachos) se realiza a través de telescopios robóticos que son manipulados desde fuera de Canarias. Esta última operativa de una parte de las instalaciones en el Observatorio del Teide requiere de un gasto menor que el realizado en otro tipo de instalaciones telescópicas, beneficiándose de que el IAC suele actuar como proveedor a estos usuarios de los servicios generales de apoyo.

Las actividades relacionadas con la organización y celebración de congresos, cursos y otros eventos, así como la prestación de los servicios requeridos por los investigadores externos que realizan estancias y los turistas que visitan los Observatorios se han convertido en un importante demandante de bienes y servicios que ha posibilitado el desarrollo y consolidación de un tejido empresarial que encuentra en el IAC y las IUs a unos importantes clientes. La magnitud de este tipo de servicios complementarios a la investigación científico-tecnológico se pone de manifiesto en la información que se muestra en la tabla 18, donde se presentan los valores medios anuales para el periodo 2014-2016.

Tabla 18. Congresos, cursos, estancias y visitas en Tenerife y La Palma

	Tenerife	La Palma	SAC
Días de estancia por congresos, cursos y otros eventos	3.444	1.988	5.432
Número de asistentes a congresos, cursos y otros eventos	825	346	1.171
Estancia media en congresos, cursos y otros eventos (días)	4,2	5,7	4,6
Gasto total abonado por el organizador (Euros)	358.487,33	182.366,67	540.854
Gasto total abonado por los asistentes en Canarias (Euros)	201.749,52	116.457,04	318.206,56
Días de estancias de investigadores externos al SAC	3.442	1154	4.596
Número de investigadores externos visitantes en Canarias	225	134	359
Gasto por motivo de las estancias de investigación (Euros)	404.839,05	137.474,32	316.994
Estancia media de investigación (días)	15,3	8,6	12,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Empleo y renta salarial bruta del SAC en Tenerife y La Palma

Agente	Tenerife		La Palma		SAC	
	Empleos (E.T.C.)	Renta salarial (€)	Empleos (E.T.C.)	Renta salarial (€)	Empleos (E.T.C.)	Renta salarial (€)
IAC	343	13.916.673,40	14	571.359,00	357	14.488.032,50
IUs	9	427.345,80	150,1	7.127.177,70	159,1	7.554.523,40
Residencias OOCC	11,5	251.539,70	12,5	273.412,70	24	524.952,50
Congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas	15,7	320.870,30	9	218.769,80	24,7	539.640,10
Total	379,2	14.916.429,2	185,6	8.190.719,20	564,8	23.107.148,40

Fuente: Elaboración propia

Además del impacto que genera el SAC sobre el conjunto de la economía canaria a través de la compra de bienes y servicios, el SAC induce otros impactos a través del empleo que genera directamente y de las rentas salariales que paga. En la tabla 19 se presenta el número de empleados a tiempo completo o equivalente y la renta salarial bruta abonada en Tenerife y La Palma.

Se observa que el empleo generado por el SAC en Tenerife representa el 67,1% del total, esto es, 379 em-

pleos anuales a tiempo completo. De ellos, el 91,1% fue contratado por el IAC, limitándose la contratación de las IUs del OT al 2,4% del total de la plantilla en Tenerife.

En relación con La Palma, cabe subrayar que de los 185,6 trabajadores contratados por el SAC a tiempo completo, el 80,1% trabaja para las IUs del ORM, reduciéndose al 7,5% la plantilla gestionada por el IAC. Esta diferente participación del IAC y las IUs en la creación de empleo directamente en Tenerife y La Palma responde al diseño

organizativo del SAC. Así mientras los servicios generales de instrumentación, investigación, enseñanza superior y de administración se han concentrado en Tenerife, en La Palma la actividad principal es la investigación astrofísica que se localiza fundamentalmente en las instalaciones astronómicas del ORM.

7.2.

Impacto económico y valor final de la producción, el valor añadido bruto, el empleo y las rentas salariales en Tenerife y La Palma

El detalle de la información recopilada sobre las compras de bienes y servicios realizadas para el desarrollo de los servicios producidos por el SAC permite calcular el impacto directo e indirecto derivado de estas compras en Tenerife y La Palma. Asimismo, la información desglosada sobre las rentas salariales pagadas en cada una de estas

islas ha posibilitado la estimación del impacto inducido a través del consumo familiar que impulsó el SAC.

La tabla 20 presenta los efectos directos, indirectos e inducidos y el consiguiente impacto económico resultante de su agregación para la producción, el valor añadido bruto, el empleo y las rentas salariales en ambas islas. Así, a partir de las medidas de estos efectos, se estima que el impacto económico sobre la producción derivados de las compras en Tenerife fue de 51.186.073,81 euros, ascendiendo a 28.901.667,22 euros en el caso de La Palma.

La actividad económica promovido por el SAC generó un valor añadido bruto igual 27.107.078,40 euros en Tenerife y 15.228.147,39 euros en La Palma. El empleo creado en Tenerife fue de 631 trabajadores a tiempo completo frente a los 356 generados en La Palma. La actividad astronómica en Tenerife dio lugar a un incremento en la renta salarial igual a 13.725.481,70 y 7.742.254,81 euros en Tenerife y La Palma, respectivamente.

Tabla 20. Impacto económico de los gastos en bienes y servicios del SAC

Impacto	Producción (€)	Valor añadido bruto (€)	Tenerife	
			Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Directo	2.530.709,92	1.216.269,57	26,9	548.490,23
Indirecto	1.243.471,70	607.195,30	23,8	485.480,04
Inducido	47.539.408,24	25.369.010,19	581,9	12.728.052,18
Económico	51.313.589,86	27.192.475,06	632,6	13.762.022,45
Impacto	Producción (€)	Valor añadido bruto (€)	La Palma	
			Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Directo	1.686.425,99	767.589,05	16,9	339.442,75
Indirecto	803.628,55	366.220,70	16,1	331.449,65
Inducido	26.411.612,68	14.094.337,64	323,3	7.071.362,41
Económico	28.901.667,22	15.228.147,39	356,3	7.742.254,81
Impacto	Producción (€)	Valor añadido bruto (€)	Sector de la Astrofísica en Canarias (Tenerife y La Palma)	
			Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Directo	4.217.135,91	1.983.858,62	43,7	887.932,99
Indirecto	2.047.100,25	973.415,99	39,9	816.929,69
Inducido	73.951.020,92	39.463.347,83	905,2	19.799.414,59
Económico	80.215.257,08	42.420.622,44	988,8	21.504.277,26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Valor final de la producción, VAB, empleo y rentas salariales en Tenerife y La Palma

	Producción (€)	Valor añadido bruto (€)	Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Tenerife				
Valor inicial del SAC	25.036.311,92	14.916.429,19	379,2	14.916.429,28
Impacto económico	51.313.589,86	27.192.475,06	632,5	13.762.022,58
Valor final	76.349.901,78	42.108.904,25	1.011,7	28.678.451,70
La Palma				
Valor inicial del SAC	18.770.449,67	8.190.719,22	185,6	8.190.719,22
Impacto económico	28.901.667,22	15.228.147,39	356,3	7.742.254,81
Valor final	47.672.116,89	23.418.866,61	541,9	15.932.974,03
Sector Astrofísico en Canarias (Tenerife y La Palma)				
Valor inicial del SAC	43.806.761,59	23.107.148,41	564,8	23.107.148,50
Impacto económico	80.215.257,08	42.420.622,45	988,8	21.504.277,39
Valor final	124.022.018,67	65.527.770,86	1.553,6	44.611.425,73

Fuente: Elaboración propia

Una vez estimado el impacto económico derivado de la actividad económica del SAC, se procede a calcular el valor final de la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales tanto en Tenerife como en La Palma. Para ello, se han sumado los valores alcanzados por las variables mediante el impacto económico con los valores iniciales de estas macromagnitudes en el SAC. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 21.

Los resultados muestran que el SAC generó una producción cuyo valor total asciende a 76.349.901,78 y 47.672.116,89 euros en Tenerife y La Palma, respectivamente, generando un VAB por valor de 42.108.904,25 y 23.418.866,61 euros. Esta actividad productiva dio empleo a un total de 1011 trabajadores a tiempo completo en Tenerife y 542 en La Palma, posibilitando que las familias recibieran 28.678.451,70 y 15.932.974,03 euros.

Estos resultados pueden ser comparados con las estimaciones insulares armonizadas de la Contabilidad Regional de España realizadas por el INE y que ofrecen anualmente información del Producto Interior Bruto (PIB) a precios de mercado y del empleo asalariado en Tenerife y La Palma. De esta manera, se observa que si bien la actividad productiva del SAC en Tenerife repre-

senta el 0,43% del PIB insular y el 0,34% del empleo asalariado, la importancia relativa del sector astrofísico en La Palma es significativamente más elevada, representando el 3,3% del PIB insular y el 2,3% del empleo asalariado a tiempo completo en la isla.

7.3.

Contribución a la hacienda pública y a la Tesorería General de la Seguridad Social en Tenerife y La Palma

Como ya se ha comentado previamente, el SAC contribuye a la hacienda pública tanto a través del pago de impuestos indirectos sobre el consumo y la producción como mediante el pago de impuestos sobre la renta de las personas físicas que abonan los trabajadores que obtienen rentas cuyo origen se encuentra en la actividad impulsada por el SAC. La Tabla 22 muestra el pago de impuestos a la administración estatal y autonómica realizados a partir de la actividad generada en Tenerife y La Palma.

Tabla 22. Recaudación impositiva derivada de la actividad del SAC en Tenerife y La Palma

Impuestos (€)	Tenerife	La Palma
IGIC asociado a las compras iniciales del SAC	417.167,61	181.400,64
IGIC asociado al impacto económico del SAC	1.097.776,32	605.707,56
Recaudación total IGIC	1.514.943,93	787.108,20
IRPF asociado a las rentas salariales abonadas por el SAC	3.011.965,42	688.922,15
IRPF asociado al impacto económico del SAC	465.529,39	1.340.123,92
Recaudación total IRPF	3.477.494,81	2.029.046,07
Recaudación total de otros impuestos sobre la producción	546.371,75	343.239,24
Impuestos locales	89.912,70	68.688,57
Total Recaudación Tributaria	5.628.723,19	3.228.082,08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Cotizaciones abonadas a la Seguridad Social en Tenerife y La Palma

Cotizaciones a la Seguridad Social (€)	Tenerife	La Palma
Cotizaciones abonadas por el SAC	4.227.448,87	2.317.973,54
Cotizaciones derivadas del impacto económico del SAC	3.884.311,32	2.191.058,11
Total Cotizaciones Seguridad Social	8.111.760,19	4.509.031,65

Fuente: Elaboración propia

Se estima que la actividad del SAC en Tenerife dio lugar a una recaudación tributaria total de 5.628.723,19 euros y de 3.228.082,08 euros obtenidos en La Palma. Los ingresos impositivos obtenidos del IRPF recaudados por la Agencia Estatal de Administración Tributación representan el 62,4% del total recaudado. Se debe tener en cuenta que el acuerdo entre la Administración Central y la Comunidad Autónoma de Canarias para la cesión del 50% de este impuesto a la entidad local ha supuesto que la Comunidad Autónoma de Canarias obtuviese, por este concepto, un total de 2.753.270,44 euros.

Por otro lado, las compras de bienes y servicios derivadas de la actividad productiva del SAC y el gasto en consumo familiar inducido han dado lugar al pago total del IGIC de 1.514.943,93 y 787.108,20 euros en Tenerife y La Palma, respectivamente.

La Tabla 23 presenta las cotizaciones a la Tesorería General de la Seguridad Social abonadas, tanto por cuenta del trabajador como de la empresa, a raíz de la actividad desarrollada en Tenerife y La Palma.

Tanto en Tenerife como en La Palma se observa que las cotizaciones abonadas directamente por el SAC a la Seguridad Social son el componente. Debe destacarse que aunque el SAC genera el 36,3% del total del empleo, su contribución a la Seguridad Social supera a las cotizaciones abonadas por el empleo contratado a raíz del impacto económico que provoca la actividad del SAC. Esto es debido principalmente a que la renta salarial bruta media pagada por el IAC y las IUs (42.876 euros anuales) casi duplica a la media de los asalariados canarios, lo que convierte al trabajo contratado por el SAC en un contribuyente de la Tesorería General de la Seguridad Social con una participación relativa superior al trabajador medio en Canarias.

8.

Un análisis de la eficiencia del gasto del SAC

Una vez evaluado los impactos económicos generados por el SAC en Canarias, en este apartado se analiza el efecto multiplicador que el gasto realizado tanto en la compra de bienes y servicios como a través del pago de rentas salariales tiene sobre la producción, el VAB, el empleo, las rentas salariales, la recaudación impositiva y las cotizaciones sociales abonadas. Para ello, se han calculados los correspondientes multiplicadores definidos como el ratio entre los impactos económicos y los gastos realizados, siguiendo la propuesta metodológica explicada en el apéndice 3. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

El multiplicador del gasto del SAC sobre la producción indica que por cada euro gastado por el SAC se genera un incremento en la producción total por valor de 2,30 euros.

Tabla 24. Multiplicadores del gasto sobre el impacto económico del SAC

	Producción (€)	Valor añadido bruto (renta) (€)	Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
IAC	2,40	1,27	29,49	0,64
IUs	2,33	1,23	28,55	0,62
Congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas	1,42	0,77	18,08	0,38
Residencias OOCC	1,86	0,98	25,29	0,54
Total	2,30	1,22	28,38	0,62

Fuente: Elaboración propia

El ratio entre el impacto económico sobre el VAB y el gasto del SAC pone de manifiesto que cada euro gastado se convierte en 1,22 euros adicionales de valor añadido bruto, de los cuales 0,62 son en concepto de rentas salariales. Asimismo, se observa que por cada millón de euros gastado por el SAC se generan 28 empleos a tiempo completo.

Un análisis más pormenorizado en función del agente que realiza el gasto pone de manifiesto que los efectos multiplicadores en todas las macromagnitudes consideradas son superiores cuando es el IAC y las IUs quienes realizan estos gastos. Esto permite concluir que los gastos realizados en relación a las actividades principalmente vinculadas con la investigación científico-tecnológica, la enseñanza y la divulgación científica tienen una significativa capacidad para amplificar su impacto sobre el conjunto de la economía canaria, significativamente superior a los gastos hechos por el sector empresarial dedicado tanto a la prestación de servicios a investigadores externos y visitantes a los Observatorios canarios. En particular, se observa que cada euro gastado por el IAC se transforma en 2,40 euros adicionales de producción y 1,27 euros de VAB de los que 0,64 son rentas salariales. Asimismo, se estima que por cada millón de euros gastado por el IAC, se generan 29 empleos a tiempo completo.

A continuación se analiza el multiplicador de dicho gasto sobre el valor final de la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales. Estos multiplicadores se calculan como los ratios entre el gasto total y el valor final de cada macromagnitud, calculada esta última como la suma de su valor inicial y el impacto económico generado. Los resultados se muestran en la tabla 25.

Tabla 25. Multiplicadores del gasto sobre los valores totales de la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales

	Producción (€)	Valor añadido bruto (renta) (€)	Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
IAC	3,61	1,98	46,87	1,35
IUs	3,72	1,92	43,01	1,31
Congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas	2,54	1,04	30,58	0,65
Residencias OOCC	3,02	1,37	43,35	0,94
Total	3,56	1,88	44,59	1,28

Fuente: Elaboración propia

La estimación de estos multiplicadores del gasto sobre los valores finales permite concluir que cada euro gastado por el SAC ha dado lugar a 3,56 euros de valor total de la producción de bienes y servicios, generando de esta forma 1,88 euros de valor añadido bruto, de los cuales 1,28 euros son rentas salariales. Asimismo, se estima que por cada millón de euros gastado por el SAC se crean 45 empleos a tiempo completo.

El análisis de estos multiplicadores calculados para cada uno de los agentes que integran el SAC permite comprobar que el efecto que tiene el gasto del IAC es notablemente mayor a la media del SAC. Así debe destacarse que por cada euro gastado por el IAC se obtiene una producción total de 3,61 euros, generándose con ello 1,98 euros de valor añadido bruto, de los que 1,35 son rentas salariales. Además, se estima que por cada millón de euros gastados por el IAC se genera 47 empleos a tiempo completo en el conjunto de la economía canaria. Estos resultados permiten concluir que la actividad astrofísica desarrollada en Canarias tiene un significativo impacto sobre la economía regional.

Partiendo de las estimaciones de la contribución del SAC a la recaudación tributaria de la hacienda pública y a la Tesorería General de la Seguridad Social, se ha evaluado en qué medida la actividad productiva desarrollada por el SAC contribuye al pago de impuestos y de cotizaciones sociales. Para ello, se han calculado los correspondientes multiplicadores del gasto realizado por el SAC (incluyendo tanto el correspondiente a las compras de bienes y servicios como al pago de rentas salariales) sobre la re-

caudación impositiva y el pago de las cotizaciones a la Seguridad Social. Los resultados presentados en la tabla 26 muestran que el gasto en compras de bienes y servicios y el pago de rentas salariales realizado por el SAC en 2016 ascendió a 34.838.598,8 euros.

Tal y como se ha analizado en el apartado 3, estos gastos impulsaron al conjunto de la actividad económica canaria dando lugar a un pago total de impuestos a la Agencia Estatal de Administración Tributaria y a la Agencia Tributaria Canaria que en total ascendió a 8.856.805,27 euros. Por otro lado, el empleo total generado ha contribuido a la Tesorería General de la Seguridad Social por valor de 12.620.791,84 euros. Con todo ello, las AAPP estatal y autonómica han percibido unos ingresos totales derivados de la actividad astrofísica en Canarias igual a 21.477.597,11 euros.

Los multiplicadores estimados permiten concluir que por cada euro gastado por el SAC, las AAPP recaudan 0,62 euros, de los cuales 0,25 euros se corresponden al pago de los diferentes impuestos considerados y 0,36 euros al pago de cotizaciones sociales.

Tal y como se ha descrito anteriormente, el IAC desempeña un papel crucial dentro del conjunto del SAC no solo por la actividad que directamente desarrolla en el ámbito científico, tecnológico, formativo y cultural sino porque además actúa tanto como coordinador del resto de agentes integrantes del SAC como promotor de nuevos proyectos y actividades prestada de forma conjunta con otros agentes internacionales y/o empresas privadas.

Tabla 26. Multiplicadores del gasto sobre la recaudación tributaria y el pago de las cotizaciones sociales derivadas de la actividad del SAC

Gasto total del SAC (€)	34.838.598,80
Recaudación impositiva (€)	8.856.805,27
Pago total de cotizaciones sociales (€)	12.620.791,84
Contribución del SAC a las AAPP (impuestos y cotizaciones sociales)	21.477.597,11
Multiplicador del gasto total sobre la recaudación impositiva	0,25
Multiplicador del gasto total sobre el pago de cotizaciones sociales	0,36
Contribución del gasto total del SAC a las AAPP	0,62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Transferencias recibidas por el IAC e ingresos de las AAPP

Transferencias recibidas de la Administración General del Estado (€)	10.627.000,00
Transferencias recibidas de la Comunidad Autónoma de Canarias (€)	4.560.000,00
Total transferencias recibidas por el IAC (€)	15.187.000,00
Recaudación impositiva total obtenida por la AEG (€)	2.753.270,44
Recaudación impositiva total obtenida por la CA (€)	6.103.534,83
Total recaudación impositiva de las AAPP(€)	8.856.805,27
Total cotizaciones sociales pagadas a la Tesorería General de la Seguridad Social (€)	12.620.791,84
Total de ingresos recibidos por las AAPP (€) (impuestos y cotizaciones sociales)	21.477.597,11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Multiplicadores de las transferencias recibidas por el IAC sobre los ingresos de las AAPP

Multiplicador transferencia recibidas de AEG sobre la recaudación tributaria de la Administración General del Estado	0,26
Multiplicador transferencias recibidas de la CA sobre la recaudación impositiva obtenida por CA	1,34
Multiplicador transferencia recibidas de la AGE y de la CA sobre la recaudación tributaria total	0,58
Multiplicador de las transferencias recibidas de la AGE y de la CA sobre las cotizaciones sociales pagadas por el SAC	0,83
Impacto de las transferencia recibidas sobre los ingresos percibidos por las AAPP	1,41

Fuente: Elaboración propia

Como institución promotora y coordinadora de la actividad astrofísica en Canarias, el IAC recibe financiación pública tanto por parte de la Administración General del Estado (AGE) como de la Comunidad Autónoma de Canarias. A continuación, se analiza la relación entre los recursos recibidos por el IAC de cada una de ellas y la contribución que el conjunto del SAC realiza a dichas instituciones públicas.

De esta manera, se pretende valorar el retorno financiero que obtiene dichas administraciones de la actividad desarrollada por el sector astrofísico en Canarias en el año 2016. Con este objetivo, se muestra en la tabla 27 las transferencias recibidas por el IAC tanto de la Administración General del Estado como de la Comunidad Autónoma de Canarias, así como la contribución realizada a cada una de ellas a partir de la actividad del SAC.

En el año 2016, el Consorcio Público del IAC recibió unas transferencias por parte de la Administración General del Estado por valor de 10.627.000,00 euros, mientras que las transferencias recibidas por parte de la Comunidad Autónoma de Canarias fueron igual a 4.560.000 euros. Esto supuso unos ingresos totales provenientes de las AAPP iguales a 15.187.000,00 euros. Estas transferencias recibidas de las administración estatal y autonómica representan el 0,11% del gasto total en I+D en España para el 2016, tal y como recoge el INE en su Resumen Anual de las Estadísticas de I+D del 2016. Atendiendo a la misma fuente, los 4.560.000 euros de financiación recibida por el IAC por parte de la comunidad autónoma representa el 2,3% del gasto total en I+D de Canarias.

Por otra parte, estas administraciones obtuvieron unos ingresos impositivos totales derivados de la actividad económica promovida por el SAC que ascendieron a 8.856.805,27 euros, de los cuales la Administración General del Estado obtuvo 2.753.270,44 euros mientras que la Comunidad Autónoma de Canarias recaudó vía impositiva un total de 6.103.534,83 euros.

A estos recursos tributarios, debe añadirse la recaudación que obtuvo la Tesorería General de la Seguridad Social que ascendió a 12.620.791,84 euros. Todo ello ha permitido estimar que la cifra total de recursos obtenidos por las AAPP en 2016 a partir de la actividad impulsada por el sector de la Astrofísica en Canarias ascendió a 21.477.597,11 euros.

Finalmente, se analiza la relación entre las transferencias recibidas por el IAC de las AAPP y los ingresos impositivos y relativos a las cotizaciones sociales que perciben las mismas. La tabla 28 muestra los multiplicadores calculados con este objetivo.

En primer lugar, se estima que por cada euro que recibe el IAC de la Administración General del Estado, ésta obtiene 0,26 euros.

Especialmente destacable es el resultado obtenido en relación a la Comunidad Autónoma de Canarias, en la que se observa que por cada euro que dicha institución transfiere al IAC, la comunidad autónoma obtiene 1,34 euros en concepto del pago de impuestos. Este resultado pone de manifiesto que, desde el punto de vista de los flujos de pagos e ingresos tributarios, la actividad de la Astrofísica en Canarias es un contribuyente neto que aporta a la recaudación impositiva autonómica una cuantía un 33% superior a la que recibe vía transferencias.

Si se consideran los efectos sobre las cotizaciones sociales abonadas a partir de la actividad del SAC, se observa que por cada euro que las AAPP (estatal y autonómica) transfieren al IAC, la Tesorería General de la Seguridad Social recauda 0,83 euros.

Con todo ello, se concluye que la contribución del Sector de la Astrofísica en Canarias a la recaudación tributaria y al pago de cotizaciones sociales es de 1,41 euros por cada euro concedido por estas AAPP al IAC. Este resultado pone de manifiesto que la aportación del SAC a los recursos financieros de estas AAPP es significativamente superior a las transferencias recibidas de los mismos.

9.

Impacto económico y social a largo plazo de la Astrofísica en Canarias

Además de los impactos económicos a corto plazo valorados en los apartados anteriores, existe otro conjunto diverso de efectos derivados de la actividad astrofísica en Canarias que, pese a su compleja valoración monetaria, no son menos relevantes. En esta sección, se aborda un análisis cualitativo con la finalidad de presentar de manera ordenada y sistemática las acciones y estrategias en progreso promovidas por el SAC, destacando su posible impacto a largo plazo sobre la economía y sociedad canaria.

Este estudio cualitativo de los efectos a largo plazo derivados de la actividad desarrollada por el SAC centrará su atención en dos ámbitos. En primer lugar, el IAC participa como un activo promotor y/o participe en el desarrollo de grandes infraestructuras científicas cuya instalación se proyecta realizar en los Observatorios canarios. En segundo lugar, se explorarán posibles nuevas líneas de negocio y empleo a desarrollar entorno a la actividad promovida por el SAC.

9.1.

Desarrollo de las Grandes Infraestructuras Científicas proyectadas en Canarias

El IAC promueve y participa activamente en el desarrollo de algunos de los grandes telescopios que se construirán y estarán operativos en los próximos años. Aprovechando así la dilatada y contrastada experiencia, el IAC participará tanto en el diseño y construcción de estas grandes infraestructuras científicas como en el desarrollo de la instrumentación avanzada necesaria para su funcionamiento. En este sentido, Canarias se ha posicionado como destino de algunos de los más avanzados telescopios proyectados a nivel mundial. Entre estos proyectos de Grandes Telescopios cabe destacar la Red de Telescopios Cherenkov (CTA), el Telescopio Solar Europeo (EST) y el Telescopio Robótico Liverpool 2 (LT2).

1. La Red de Telescopios Cherenkov (CTA) es un proyecto de investigación astronómica centrado en el análisis de la radiación gamma que surge en 2006 a partir de la colaboración de 25 países y en el que participan más de 800 científicos expertos internacionales. Este proyecto es considerado de alta prioridad en la hoja de ruta europea de proyectos de Astropartículas (ASPERA) y de proyectos de Astrofísica (ASTRONET), figurando además en el programa de grandes infraestructuras a construir definido en el Foro Estratégico Europeo sobre Infraestructuras de Investigación y en el "Decadal Survey" propuesto por EEUU.

La excelentes condiciones del cielo en Canarias para la observación astronómica, la infraestructura científico-tecnológica presente y la experiencia adquirida en la construcción en el Observatorio del Roque de los Muchachos de los telescopios MAGIC ha facilitado que Canarias haya sido seleccionada como el emplazamiento para esta red en el hemisferio norte. En particular, el Observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma es la sede escogida y donde ya está en marcha la instalación de una red de telescopios Cherenkov de tres tamaños diferentes. Según las estimaciones realizadas por el consorcio mundial que gestiona la red CTA, la construcción de esta red de telescopios se ejecutará en el periodo

2018-2025 y tendrá un coste total de construcción que ascenderá a 90 millones de euros, de los se calculan que 19,6 millones estarán dedicados a la construcción de los telescopios que se instalarán en La Palma. Los telescopios de la Red CTA ubicados en el Observatorio del Roque de los Muchachos estarán en funcionamiento a partir de 2026 con un gasto en compras de bienes y servicios y de contratación del

personal necesario para su funcionamiento que se estima ascenderá a 2,36 millones de euros al año. Esta decisión consolida la presencia y liderazgo de los Observatorios Astronómicos en Canarias en el campo de la Astronomía de rayos gammas de muy alta energía, un ámbito de investigación de gran relevancia y proyección científica. Una vez superada la fase inicial de diseño y de preparación del proyec-

to, en la actualidad se están construyendo 2 de los 19 telescopios de la Red de Telescopios Cherenkov (CTA) que se prevén instalar en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Composición artística de la Red de Telescopios Cherenkov (CTA).



2. El proyecto de construcción del Telescopio Solar Europeo (EST) ha sido definido como un objetivo prioritario por parte de las agencias financiadoras de la actividad astrofísica en Europa, admitiéndose de forma unánime por la comunidad de Física solar europea que Canarias es su localización idónea. En este sentido, la European Association for Solar Telescope, compuesta por instituciones de 15 países europeos, considera al EST como un proyecto clave para su mantener la posición europea de liderazgo en la investigación astronómica frente al telescopio americano ATST. Tal y como se ha estimado en el *Informe sobre aspectos científicos, técnicos, industriales socioeconómicos del EST (2011)*, este proyecto supondría una inversión total de 15 millones en la fase preparatoria del proyecto (2017-2021) junto a 185 millones adicionales correspondientes a la fase de construcción del telescopio que se desarrollaría entre 2021 y 2027. A esto habría que añadir un gasto estimado anual de 9,5 millones de euros, correspondiente a las compras de aprovisionamientos y a la contratación del personal necesario para la fase de operación y funcionamiento del telescopio.

3. El Nuevo Telescopio Robótico Liverpool 2 (NRT-LT2) de 4 metros de diámetro es una iniciativa impulsada por la Universidad de Liverpool John Moores en colaboración con el IAC que se convertirá en el mayor telescopio robótico del mundo. Este nuevo proyecto a desarrollar en el periodo 2017-2021 en La Palma situará al IAC a la vanguardia de la astronomía de dominio temporal y contribuirá a la identificación de fuentes energéticas binarias distantes y de ondas gravitacionales. La fase de construcción de este telescopio se ejecutará en el periodo 2019-2024 con un coste total estimado de 20 millones de euros, de los que se calcula que 4,34 millones se corresponden con gastos a realizar en la isla de La Palma. A esta cifra habrá que añadir un gasto anual en Canarias relacionado con la fase de operación del telescopio que se estima en 0,4 millones de euros.

A continuación, en la tabla 29, se muestra el resumen de la previsión de plazos y los gastos anualizados correspondientes tanto a la fase de construcción como a la de operación de estos nuevos proyectos de telescopios que se instalarán en los Observatorios de Canarias.

A partir de esta previsión de gastos anuales y de los plazos de ejecución, se procede a estimar tanto los impactos económicos como los valores finales de la producción, el valor añadido bruto, el empleo a tiempo completo y las rentas salariales que se derivan en Canarias de estos nuevos proyectos de telescopios. Para ello, y utilizando tanto los multiplicadores que permiten calcular el impacto económico (véase tabla 24), se ha estimado el incremento de producción, VAB, empleo y renta salarial que generarán estos nuevos proyectos científicos en Canarias durante la próxima década.

La tabla 30 muestra el impacto económico resultante de agregar los efectos directos, indirectos e inducidos sobre la economía canaria que se derivan de las compras de bienes y servicios así como del pago de rentas salariales que serán necesaria para la construcción y funcionamiento del Telescopio Solar Europeo, la Red de Telescopios Cherenkov y el Nuevo Telescopio Robótico Liverpool 2.

Diseño conceptual del Telescopio Solar Europeo (EST)



Los resultados muestran que estos nuevos proyectos de telescopios tendrán un impacto muy destacado sobre la economía canaria, que además irá en continua aumento a medida que se finalicen sus respectivas fases de construcción¹². En este sentido basta destacar que en el año 2018, momento en que estarán operativos los tres telescopios proyectados, estas nuevas instalaciones astronómicas tendrán un impacto económico anual sobre la producción canaria que se estima en 28.060345 euros, junto a un incremento del valor añadido bruto igual a 14.884.183 euros. Asimismo, se calcula que estos proyectos contribuirán a la creación de 346 nuevos empleos a tiempo completo en Canarias, empleados que por otro lado recibirán una renta salarial igual a 7.564.093 euros.

¹² Hacemos notar que estas estimaciones sobre los impactos económicos de los nuevos telescopios proyectados se basan en una serie de supuestos que obliga a considerar estos resultados como una aproximación. En particular, se asume que la estructura productiva canaria representada en la Tabla input-output empleada será similar a la actual. Además, en esta estimación del impacto económico se admite un patrón de gastos por parte de estos nuevos telescopios similar a los ya operativos.

A partir de los multiplicadores del gasto sobre los valores finales de la producción, el valor añadido bruto, el empleo y la renta salarial obtenidos en este estudio que se muestran en la tabla 25, se estiman los valores finales de estas macromagnitudes, incluyendo tanto el valor inicial de estas variables como el impacto económico mostrado en la tabla 30. Los resultados se presentan en la tabla 31.

Los resultados obtenidos muestran que la producción final de bienes y servicios generados a partir de la construcción y funcionamiento de estos nuevos telescopios alcanzaría en el año 2018 un valor igual a 43.432.534 euros, dando lugar a un valor añadido bruto que asciende a 22.936.282 euros. El número de empleos a tiempo completo, resultante tanto de la actividad directa desarrollada en estos nuevos telescopios como del impacto económico que sobre el conjunto de la economía canaria generan, ascenderá a 554, lo que supondrá un pago de unas rentas salariales por valor de 15.616.192 euros.

Tabla 29. Gastos anualizados y plazos de ejecución de los Nuevos Proyectos de Telescopios en los Observatorios de Canarias

Fase	Periodo	Gasto Anual en Canarias (€)
Telescopio Solar Europeo (EST)		
Fase Preparatoria - pre-construcción	2017-2021	652.174
Fase Construcción	2021-2027	5.745.342
Fase Operación	Desde 2028 en adelante	9.445.277
Red de telescopios Cherenkov (CTA-Norte)		
Fase Construcción	2018-2025	2.445.652
Fase Operación	Desde 2026	2.361.319
New Robotic Telescope (NRT, Liverpool-2)		
Fase Construcción	2019-2022	1.086.957
Fase Operación	Desde 2023	393.553

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Impactos Económicos derivados de los Nuevos Proyectos Científicos

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Impacto económico sobre la producción (euros)												
EST	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	14.714.286	14.714.286	14.714.286	14.714.286	14.714.286	14.714.286	14.714.286	21.724.138
CTA	0	5.625.000	5.625.000	5.625.000	5.625.000	5.625.000	5.625.000	5.625.000	5.625.000	5.431.034	5.431.034	5.431.034
NRT	0	0	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	905.172	905.172	905.172	905.172	905.172	905.172
Total	1.500.000	7.125.000	9.625.000	9.625.000	22.839.286	22.839.286	21.244.458	21.244.458	21.244.458	21.050.493	21.050.493	28.060.345
Impacto económico sobre el Valor Añadido Bruto (euros)												
EST	795.652	795.652	795.652	795.652	7.804.969	7.804.969	7.804.969	7.804.969	7.804.969	7.804.969	7.804.969	11.523.238
CTA	0	2.983.696	2.983.696	2.983.696	2.983.696	2.983.696	2.983.696	2.983.696	2.983.696	2.880.810	2.880.810	2.880.810
NRT	0	0	1.326.087	1.326.087	1.326.087	1.326.087	480.135	480.135	480.135	480.135	480.135	480.135
Total	795.652	3.779.348	5.105.435	5.105.435	12.114.752	12.114.752	11.268.800	11.268.800	11.268.800	11.165.913	11.165.913	14.884.183
Impacto económico sobre el Empleo (E.T.C.)												
EST	19	19	19	19	182	182	182	182	182	182	182	268
CTA	0	69	69	69	69	69	69	69	69	67	67	67
NRT	0	0	31	31	31	31	11	11	11	11	11	11
Total	19	88	119	119	282	282	262	262	262	260	260	346
Impacto económico sobre la renta salarial (euros)												
EST	404.348	404.348	404.348	404.348	3.966.460	3.966.460	3.966.460	3.966.460	3.966.460	3.966.460	3.966.460	5.856.072
CTA	0	1.516.304	1.516.304	1.516.304	1.516.304	1.516.304	1.516.304	1.516.304	1.516.304	1.464.018	1.464.018	1.464.018
NRT	0	0	673.913	673.913	673.913	673.913	244.003	244.003	244.003	244.003	244.003	244.003
Total	404.348	1.920.652	2.594.565	2.594.565	6.156.677	6.156.677	5.726.767	5.726.767	5.726.767	5.674.481	5.674.481	7.564.093

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Valor final de la producción, VAB, empleo y renta salarial derivados de los Nuevos Proyectos Científicos

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Impacto económico sobre la producción (euros)												
EST	2.321.739	2.321.739	2.321.739	2.321.739	22.775.155	22.775.155	22.775.155	22.775.155	22.775.155	22.775.155	22.775.155	33.625.187
CTA	0	8.706.522	8.706.522	8.706.522	8.706.522	8.706.522	8.706.522	8.706.522	8.706.522	8.406.297	8.406.297	8.406.297
NRT	0	0	3.869.565	3.869.565	3.869.565	3.869.565	1.401.049	1.401.049	1.401.049	1.401.049	1.401.049	1.401.049
Total	2.321.739	11.028.261	14.897.826	14.897.826	35.351.242	35.351.242	32.882.726	32.882.726	32.882.726	32.582.502	32.582.502	43.432.534
Impacto económico sobre el Valor Añadido Bruto (euros)												
EST	1.226.087	1.226.087	1.226.087	1.226.087	12.027.329	12.027.329	12.027.329	12.027.329	12.027.329	12.027.329	12.027.329	17.757.121
CTA	0	4.597.826	4.597.826	4.597.826	4.597.826	4.597.826	4.597.826	4.597.826	4.597.826	4.439.280	4.439.280	4.439.280
NRT	0	0	2.043.478	2.043.478	2.043.478	2.043.478	739.880	739.880	739.880	739.880	739.880	739.880
Total	1.226.087	5.823.913	7.867.391	7.867.391	18.668.634	18.668.634	17.365.035	17.365.035	17.365.035	17.206.490	17.206.490	22.936.282
Impacto económico sobre el Empleo (E.T.C.)												
EST	29	29	29	29	285	285	285	285	285	285	285	421
CTA	0	109	109	109	109	109	109	109	109	105	105	105
NRT	0	0	48	48	48	48	18	18	18	18	18	18
Total	29	138	187	187	443	443	412	412	412	408	408	544
Impacto económico sobre la renta salarial (euros)												
EST	834.783	834.783	834.783	834.783	8.188.820	8.188.820	8.188.820	8.188.820	8.188.820	8.188.820	8.188.820	12.089.955
CTA	0	3.130.435	3.130.435	3.130.435	3.130.435	3.130.435	3.130.435	3.130.435	3.130.435	3.022.489	3.022.489	3.022.489
NRT	0	0	1.391.304	1.391.304	1.391.304	1.391.304	503.748	503.748	503.748	503.748	503.748	503.748
Total	834.783	3.965.217	5.356.522	5.356.522	12.710.559	12.710.559	11.823.003	11.823.003	11.823.003	11.715.057	11.715.057	15.616.192

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Impacto económico y valores finales derivados del TMT

Impacto Económico				
Fase	Producción (€)	Valor añadido bruto (€)	Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Construcción (2019-2024)	75.000.000	39.782.609	925	20.217.391
Funcionamiento (desde 2025)	54.310.345	28.808.096	670	14.640.180
Valores finales				
Fase	Producción (€)	Valor añadido bruto (renta) (€)	Empleo (E.T.C)	Renta Salarial (€)
Construcción (2019-2024)	116.086.957	61.304.348	1.454	41.739.130
Funcionamiento (desde 2025)	84.062.969	44.392.804	1.053	30.224.888

Fuente: Elaboración propia

El Telescopio de Treinta Metros (Thirty Meter Telescope, TMT) está diseñado como el proyecto de telescopio óptico infrarrojo más grande del hemisferio norte y está promovido por el Instituto de Tecnología de California (Caltech), el Consejo Nacional de Investigación (Canadá), el Observatorio Astronómico Nacional de la Academia de Ciencias de China (NAOC), el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la India, el Instituto Nacional de Ciencias Naturales de Japón y la Universidad de California. Si bien la ubicación inicialmente seleccionada es el observatorio instalado en Mauna Kea en Hawái, los litigios judiciales presentados a su construcción han conducido a que el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma haya sido seleccionado como la localización alternativa en caso de que finalmente la resolución definitiva esperada para finales del año 2018 impida su construcción en Hawái. Este proyecto supondrá una inversión en la fase de construcción a ejecutar entre 2019 y 2024 que ascendería a 900 millones de euros, estimándose que el coste total anual de funcionamiento sería de 30 millones de euros. En el caso de que finalmente se trasladase la instalación del TMT a La Palma, los efectos económicos estimados en Canarias a partir de los efectos multiplicadores mostrados en las tablas 24 y 25 serían muy significativos. Así, se calcula que el impacto económico sobre la producción anual observado en Canarias durante la fase de construcción ascendería a 75 millones de euros, lo que supondría 39,8 millones de valor añadido bruto, generándose así 925 empleos anuales a tiempo completo que recibirían una renta salarial igual a 20,2 millones de euros. Una vez finalizada la fase de construcción, las compras de aprovisionamientos y los gastos derivados del pago de las rentas salariales darían lugar a un impacto económico anual asociado a la fase de funcionamiento del TMT que se estima en 54 millones de euros de producción, 28,8 millones de euros de valor añadido bruto, 670 empleos a tiempo completo y 14,6 millones de euros de renta salarial. Por otro lado, si al este impacto económico estimado en la fase de construcción se le añadiese el impacto inicial, se obtendría un valor final anual de la producción durante el periodo 2019-2024 igual a 116 millones, lo que daría lugar a un incremento del valor añadido bruto de 61,3 millones de euros y a un aumento del empleo de 1.454 trabajadores al año que recibirían una renta salarial de 41,7 millones de euros. A partir del año

2025 en que comenzaría la fase de operación del TMT, el valor final de la producción anual se estima en 84 millones de euros, un valor añadido bruto de 44 millones de euros, así como la contratación de 1053 empleos a tiempo completo que recibirían una renta salarial anual de 30 millones de euros.

Los beneficios derivados de la actividad científica a desarrollar en estos grandes telescopios proyectados en Canarias no se circunscribirán al ámbito estrictamente astronómico, sino que además abrirán importantes oportunidades de transferencia tecnológica a otros sectores productivos generadores de alto valor añadido. Este es el caso de las posibles aplicaciones tecnológicas en el ámbito de la medicina, la meteorología, las ciencias medioambientales, la microelectrónica, la tecnología de la comunicación y la energía. En este sentido, el conocimiento adquirido a partir de esta investigación científica y su desarrollo tecnológico permitirá la construcción de instrumentos de diagnóstico médico de mayor precisión y menos invasivos para el paciente en el ámbito de la radioterapia. Por otro lado, se desarrollará la fabricación de instrumentación avanzada en la monitorización de la atmósfera que mejore el estudio de los impactos causados por la contaminación. Los retos tecnológicos planteados en la construcción y funcionamiento de estos telescopios permitirá al sector especializado en la microelectrónica adquirir el conocimiento necesario para la posterior fabricación de fotodetectores más compactos, de alta velocidad, mayor sensibilidad y energéticamente más eficientes. En el campo de la comunicación, se esperan importantes avances en el software necesario para el almacenamiento y tratamiento de grandes bases de datos, pudiendo desarrollarse nuevas infraestructuras especializadas en la transmisión con alta velocidad de grandes bases de datos. Asimismo, en el ámbito de la generación de nuevas fuentes de energía sostenible, las aplicaciones tecnológicas inspiradas en los desarrollos de la actividad astrofísica contribuirán al diseño de avanzados sistemas de consumo y producción más eficiente de energía solar y eólica. Por último, la actividad astrofísica constituirá un excelente test donde explorar el desarrollo de nuevas vías de comunicación óptica con satélites espaciales.

Junto a estas oportunidades de nuevos negocios a desarrollar al amparo de la actividad impulsada por estas grandes instalaciones telescópicas, debe destacarse

que los centros de investigación españoles especializados en la Astrofísica encontrarán en estos nuevos proyectos un excelente campo de formación y entrenamiento para mejorar la cualificación profesional de su personal. Se genera así un centro de perfeccionamiento profesional del que pueden surgir nuevas sinergias e iniciativas en forma de potenciales colaboraciones científico-profesionales, de las que en el futuro se podrían surgir nuevas oportunidades de negocio generadoras de alto valor añadido.

9.2.

El astroturismo:

un nuevo modelo de negocio sostenible

La protección de la calidad de los cielos canarios es uno de los objetivos fundamentales perseguidos por el IAC. El cielo es concebido como un valioso recurso no solo para la investigación astrofísica, sino que además forma parte del patrimonio cultural y medioambiental de la humanidad. La creciente contaminación lumínica no solo impone serios obstáculos a la investigación científica, sino que además es una seria amenaza para la conservación de la biodiversidad y del patrimonio cultural, natural y paisajístico.

Partiendo de esta consideración general del cielo como un valioso patrimonio universal de la humanidad formulada en la Conferencia General de la UNESCO de 2005, el IAC impulsó en el año 2007 la celebración en La Palma de la *I Conferencia Internacional en Defensa del Cielo y el Derecho a observar las Estrellas* contando con la participación, entre otros, de la UNESCO, el apoyo del Man and Biosphere Programme, la Unión Astronómica Internacional, el Convenio Ramsar y la Organización Mundial del Turismo. En este encuentro se destacó la necesidad de preservar la calidad del cielo nocturno como recurso medioambiental, cultural, científico y económico. Como resultado más destacable de esta reunión internacional cabe apuntar a la aprobación de la Declaración sobre la *Defensa del Cielo Nocturno y del Derecho a la luz de las Estrellas* (Declaración de La Palma) donde se establecen los principios y objetivos básicos a seguir en defensa del cielo así como un plan de acción a ejecutar con este fin. A raíz de la Declaración de La Palma, el IAC impulsó la

constitución en el año 2009 de la Fundación *Starlight*, una entidad con personalidad jurídica propia y sin ánimo de lucro que promueve un conjunto de actuaciones encaminadas a defender la calidad del cielo y a potenciar su valoración como un recurso científico, cultural, medioambiental y económico básico para la Humanidad.

Junto a la protección del cielo nocturno y la difusión cultural de la astronomía, la Fundación *Starlight* pretende fomentar el aprovechamiento del cielo como un recurso económico que permita el desarrollo de actividades productivas sostenibles. En este sentido, se promueve un nuevo modelo de turismo cultural, complementario al existente, que permita el desarrollo de nuevas oportunidades de negocios que compatibilicen la generación de riqueza económica y el respeto al medio ambiente. Con esta intención, la Fundación *Starlight* impulsa el desarrollo del binomio Ciencia y turismo diversificando así la oferta turística existente con servicios sostenibles y de alto valor añadido, que además estimulen la concienciación social sobre la relevancia de proteger este recurso natural. Para ello, la Fundación dispone de un sistema de certificación, respaldado por la UNESCO, la Organización Mundial del Turismo y la Unión Astronómica Internacional, que permite acreditar como “Destino Turístico Starlight” a aquellos lugares cuya calidad del cielo e infraestructura permite desarrollar este turismo de las estrellas. Asimismo, la Fundación acredita como “Reserva Starlight” a los lugares que mantienen intactas las condiciones de iluminación natural y nitidez del cielo nocturno, incluyendo el paisaje estelar a los bienes culturales de su naturaleza.

El astroturismo representa un nuevo modelo de negocio que ofrece un atractivo más a Canarias para captar visitantes que de otra forma podían no haber considerado a esta región como su destino. Además, contribuye a mejorar la imagen de calidad de la marca Canarias en el mercado mundial de turismo, asociando este destino a valores relacionados con el respeto al medio ambiente, un aspecto que progresivamente tiene mayor influencia en la elección del destino turístico. Igualmente es digno de destacar la contribución del astroturismo al desarrollo de algunas zonas rurales menos desarrolladas económicamente y donde generalmente se localizan los emplazamientos de esta oferta turística. Los beneficios derivados del astroturismo se extienden por el conjunto de la economía regional en la medida en que la

oferta de actividades estrictamente relacionadas con la observación del cielo nocturno es complementada con una amplia gama de servicios complementarios relacionados con los servicios de restauración, alojamiento y otro tipo de actividades recreativas y de ocio cultural. En este sentido es destacable la estrategia de colaboración entre agentes públicos y privados desarrollada en La Palma materializada en iniciativas como *Astrofest*, un festival que organiza una diversa oferta de actividades deportivas, gastronómica y de divulgación cultural relacionadas con la Astronomía, entre las que cabe citar la celebración del Festival de Cine de las Estrellas y de talleres profesionales de fotografía nocturna. Un extenso catálogo de actividades de ocio que a la vez que atraen a un importante número de visitantes con el consiguiente impacto económico, contribuye a dinamizar la vida cultural de la isla. El acierto de este modelo de negocio, sostenible y económicamente rentable, ha sido recientemente reconocido con la concesión del premio al mejor producto de turismo activo en la XXIII Feria Internacional de Turismo (FITUR).



10.

Referencias

A la derecha,
Vista panorámica del Observatorio del Roque de Los Muchachos.



Auerbach, A. y Gorodnichenko, Y. (2012). Measuring the output responses to fiscal policy. *American Economic Journal: Economic Policy*. American Economic Association, vol. 42, 1-27.

Batini, N., Eyraud, L., Forni, L. y Weber, A. (2014). Fiscal Multipliers: Size, Determinants, and Use in Macroeconomic Projections. *Technical Notes and Manuals*. International Monetary Fund (IMF). Fiscal Affairs Department. USA.

Cherenkov Telescope Array-Spain Consortium (2011). *Science, Technology, Industry and Impact: The Cherenkov Telescope Array, a ground-based facility for gamma-ray astronomy at Observatorio del Teide*. Editado por CTA

Iniciativa Starlight (2007). *Declaración sobre la defensa del cielo nocturno y el derecho a la luz de las estrellas (Declaración de La Palma)*.

Iniciativa Starlight (2009). *Reserva Starlight. Concepto, Dimensiones, Categorías, Criterios, Recomendaciones*.

Instituto de Astrofísica de Canarias (2011). *EST: Telescopio Solar Europeo de Gran Apertura en las Islas Canarias. Informe sobre aspectos científicos, técnicos, industriales y socio-económicos*. Editado por IAC.

Instituto de Astrofísica de Canarias (2014). *Plan Estratégico para el Instituto Astrofísico de Canarias 2014-2017*.

Instituto de Astrofísica de Canarias (2014). *Plan Estratégico para el Instituto Astrofísico de Canarias 2014-2017*.

Instituto de Astrofísica de Canarias. *Balance, Presupuesto de Explotación, de Capital y de Flujos de Efectivo Año 2016*. Portal de Transparencia, IAC.

Instituto de Astrofísica de Canarias. *Cuenta anual Año 2016*. Portal de Transparencia, IAC.

Instituto de Astrofísica de Canarias. *Memoria IAC 2016*.

Instituto de Astrofísica de Canarias. *Plan Estratégico para el Instituto de Astrofísica de Canarias 2014-2017*.

Intervención General de la Administración del Estado (2017). *Informe de auditoría de las cuentas anuales del Instituto de Astrofísica de Canarias. Ejercicio 2016*. Editado por Ministerio de Hacienda y Función Pública.

Miller, R. y Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*. Segunda Edición. Cambridge University Press. U.K.

Muñoz Cid, C. (1989). *Introducción a la economía aplicada. Cuentas nacionales, tablas input-output y balanza de pagos*. Biblioteca de Economía. Series manuales. Espasa Calpe. Madrid.

Perotti, R. (2004a). *Estimating the effects of fiscal policy in OECD countries*. Working Paper Series 279, IGER. Bocconi University. Italy.

Perotti, R. (2004b). *Public Investment: Another (Different) Look*. Working Paper Series, 277, IGER, Bocconi University. Italy.

ANEXO 1:

**Observatorios de Canarias:
Observatorio del Teide y Observatorio
del Roque de Los Muchachos**



Observatorio del Teide

Superficie: 50 hectáreas. Altitud: 2.390m

Situación: Isla de Tenerife (Islas Canarias/España)

Longitud: 16° 30' 35" Oeste. Latitud: 28° 18' 00" Norte



(A) = Alemania;
(B) = Bélgica;
(D) = Dinamarca;
(E) = España;
(EEUU) = Estados Unidos;
(ES) = Eslovaquia;
(F) = Francia;
(J) = Japón;
(Q) = Catar;
(RU) = Reino Unido;
(Intern.) = Internacional
*** Previsto**

Diámetro (cms)	Instrumento	Propietario	Operativo (año)
20	Monitor de seeing automático (DIMMA)	IAC (E)	2010
Telescopios de Microondas			
40	Experimento GroundBIRD	RIKEN (J)	2018*
250 x 2	QUIJOTE I y QUIJOTE II	IAC (E) Univ. Cambridge (RU) Univ. Manchester (RU) Inst. Física Cantabria (E) Univ. Cantabria (E)	2012- 2014
Telescopios Ópticos e Infrarrojos			
8	Telescopio EARTHSHINE	New Jersey Inst. Technology (EEUU)	2009
34	COAST	Open Univ. (RU)	2016
40 x 2	LCOGT-Teide Node	LCOGT Network (EEUU)	2015
40 x 2	Telescopio MASTER	Inst. Sternberg MSU (RU)	2014-2015
30 x 2 40 x 2	Red de telescopios ópticos (OTA)	Sociedad del Telescopio (EEUU)	2015
40	Telescopio PIRATE	Open Univ. (RU)	2017
45 x 2	Telescopio MAGEC	Obs. Astron. de Mallorca (E)	-
50	Telescopio MONS	Univ. Mons (B)	1972
70	Telescopio solar de Torre al Vacío (VTT)	Inst. Kiepenheuer (A)	1989
80	Telescopio IAC-80	IAC (E)	1993

Telescopios Ópticos e Infrarrojos			
90	Telescopio solar THEMIS	CNRS (F)	1996
100	Telescopio SONG	Univ. Aarhus (D) IAC (E)	2014
100	Telescopio OGS	ESA (Intern.)	1996
120 x 2	Telescopios robóticos STELLA	Inst. Potsdam (A)	2005-2008
150	Telescopio solar GREGOR	Inst. Kiepenheuer (A) MPS (A) Inst. Potsdam (A)	2014
155	Telescopio infrarrojo Carlos Sánchez (TCS)	IAC (E)	1972
Instrumentos en el Laboratorio Solar			
	Espectrofotómetro integral MARK-I	Univ. Birmingham (RU) IAC (E)	1977
	Tacómetro de Fourier GONG-T	NSO (EEUU)	1996
	Fotómetro estelar EAST	IAC (E)	2006
Cámaras			
	CILBO	ESA (Intern.)	2011
	AMOS-CI	Univ. Bratislava (ES)	2014
	QES	Fundación Catarí de Investigación (Q)	2016

Fuente: Memoria IAC 2016

Observatorio del Roque de los Muchachos

Superficie: 189 hectáreas. Altitud: 2.396m

Situación: Isla de La Palma (Islas Canarias/España)

Longitud: 17° 52' 34" Oeste. Latitud: 28° 45' 34" Norte



Diámetro (cms)	INSTRUMENTO	PROPIETARIO	Operativo (año)
20	Monitor de seeing automático (DIMMA)	IAC-Univ. Niza (E-F)	2004
30	Monitor de seeing automático (RoboDIMM)	STFC/ING (RU)	2007
Telescopios Ópticos e Infrarrojos			
40 x 4	GOTO	Univ. Warwick (RU)	2017
45	Telescopio solar Abierto Holandés (DOT)	Fundación DOT (PB)	1997
60	Óptico	KVA (S)	1982
97	Refractor solar (SST)	Univ. Estocolmo (S)	2002
100	Telescopio Warwick	Univ. Warwick (RU)	2014
100	Telescopio Jacobus Kapteyn (JKT)	IAC/SARA (E-EEUU)	2015
120	Telescopio MERCATOR	Inst. Sterrenkunde ,Univ. Leuven (B)	2002
200	Telescopio robótico Liverpool (LT)	Univ. John Moores Liverpool (RU)	2003
250	Telescopio Isaac Newton (INT)	IAC/ING (E-RU)	1984
256	Telescopio Nórdico (NOT)	Asoc. Científica NOTSA (D-FI-N-S-IS)	1989
358	Telescopio Nacional Galileo (TNG)	INAF (IT)	1998
420	Telescopio William Herschel (WHT)	IAC/ING (E-RU)	1987
1.050	Gran Telescopio CANARIAS (GTC)	GRANTECAN (E) Univ. Florida (EEUU) INAOE UNAM (M)	2008

Colaboración FACT: Univ. Würzburg, TU Dortmund (A); ETH Zurich; ISDC, Univ. Ginebra (SZ).

Colaboración MAGIC: Inst. for Nuclear Research & Nuclear Energy (BU); CroaSan MAGIC ConsorSum (Rudjer Boskovic Inst., Univ. Rijeka & Univ. Split.) (C); Finnish MAGIC ConsorSum (Tuorla Obs., Univ. Turku & Dept. of Physics, Univ. Oulu.) (FI); DESY, Zeuthen, MPI für Physik, Munich, Univ. Würzburg, T. Un. Dortmund (A); SINP, Kolkata (IN); Univ. Udine & INFN Trieste, INAF, Rome, Univ. Siena & INFN Pisa, Siena, Univ. Padova & INFN Padova, Univ. Insubria & INFN Milano, Como (IT); Japanese MAGIC ConsorSum (ICRR, Univ. Tokyo, Tokyo & Division of Physics & Astronomy, Univ. Kyoto (J); Univ. Łódź (P); CIEMAT, Madrid, IAC, La Laguna, IFAE-BIST & CERES-IEEC, Univ. Autónoma de Barcelona, ICE-CSIC, Univ. Barcelona, Univ. Complutense, Madrid (E); ETH, Zurich, ISDC, Univ. Geneva (SZ).

Colaboración LST: CBFP, Rio de Janeiro (BR); CNRS/LAPP, Annecy (F); MPI für Physik, Munich; Univ. Hamburg; Univ. Würzburg (A); FESB, Univ. Split (C); SINP, Kolhata (IN); INFN Bari, Univ. Padova & INFN Padova, INFN Perugia; Univ. Siena & IFNF Pisa, Siena; Univ. Udine & IFNF Trieste, Udine (IT); ICRR & Univ. Tokyo, Univ. Kyoto, Univ. Ibaraki, Univ. Nagoya, Univ. Hiroshima, Univ. Yamagata, Univ. Waseda, Univ. Konan, Univ. Aoyama, Univ. Saitama, Univ. Kinki, KEK, Tsukuba, RIKEN & Univ. Saitama, Univ. Tokai, Kanagawa, Univ. Tokushima (J); CIEMAT, Madrid, IAC, La Laguna, IFAE-BIST, Un. Autonoma de Barcelona, ICC, Un. Barcelona, Un. Complutense, Madrid(E); Un. Stockholm (S); ETH, Zurich (SZ).

Telescopios Cherenkov			
	FRAM	Acad. Checa de Ciencias (RCh)	2017
300	FACT	Colaboración FACT	2011
1.700 x 2	MAGIC I y MAGIC II	Colaboración MAGIC	2005-2008
2.300	LST 1	Colaboración LST	2017
Cámaras			
	CILBO	ESA (Intern.)	2011
	AMOS-CI	Univ. Bratislava (ES)	2014

- (A) = Alemania;
- (B) = Bélgica;
- (BR) = Brasil;
- (BU) = Bulgaria;
- (C) = Croacia;
- (D) = Dinamarca;
- (E) = España;
- (EEUU) = Estados Unidos;
- (ES) = Eslovaquia;
- (F) = Francia;
- (FI) = Finlandia;
- (IN) = India;
- (IS) = Islandia;
- (IT) = Italia;
- (J) = Japón;
- (M) = México;
- (N) = Noruega;
- (P) = Polonia;
- (PB) = Países Bajos;
- (RCh) = República Checa;
- (RU) = Reino Unido;
- (S) = Suecia;
- (SZ) = Suiza;
- (Intern.) = Internacional
- (*) Previsto

ANEXO 2:

Ramas de actividad implicadas en las actividades del SAC

1. SUMINISTROS

- Electricidad
 - Agua
 - Gasoil
-

2. INDUSTRIA QUÍMICA

- Nitrógeno
 - Aceite industrial
 - Agua desionizada
 - Alcohol isopropílico
 - Líquidos refrigerantes
 - Helio
-

3. INDUSTRIA METALÚRGICA Y MECÁNICA DE PRECISIÓN

- Tratamientos ópticos
 - Instrumentación Óptica
 - Mantenimiento de instrumentación óptica
 - Diseño óptico
 - Hardware
 - Software
 - Instalación eléctrica
 - Material eléctrico
 - Calibración de equipos eléctricos
 - Material electrónico
 - Equipamiento electrónico
 - Mantenimiento de elementos electrónicos
 - Mecánica de precisión
 - Calibración en metrología dimensional
 - Diseño mecánico
 - Hidráulica
 - Climatización
 - Elevadores de mercancía
-

4. COMERCIO, RESTAURANTES, HOSPEDAJE Y REPARACIONES

- Hoteles (excepto Residencia ORM y OT)
 - Restaurantes (excepto comedor ORM y OT)
 - Supermercados
 - Pequeño comercio
 - Reparaciones vehículos
-

5. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

- Teléfono fijo (excepto Observatorio)
 - Internet (excepto Observatorio)
 - Teléfono móvil
 - Paquetería
 - Correos
 - Transporte marítimo y aéreo
 - Alquiler de vehículos
 - Compra de vehículos
-

6. ALQUILERES

- Alquiler de sede (en la isla)
 - Alquileres varios (garajes, apartamentos del personal, etc.)
-

7. CONSTRUCCIÓN

- Edificación
 - Montaje de estructura e instalaciones
 - Acabado de obras
 - Servicios auxiliares de construcción
-

8. OTROS SERVICIOS AUXILIARES

- Mantenimiento de ascensores
 - Sistema contra incendios
 - Equipos de seguridad
 - Servicios de limpieza
-

ANEXO 3

Metodología: El modelo input-output y el multiplicador keynesiano del gasto¹³

El modelo input-output ofrece una descripción sintética los flujos de bienes y servicios entre los diferentes sectores que integran una economía durante un periodo determinado de tiempo. A pesar de su naturaleza estática, se ha convertido en un modelo ampliamente utilizado en el análisis empírico con el objetivo de cuantificar el impacto económico provocado por cambios en la demanda de bienes y servicios sobre la producción, el valor añadido bruto, el empleo y la generación de rentas salariales. Esta herramienta analítica no solo permite estimar las repercusiones de una actividad productiva sobre el conjunto de la economía sino que además posibilita desagregar sus efectos sobre los diferentes sectores y agentes que integran dicho sistema económico.

La tabla input-output es el instrumento estadístico descriptivo básico del sistema productivo que se construye como una tabla de doble entrada simétrica que está compuesta por tres matrices:

1. La matriz A de relaciones intersectoriales o matriz de coeficientes técnicos que recoge las compras y ventas entre las distintas ramas de actividad que se consideran integran el sistema económico estudiado.
2. La matriz D que detalla las ventas realizadas por cada rama a los distintos componentes de la demanda final (consumo privado, consumo público, formación bruta de capital y exportaciones),
3. La matriz IP que engloba la totalidad de los inputs primarios requeridos por cada uno de los sectores productivos para la obtención de los output totales. Esta última matriz muestra los pagos realizados a los factores de producción (remuneración de los asalariados y excedente bruto de explotación) y los impuestos indirectos netos que gravan la producción, y permite calcular el valor añadido de cada rama de actividad.

A partir de esta tabla input-output simétrica se definen los coeficientes técnicos como:

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j$$

siendo x_{ij} el total de ventas del sector i realizadas al sector j (o consumos intermedios del sector i por la rama j), mientras que x_j representa el total de ventas (producción) del sector j. El coeficiente técnico a_{ij} mide la cantidad de producto i que necesita el sector j para producir una unidad de producto. Así, la matriz de coeficientes técnicos A tiene dimensión $n \times n$, siendo n el número de sectores (ramas) de actividad de la economía.

A partir de estos coeficientes se puede construir un modelo elemental de obtención de la producción, definido por la siguiente ecuación matricial, en la que se especifica que los outputs (producción) totales de una economía deben ser iguales a la demanda final:

$$X = AX + D$$

donde X es el vector que representa la producción (output) total de la economía y D el vector de demanda final. De modo que

$$X = [I - A]^{-1}D$$

donde I representa la matriz identidad y $B = [I - A]^{-1}$ es la denominada matriz inversa de Leontief que es, junto a la matriz de coeficientes técnicos, el instrumento estadístico básico para la elaboración de los modelos input-output.

Cada elemento b_{ij} de la matriz inversa de Leontief se interpreta como la producción que debe generar un sector i para atender los requerimientos que se le realiza, tanto de forma directa como indirecta, cuando la demanda final del sector j se incrementa en una unidad. Así, la suma de los elementos b_{ij} de la columna j de la matriz B se interpretan como el efecto directo e indirecto sobre la producción de un incremento unitario en la demanda de la rama j. Este incremento en la producción genera, a su vez, efectos directos e indirectos sobre el valor añadido bruto, el empleo y las rentas salariales.

La construcción de la tabla input-output requiere de la previa identificación de las ramas de actividad que describen la estructura productiva a estudiar. En el caso que nos concierne en este estudio, para la estimación de los impactos directos e indirectos, se ha utilizado la tabla input-output más reciente en el ISTAC, esto es, la correspondiente al año 2005. En esta tabla se identifican 64 ramas de actividad que se corresponden con las clasificaciones estándar nacionales (CNAE 2009) y europeas (NACE Rev.1).

Tanto las rentas salariales inicialmente abonadas por un sector productivo como las posteriores variaciones en la renta salarial percibida a raíz de la participación de las familias en la producción de los efectos directos e indirectos, son la causa de un nuevo incremento en la demanda de consumo de bienes y servicios por parte de los hogares. De esta manera, se desencadena un proceso iterativo en el que las variaciones en la demanda final generan sucesivos incrementos en la producción de las diversas ramas de actividad, dando así lugar a un efecto

multiplicador sobre la renta de la economía que es similar al planteado en los modelos keynesianos agregados. Estos efectos denominados inducidos no son recogidos por la matriz inversa de Leontief debido a que los hogares y sus correspondientes rentas y gastos no están incluidos en la matriz de transacciones interindustriales.

Para cuantificar estos efectos inducidos es necesario considerar a las familias como un sector productivo más e integrarlos con su correspondiente fila y columna que recogiese sus gastos de consumo y los pagos de renta percibidos de cada rama de actividad. Con estos ajustes se construiría la matriz inversa de Leontief ampliada que permitiría cuantificar tanto los efectos directos e indirectos como los inducidos. Sin embargo, la información disponible no proporciona los datos necesarios para incluir esta fila y columna adicional que permita considerar a las familias como un sector productivo.

Ante la imposibilidad de construir la matriz inversa de Leontief ampliada, se ha optado por estimar el multiplicador keynesiano del gasto para la economía Canaria en el año 2016 que de forma genérica se puede expresar como:

$$m = \frac{1}{1 - c(1 - t)} \geq 1$$

donde c representa la propensión media del consumo de los hogares canarios en bienes y servicios finales producidos en el interior de Canarias, y se calcula como el cociente entre el gasto en consumo final interior de los hogares y la renta salarial bruta, definiéndose a ésta última como la suma del saldo de rentas primarias brutas, las prestaciones sociales distintas de las transferencias en especie y otras transferencias corrientes recibidas.

A partir de la información más reciente disponible, correspondiente al periodo 2010-2013, contenida en las series *Gasto en consumo final de los hogares* y en las *Cuentas de renta de los hogares* elaborada por el INE, se ha estima que la propensión media del consumo de los hogares canarios en bienes y servicios finales producidos en el interior fue del 87,5%.

Por otro lado, la información contenida en las Cuentas de renta de los hogares publicada por el INE y en la serie de

¹³ Véase Miller, R. y Blair, P. (2009) y Muñoz Ciudad (1989) para un repaso más exhaustivo de esta metodología.

la recaudación tributaria publicada por el ISTAC permitió estimar que la presión fiscal media (t) en Canarias para el mismo periodo ascendió al 13,1% de la renta salarial bruta.

Con todo ello, el multiplicador keynesiano del gasto para Canarias en el año 2016 fue 4,172¹⁴.

Además de medir los impactos directos e indirectos, utilizando la matriz inversa de Leontief, y de los impactos inducidos a partir del multiplicador keynesiano del gasto, el presente estudio calcula los multiplicadores del gasto realizado por el sector de la Astrofísica en Canarias. Estos multiplicadores miden la relación entre el cambio total observado en una variable (producción, valor añadido bruto, empleo y rentas salariales) y el cambio inicial que lo provoca y que es atribuido a las variaciones en la demanda final. De esta manera, es posible analizar la eficiencia del SAC como generador de actividad económica en Canarias. Estos multiplicadores se calculan como el cociente entre el efecto total resultante de la suma del impacto directo, indirecto e inducido sobre la variable considerada en cada caso y el valor de la demanda inicial debida al SAC. De esta manera, se evaluará en qué medida se transforma

en producción, VAB, empleo y rentas salariales cada unidad de gasto realizado. A continuación, se definen los multiplicadores de la producción, del VAB o renta, del empleo y de las rentas salariales:

Tabla 33. Multiplicadores del gasto sobre la producción el VAB, el empleo y la renta salarial

Multiplicador sobre la producción	Multiplicador sobre el valor añadido bruto
$M_P = \frac{\text{Variación de la producción}}{\text{Variación del gasto}}$	$M_{VAB} = \frac{\text{Variación del valor añadido bruto}}{\text{Variación del gasto}}$
Multiplicador sobre el empleo	Multiplicador sobre la renta salarial
$M_E = \frac{\text{Variación del empleo}}{\text{Variación del gasto}}$	$M_{RS} = \frac{\text{Variación de la renta salarial}}{\text{Variación del gasto}}$

Fuente: Elaboración propia

14 Este valor estimado del multiplicador keynesiano del gasto es el resultado de la suma infinita de los n términos de una sucesión geométrica con razón igual a 0,7603. Sin embargo, y considerando (como es habitual en el análisis de impacto económico a corto plazo) únicamente los efectos percibidos durante el año inmediatamente posterior al momento en que se realiza el gasto en consumo final por parte de las familias, el valor ajustado del multiplicador sería de 3,920. El repaso de la literatura económica especializada en la estimación de los multiplicadores del gasto proporciona un amplio abanico de metodologías utilizadas y permite concluir que el valor resultante en este estudio de impacto se encuentra dentro del rango calculado en esos trabajos. Véase por ejemplo Auerbach y Gorodnichenko (2012), Perotti (2004a y 2004b) y Batinni et al. (2014).

A la derecha, telescopios del Experimento QUIJOTE en el Observatorio del Teide.



Índice de tablas y figuras:

Tabla 1. Producción científica del IAC en el año 2016.....	14	Tabla 22. Recaudación impositiva derivada de la actividad del SAC en Tenerife y La Palma	47
Tabla 2. Actividad formativa del IAC en el curso 2015-2016	15	Tabla 23. Cotizaciones abonadas a la Seguridad Social en Tenerife y La Palma	47
Tabla 3. Becas para la realización de estudios de posgrado en el IAC.....	16	Tabla 24. Multiplicadores del gasto sobre el impacto económico del SAC	48
Tabla 4. Congresos, cursos y eventos celebrados con la participación del IAC 2016	17	Tabla 25. Multiplicadores del gasto sobre los valores totales de la producción, el VAB, el empleo y las rentas salariales	49
Tabla 5. Líneas de actuación en IACTEC.....	17	Tabla 26. Multiplicadores del gasto sobre la recaudación tributaria y el pago de las cotizaciones sociales derivadas de la actividad del SAC.....	50
Tabla 6. Congresos, cursos, estancias de investigación y visitas a los OOCC.....	21	Tabla 27. Transferencias recibidas por el IAC e ingresos de las AAPP	50
Tabla 7. Visitas de turistas, escolares y jornadas de puertas abiertas en los OOCC	21	Tabla 28. Multiplicadores de las transferencias recibidas por el IAC sobre los ingresos de las AAPP.....	50
Tabla 8. Gastos en compras de bienes y servicios del SAC en 2016	25	Tabla 29. Gastos anualizados y plazos de ejecución de los Nuevos Proyectos de Telescopios en los Observatorios de Canarias	55
Tabla 9. Empleo y renta salarial bruta del SAC	29	Tabla 30. Impactos Económicos derivados de los Nuevos Proyectos Científicos	56
Tabla 10. Composición de la plantilla del IAC y de las IUs según su ocupación	29	Tabla 31. Valor final de la producción, VAB, empleo y renta salarial derivados de los Nuevos Proyectos Científicos.....	57
Tabla 11. Impacto económico del SAC	33	Tabla 32. Impacto económico y valores finales derivados del TMT.....	68
Tabla 12. Valor final de la producción, VAB, empleo y rentas salariales del SAC	34	Tabla 33. Multiplicadores del gasto sobre la producción el VAB, el empleo y la renta salarial.....	74
Tabla 13. Impacto económico de los gastos en bienes y servicios del IAC, de las IUs y del sector empresarial.....	37		
Tabla 14. Valor final de la producción, VAB, empleo y rentas salariales del IAC, las IUs y el sector empresarial	38	Figura 1. Compras de bienes y servicios según el agente del SAC.....	25
Tabla 15. Recaudación impositiva derivada de la actividad del SAC.....	41	Figura 2. Distribución de las compras del IAC.....	26
Tabla 16. Cotizaciones a la Tesorería General de la Seguridad Social derivada de la actividad del SAC	41	Figura 3. Distribución de las compras de las Instituciones Usuaras de los OC.....	27
Tabla 17. Gastos (€) en compras de bienes	42	Figura 4. Distribución de las compras para congresos, cursos, eventos, estancias de investigación y visitas turísticas	27
Tabla 18. Congresos, cursos, estancias y visitas en Tenerife y La Palma.....	44	Figura 5. Distribución de las compras de las Residencias en los OC	28
Tabla 19. Empleo y renta salarial bruta del SAC en Tenerife y La Palma	44	Figura 6. Distribución de las compras según agente del SAC en Tenerife y La Palma ...	43
Tabla 20. Impacto económico de los gastos en bienes y servicios del SAC.....	45		
Tabla 21. Valor final de la producción, VAB, empleo y rentas salariales en Tenerife y La Palma	46		

Acrónimos

AAPP	Administraciones Públicas
AEAT	Agencia Estatal de Administración Tributaria
AGE	Administración General del Estado
CA	Comunidad Autónoma Canaria
CALP	Centro de Astrofísica de La Palma
CCI	Comité Científico Internacional
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
CTA	Cherenkov Telescope Array
EST	European Solar Telescope
ETC	Empleo a tiempo completo o equivalente
FPI	Formación Personal Investigador
IAC	Instituto de Astrofísica de Canarias
IGIC	Impuesto General Indirecto Canario
INE	Instituto Nacional de Estadística
IRPF	Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas
ISTAC	Instituto Canario de Estadística
IUs	Instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias
OOCC	Observatorios de Canarias
ORM	Observatorio del Roque de los Muchachos
OT	Observatorio del Teide
OTPC	Oficina Técnica de Protección del Cielo
SAC	Sector de la Astrofísica de Canarias
UC3	Unidad de Comunicación y Cultura Científica
ULL	Universidad de La Laguna
VAB	Valor Añadido Bruto

